

**Review**

***Effects of music-based training on improving hearing, speech and language perception in cochlear implant users: a narrative review article***

Mehri maleki<sup>1\*</sup>, Abdollah Moossavi<sup>2</sup>

1. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Iran University of medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Department of Otolaryngology, School of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

\*. Corresponding Author: E-mail: mehri.maleki.a@gmail.com

(Received 23 November 2020; Accepted 11 July 2021)

---

***Abstract***

Cochlear implant users have difficulty understanding the spectral and spectral-temporal characteristics of sound. On the other hand, the better abilities of musicians than non-musicians in various fields have been confirmed by neurophysiological evidences and because the functional and structural overlap of speech and music at the sensory and cognitive levels has been shown in studies. In this study, we try to investigate the effects of music-based training on improving the speech and language perception of cochlear implant users.

In recent years, there has been a strong desire to use music-based training to improve speech and language in children with normal hearing and people with communication disorders, including cochlear implant users. Various studies have used approaches that emphasize one of the bottom-up and top-down processes.

Studies show that music-based training can have a facilitating effect on various aspects of speech and language processing. In fact, addressing cognitive competencies through music training along with low-level sensory abilities seems to be essential for the treatment of auditory perception.

**Keywords:** Speech perception, Music, Music therapy, Cochlear implantation, Auditory

**Clin Exc 2022; 11(1-10) (Persian).**

## تأثیرات آموزش مبتنی بر موسیقی بر بهبود درک شنوایی، گفتار و زبان در کاربران کاشت حلزون: یک مطالعه مروری روایتی

مهری ملکی<sup>۱\*</sup>، عبدالله موسوی<sup>۲</sup>

### چکیده

کاربران کاشت حلزون در درک مشخصه‌های طیفی و طیفی-زمانی صدا با مشکل مواجه هستند. از طرفی توانایی‌های بهتر موسیقیدان‌ها نسبت به غیر موسیقیدان‌ها در زمینه‌های مختلف با شواهد نوروفیزیولوژیک مورد تأیید قرار گرفته است و از آنجا که همپوشانی پردازشی عملکردی و ساختاری گفتار و موسیقی در سطح حسی و شناختی در مطالعات نشان داده شده است. در این مطالعه سعی بر این است که اثرات آموزش مبتنی بر موسیقی بر بهبود درک گفتار و زبان کاربران کاشت حلزون مورد بررسی قرار گیرد.

در سال‌های اخیر، تمایل زیادی به استفاده از آموزش مبتنی بر موسیقی برای بهبود گفتار و زبان در کودکان دارای شنوایی هنجار و افراد با اختلالات ارتباطی از جمله کاربران کاشت حلزون، وجود دارد. مطالعات مختلف از رویکردهایی که بر یکی از فرایندهای پایین‌نورد و بالانورد تأکید داشت، استفاده کرده‌اند، که در مقاله به آن‌ها اشاره شده است. مطالعات نشان می‌دهد که آموزش موسیقی می‌تواند اثر تسهیلی بر ابعاد مختلف پردازش گفتار و زبان داشته باشد. در واقع، پرداختن به توانمندی‌های شناختی از طریق آموزش موسیقی در کنار توانایی‌های حسی سطح پایین جهت درمان درک شنوایی ضروری به نظر می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** درک گفتار، موسیقی، موسیقی درمانی، کاشت حلزون، شنوایی.

### مقدمه

می‌دهد که چطور دانش قبلی می‌تواند آنچه را که می‌شنویم به‌طور اساسی تغییر دهد. این دیدگاه در بررسی مزایای بالقوه تأثیر موسیقی بر توانایی‌های زبان و گفتار مفید است (۱).

طی قرن گذشته زبان و موسیقی به‌عنوان دو حوزه متمایز انسانی (هر کدام با عملکرد عصبی متفاوت) مورد بحث بوده‌اند اما دیدگاه فعلی نسبتاً متفاوت است زیرا برای درک موسیقی و زبان، فرد باید بتواند اصوات را از هم تمیز دهد.

ارتباطات گفتاری آسان‌ترین راه تبادل افکار است و برای انتقال اطلاعات گفتاری ترکیب نظام‌مند واحدهای آوایی، واژه‌ها و همخوان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲-۱). درک گفتار تنها با ویژگی‌های اکوستیکی اتفاق نمی‌افتد، بلکه حاصل تعامل بین پیش‌بینی‌های زبانی پایین‌نورد و سیگنال‌های حسی بالانورد است (۳). در واقع، یک چارچوب پیش‌بینی‌کننده رمزگذاری شده، خطاهای بین ورودی حسی و سیگنال پیش‌بینی شده را به حداقل می‌رساند که خود نشان

۱. دپارتمان شنوایی شناسی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران، تهران، ایران.

۲. دپارتمان گوش، حلق و بینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران، تهران، ایران.

\* نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران، دپارتمان شنوایی شناسی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۳ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۰/۳/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۰

E-mail: mehri.maleki.a@gmail.com

گرچه اصوات را می‌توان به لحاظ تعدادی از ویژگی‌های طیفی طبقه‌بندی کرد که در هر دو مقوله صداهای موسیقی و زبانی مطرح است، ولی ما به‌طور معمول اصوات را در بافت صوتی پیچیده دریافت می‌کنیم که خود باعث شکل‌گیری نوعی چارچوب‌های شناختی در مورد توالی عناصر زمانی اصوات می‌گردند، در نتیجه تجربه قبلی ما در مورد اصوات، تأثیری قوی بر روش درک اصوات در ساختار گفتاری دارند (۱). چنین تجربه‌هایی الگوهای درونی<sup>۱</sup> تولید می‌کنند که به ما امکان ایجاد پیش‌بینی‌های دقیق در مورد رویدادهای پیش‌رو را می‌دهد. این پیش‌بینی‌ها بر طبقه‌بندی واجی، پردازش معنایی، نحوی و پروژودی تأثیر می‌گذارد (۱،۴).

درک گفتار و موسیقی در کاربران کاشت حلزون نخستین پروتز کاشت حلزون سال ۱۹۶۱ میلادی توسط اتولوژیست آمریکایی به نام ویلیام هاوس<sup>۲</sup> کاشت شد (۵-۶). این پروتز اولیه متشکل از یک حلقه القایی با پنج الکتروود بود و بیماران به کمک آن قادر به تمایز فرکانس‌های پایه و شناسایی واژه‌ها در مجموعه بسته می‌شدند. پیشرفت‌های فیزیولوژیک در زمینه مسیره‌های شنوایی و ارتقا تکنولوژی، منجر به ساخت و کاشت اولین پروتز کاشت حلزون چند کاناله در سال ۱۹۶۴ شد و از آن به بعد، فرایند کاشت حلزون در زمینه‌های اجزای پروتز کاشت حلزون، روش‌های جراحی مورد استفاده، استراتژی‌های پردازشی (۷) و آموزش‌های بعد از کاشت (۸-۹) پیشرفت قابل توجهی داشته است.

انتظارات اولیه از پروتز کاشت حلزون اندک و در حد کمک به بهبود لب‌خوانی در افراد با کم‌شنوایی حسی-عصبی عمیق بود. طی ۳۰ سال گذشته، شنیدن با کاشت حلزون به‌طور قابل توجهی به‌ویژه در حوزه درک گفتار، پیشرفت کرده است (۷). از آنجا که پروتز کاشت حلزون اطلاعات مربوط به نشانه‌های پوش زمانی را منتقل می‌کند (۱۰) بسیاری از کاربران کاشت حلزون در استفاده از تلفن (۱۱)، درک گفتار در سکوت (۱۲) و همچنین درک

جنبه‌های زمانی موسیقی (یعنی؛ ضرب‌اهنگ/ریتم، تند/تمپو<sup>۳</sup> و نظم زمانی/متر<sup>۴</sup>) مشکلی ندارند و حتی می‌توانند از نظر ادراکی به عملکردی مشابه افراد با شنوایی هنجار برسند (۷). با این وجود، کاربران کاشت حلزون در درک مواردی از قبیل: پروژودی گفتار (۱۲)، گفتار در حضور نویز (۱۲،۷)، گفتار احساسی<sup>۵</sup> (۱۴-۱۳)، تونال (۱۳)، شناسایی گوینده (۱۲)، تکالیف موسیقی (۱۴-۱۳) شامل مشخصه‌های طیفی (یعنی زیربمی، همنوایی/هارمونی و نغمه/ملودی) و مشخصه‌های طیفی-زمانی همانند طنین (۷، ۱۲) و لذت بردن از موسیقی (۷) با مشکل مواجه هستند، زیرا پروتز کاشت حلزون اطلاعات مربوط به ساختارهای ظریف طیفی-زمانی در شکل موج محرک را منتقل نمی‌کند (۱۲، ۱۵) که منجر به ضعف نشانه‌های طیفی وسیع و کاهش وضوح فرکانسی می‌شود (۱۲) و شاید بتوان آن را دلیل عمده این مشکلات عنوان کرد. در واقع، توجه به این نکته ضروری است که کاربران کاشت حلزون برای انتقال اطلاعات تونوتوپیک زیر و بمی به ۲۲ الکتروود (به‌جای ۳۵۰۰ سلول مویی داخلی افراد با شنوایی هنجار) وابسته هستند که این منجر به تحریک وسیع و چشمگیر عصب شنوایی توسط هر الکتروود می‌شود (۱۷-۱۶). علاوه بر این، عواملی همچون عمق جاگذاری محدود (عدم دسترسی به مناطق رأسی حلزون) و موقعیت قرارگیری الکتروودها نسبت به نوروهای سالم باعث عدم تطبیق تونوتوپیک ورودی‌های صوتی با مکان تحریک در حلزون محسوب می‌شوند (۱۰،۷). کودکان کاربر CI علاوه بر مشکلاتی که به‌طور مستقیم با محدودیت‌های کاشت به لحاظ وضوح طیفی ارتباط دارد، در ماه‌های اول زندگی از عدم تحریک شنوایی رنج می‌برند که احتمالاً منجر به نقص در اتصال ساختاری<sup>۶</sup> (۱۸) و سازمان‌دهی مجدد قشر<sup>۷</sup> می‌شود (۱۹-۲۰).

3. Tempo

4. Meter

5. Emotional

6. Deficient structural connectivity

7. Deleterious cortical reorganization

1. Internal models

2. William House

چون ارتباطات کلامی در غالب موارد در محیط‌های پر صدا و شلوغ اتفاق می‌افتند (۲۱) و از طرفی در طول جریان ارتباطی بخش مهمی از پیام به طریق غیر کلامی منتقل می‌شود (۲۲)، بنابراین، محدودیت‌ها و مشکلات مطرح شده برای کاربران کاشت حلزون، می‌تواند تأثیرات مستقیمی بر تعاملات اجتماعی و کیفیت زندگی این افراد داشته باشد و شاید بتوان با بهره‌گیری از آموزش مبتنی بر موسیقی و موسیقی درمانی به این افراد کمک کرد. در این مطالعه سعی بر این است که اثرات آموزش مبتنی بر موسیقی بر بهبود درک گفتار و زبان کاربران کاشت حلزون مورد بررسی قرار گیرد.

### تأثیرات موسیقی بر دستگاه شنوایی، گفتار و زبان

نخستین هدف توان بخشی شنوایی در افراد کم‌شنوا استفاده بهینه از باقیمانده شنوایی است. این امر شامل افزایش بهره‌مندی کاربران سمعک و کاشت حلزون از محرکات صوتی معیوب نیز می‌باشد (۸) و در مطالعات متعددی کارایی توان بخشی شنوایی در بهبود درک گفتار یا موسیقی کاربران کاشت حلزون نشان داده شده است (۹-۱۰، ۱۳، ۱۵، ۲۱).

یافته‌های پژوهشگران در زمینه ساخت‌پذیری عصبی<sup>۸</sup>، به‌عنوان عاملی کلیدی در توان بخشی شنوایی (۸) و ظرفیت یادگیری منجر به علاقه‌مندی محققین به حیطه تربیت شنوایی رسمی<sup>۹</sup> شده است (۲۱) و در سال‌های اخیر، تمایل زیادی به استفاده از آموزش مبتنی بر موسیقی برای بهبود گفتار و زبان در کودکان دارای شنوایی هنجار و افراد با اختلالات ارتباطی از جمله کاربران کاشت حلزون، ایجاد شده است (۱۰، ۱۲-۱۳، ۱۵، ۲۱، ۲۳).

ویژگی‌های صوتی گفتار و موسیقی به‌وسیله شبکه‌های سلسله‌مراتبی شنوایی بازنمایی می‌شوند. نواحی سطح پایین (یعنی ساقه مغز و قشر شنوایی اولیه A1)، مشخصه‌های صوتی ساده مثل زیر و بمی و شروع محرک را رمزگذاری می‌کنند و مناطق سطح بالا (قشر شنوایی

غیراولیه) نیز مشخصه‌های پیچیده‌تر محرک همانند اطلاعات طیفی-زمانی را منتقل می‌کنند. پژوهش‌ها شواهدی در مورد شبکه‌های تخصصی عصبی برای پردازش موسیقی یا گفتار در سطح قشر شنوایی و فراتر از آن، فراهم کرده است (۲۴). با این حال، همپوشانی عملکردی و ساختاری برای پردازش گفتار و موسیقی در سطح حسی و شناختی وجود دارد (۲۴-۲۳). در این راستا پتل<sup>۱۱</sup> فرضیه اپرا<sup>۱۱</sup> را مطرح کرد که وقوع پنج شرط اساسی را در توجیه رخداد پلاستیسیته حاصل از موسیقی در شبکه‌های پردازشی گفتار مطرح می‌کند: این موارد متشکل از:

(۱) همپوشانی: همپوشانی شبکه‌های مغزی که گفتار و زبان را پردازش می‌کنند.

(۲) دقت: موسیقی مطالبات بیشتری نسبت به گفتار در این شبکه‌های مشترک ایجاد می‌کند این امر به‌ویژه در هنگام پردازش پیچ، پردازش زمانی و تحلیل صحنه شنوایی مشهود است.

(۳) عاطفه: فعالیت‌های موسیقایی درگیرکننده شبکه، احساسات مثبت زیادی را برانگیزند.

(۴) تکرار: فعالیت‌های موسیقی که این شبکه را درگیر می‌کنند، بارها تکرار شوند.

(۵) توجه: فعالیت‌های موسیقی درگیرکننده این شبکه همراه با توجه متمرکز هستند (۲۵).

ساخت موسیقی به سطح بالایی از پیش‌بینی زمانی و طیفی با اتخاذ دیدگاه پیش‌بینی، نیاز دارد. در واقع، موسیقی سازی نیازمند سطوح بسیار دقیق هماهنگی زمانی است (۱). این یافته‌ها نشانگر مزیت آموزش موسیقی در سطوح مختلف گفتار و پردازش زبان هستند که توسط تفاوت‌های ساختارهای عصبی و پویایی بین موسیقیدان‌ها و غیر موسیقیدان‌ها تأیید شده است (۲۶) در ادامه به این تفاوت‌ها (تأثیرات موسیقی بر سیستم عصبی) در سطوح ساقه مغز و قشر مغز اشاره می‌شود.

<sup>10</sup>. Patel

<sup>11</sup>. (1) Overlap (2) Precision (3) Emotion (4) Repetition (5) Attention

<sup>8</sup>. Neuroplasticity

<sup>9</sup>. Formal Auditory Training

آموزش گفتار و موسیقی در سطح ساقه مغز تغییرات ساخت‌پذیری عصبی ایجاد می‌کند و این تغییرات در پاسخ‌های  $FFR^{13}$  و  $ABR^{14}$  گفتاری قابل مشاهده است (۲۴-۲۳). با این وجود، بازخورد راه‌های و ابران قشر در شرایط فعال (در حضور توجه) باید در نظر گرفته شود (۳۲). بهبود پاسخ  $FFR$  (۳۲) با نهفتگی کوتاه‌تر و دامنه بزرگ‌تر در مجموعه پاسخ  $P1-N1-P2-N2$  دنبال می‌شود. این مجموعه پاسخ از قشر شنوایی اولیه  $A1$  و قشر شنوایی غیر اولیه منشأ می‌گیرند (۲۴). آموزش موسیقی، پاسخ‌های قشری به محرکات گفتار را نیز در طولانی‌مدت تسهیل می‌کند که ممکن است به خاطر تأثیرات پردازش‌های شناختی باشد (۲۳) چون تصور بر این است که موسیقی درمانی باعث تقویت پردازش شنوایی پایین‌نورد و القا ساخت‌پذیری<sup>۱۵</sup> مغز در سطوح مختلف حتی در لایه‌های سطحی‌تر می‌شود (۱). در مجموع، شباهت‌های بین موسیقی و زبان از نظر عملکرد شناختی و عصبی با مهارت‌های برتر زبانی ناشی از موسیقی همراه است که زمینه‌ای قابل توجه برای استفاده از موسیقی در اختلالات گفتار و زبان فراهم کرده است.

### آموزش مبتنی بر موسیقی در کاربران کاشت حلزون

در این بخش به بررسی تأثیرات آموزش مبتنی بر موسیقی بر ابعاد مختلف درک پدیده‌های سایکو اکوستیک و درکی شنوایی، گفتار و زبان در کاربران کاشت حلزون می‌پردازیم.

زیرو بمی که متناظر با فرکانس یعنی تعداد چرخه‌های نوسانی در ثانیه است، یک نشانه مهم برای هر دو موسیقی و زبان است. در گفتار، زیرو بمی با مفهوم فرکانس پایه<sup>۱۶</sup> یعنی فرکانس لرزش تارهای صوتی مرتبط است.  $F0$  و همچنین هارمونیک‌های صوتی  $F1$ ،  $F2$  و غیره نشانه‌های مهمی برای شناسایی واژه‌ها، تون‌ها، جنسیت گوینده و

توانایی‌های بهتر موسیقیدان‌ها در تمایز زیر و بمی نسبت به غیرموسیقیدان‌ها با شواهد نوروفیزیولوژیک مورد تأیید قرار گرفته است (۲۴). ونگ<sup>۱۲</sup> و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که رمزگذاری زیرو بمی صداها گفتاری در موسیقیدان‌ها در سطح ساقه مغز و تحت شرایط شنوایی غیرفعال دقیق‌تر است (۲۷).

مطالعات متعدد نشان داده است که موسیقیدان‌ها توانایی زمان‌بندی بهتری دارند. آن‌ها به آستانه‌های بهتر کشف وقفه (۲۸) و تمایز فواصل زمانی بهتر (۲۹) می‌رسند. این مزایای ادراکی به توانایی‌های وابسته به گفتار نیز توسعه می‌یابد، تا آنجا که موسیقی‌دانان در تمایز دیرش هجا نیز بهتر عمل می‌کنند (۳۰). به‌طور کلی موسیقی‌دانان در درک ریتم، تولید ریتم، و هماهنگ‌سازی شنوایی-حرکتی در ریتم‌های ساده و پیچیده دارای عملکرد بهتری هستند (۱). موسیقی‌دانان همچنین درک طنین بهتری از آلات موسیقایی و صدا دارند (۳۱). پاسخ‌های ساقه مغز آن‌ها به طنین‌های ابزار مختلف نیز دقیق‌تر بوده است (۳۲) و این مزیت به واژه‌ها نیز تعمیم می‌یابد (۳۳). شواهد نشان می‌دهد که موسیقیدانان حافظه کاری کلامی و غیرکلامی بهتری دارند و در درک و رمزگذاری گفتار در شرایط شنوایی دشوار بهتر عمل می‌کنند به‌طوری‌که  $F1$  و  $F0$  یک واژه را در شرایط بازآوایی شدید بهتر تمایز و رمزگذاری می‌کنند (۳۴). ایشان همچنین در پاسخ ساقه مغز، گفتار در نویز را دقیق‌تر رمزگذاری می‌کنند (۳۵) و این مزیت رمزگذاری تا درک گفتار در حضور نویز گسترش می‌یابد (۳۶). در ضمن مطالعات انجام‌شده روی موسیقیدانان مسن که در تمام طول عمر با موسیقی سروکار داشته‌اند، بهبود درک گفتار در نویز (۳۷-۳۸) و تحلیل صحنه شنوایی را نشان داده است (۳۹). موسیقیدان‌ها در تمایز و شناسایی پروزودی عاطفی هم عملکرد بهتری داشته‌اند (۴۰) و سرعت پاسخ الکتریکی برانگیخته آن‌ها به تغییر در پروزودی بیشتر می‌باشد (۴۱).

<sup>13</sup>. Frequency Following Response

<sup>14</sup>. Auditory Brain Stem Response

<sup>15</sup>. Plasticity

<sup>16</sup>. Fundamental frequency (F0)

<sup>12</sup>. Wong

آموزش موسیقی می‌تواند یک منبع باارزش برای توان‌بخشی باشد. یون لو<sup>۱۹</sup> و همکاران در پژوهشی تأثیر آموزش قالب توالی زیرویمی‌ها (ملودیک کاننور) بر درک گفتار در نویز، تمایز همخوان، درک پروزودی در کاربران کاشت حلزون را مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی تکالیف بر مبنای دو مکانیسم (فاصله و دیرش) طراحی و ارائه شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که افراد در هر دو گروه از آموزش ملودیک کاننور در سکوت شواهد داینامیک گفتار (گذر فورمانتی) در سکوت بهره‌مند شدند ولی کارایی آن در محیط‌های نامطلوب شنوایی کمتر بود (۲۱).

گفتار و موسیقی هر دو با سلسله مراتبی از ریتم‌ها مشخص می‌شوند. واحدهای کوتاه مانند واج‌ها و نوت‌ها در واحدهای طولانی‌تر مانند کلمات یا عبارات ملودیک تعبیه شده‌اند. توزیع فراوانی آیت‌ها در هر سطح تصادفی نیست و یک الگوی منظم و قابل تکرار در میان زبان‌ها را دنبال می‌کند. در گفتار، واج‌ها در حدود ۴۰-۱۵ هرتز (۱۵ تا ۴۰ بار در ثانیه) هجاها در اطراف ۸-۴ هرتز و کلمات در حدود ۲-۱ هرتز اتفاق می‌افتند (۴۶). این ریتم‌ها به مغز امکان محاسبه انتظارات و پیش‌بینی‌ها را در مورد اینکه چه زمانی صدای بعدی خواهد آمد، می‌دهند. علاوه بر این، استخراج ساختار زمانی در هماهنگی بین فردی و بازی‌های گروهی نیز نقش دارد، جایی که هماهنگ‌سازی ظریف زمانی<sup>۲۰</sup>، پیش‌بینی‌های دقیق زمانی<sup>۲۱</sup> و تفاوت مختصر پرش‌های زمانی بین بازیکنان<sup>۲۲</sup> مورد نیاز است (۱). شواهد زیادی در جمعیت‌های مختلف بالینی به نفع آموزش موسیقی ریتمیک وجود دارد (۱). آموزش ریتمیک کوتاه می‌تواند باعث تقویت توانایی استفاده از ساختار زمانی در افراد کم‌شنوا شود. مطالعه‌ای نشان داده است که مقدمات متناسب ریتمیک با ساختار استاندارد جملات هدف می‌تواند به تکرار بهتر واج‌ها، کلمات و جملات در کودکان کاربر CI کمک کند (۴۷). مطالعات

اطلاعات منتقل شده توسط پروزودی هستند. در زبان‌های تونال، تغییرات زیرویمی در تمایز کلمات و مقولات گرامری نقش دارند. در موسیقی، زیرویمی، نوت بالا را از نوت پایین متمایز می‌کند و به همین ترتیب مبنای ساخت ملودی است. مهم‌تر اینکه، تغییرات کوچک زیرویمی (به‌عنوان مثال ۶ درصد برای یک‌نیمه تون<sup>۱۷</sup>)، در موسیقی بسیار مهم هستند، درحالی‌که در گفتار چنین نیست (۱).

توانایی تمایز زیرویمی در افراد کم‌شنوا به دنبال موسیقی‌درمانی بهبود پیدا کرده است. مطالعات روی کودکان کاربر CI، تفاوت در تمایز F0 بین کودکان در محیط خانوادگی با و بدون موسیقی را گزارش کرده‌اند (۴۲) کودکانی که در محیط موسیقیایی زندگی می‌کنند به دنبال تغییرات F0 در پتانسیل برانگیخته P3a دامنه بزرگ‌تر و زمان نهفتگی کوتاه‌تر را نشان می‌دهند که نشانگر تغییر در پویایی عملکرد مغز آن‌ها است (۴۳). در یک مطالعه مداخله‌ای پس از دو دوره آموزش موسیقی هفتگی در مدرسه، پیشرفت مشابهی گزارش شده است، اگرچه ارتباطی با بهبود درک گفتار در نویز نداشته است (۴۴).

توانایی تخمین و تمایز دیرش صوت برای بازشناسی همخوان‌ها در گفتار بسیار مهم است. این امر بین جفت همخوان‌های صدا دار تفاوت ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال تنها تفاوت بین پ و ب زمان‌بندی نسبی بین شروع انفجار و شروع صدا است که به این رابطه زمان شروع صدا<sup>۱۸</sup> گفته می‌شود. در موسیقی نیز تمایز دیرش به تشخیص الگوهای مختلف ریتمیک و همچنین تفسیر متفاوت از ملودی مشابه مرتبط است (۱).

کودکان کاربر CI از نقص در توانایی‌های تمایز دیرش رنج می‌برند که منجر به بروز مشکلات درک واجی و آگاهی واجی می‌شوند (۱). یک مطالعه همبستگی توانایی‌های تمایز واجی بهتر کودکان CI را به دنبال ۱/۵ تا ۴ سال آموزش موسیقی نشان داده است (۴۵). بنابراین،

19. Yhun Lo

20. Fine-Grained Temporal Synchronization

21. Accurate Temporal Predictions

22. Low Temporal Jitters Between Players

17. Halfnote

18. Voice Onset Time: VOT

موسیقیایی و تعاملات اجتماعی دو گروه با یکدیگر متفاوت بود. در واقع، هر رویکرد بر یکی از فرایندهای پایین نورد و بالانورد تأکید داشت. نتایج حاصل نشان داد که ترکیبی از هر دو رویکرد می‌تواند سودمندی بیشتری برای کاربران کاشت حلزون فراهم کند (۱۰).

### نتیجه‌گیری

مطالعات نشان می‌دهد که آموزش موسیقی می‌تواند اثر تسهیلی بر ابعاد مختلف پردازش گفتار و زبان داشته باشد. در واقع، پرداختن به توانمندی‌های شناختی از طریق آموزش موسیقی در کنار توانایی‌های حسی سطح پایین جهت درمان درک شنوایی ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که هدف بلندمدت بهبود ارتباطات افراد کم‌شنوا است، موسیقی و به‌طور خاص نوازندگی گروهی<sup>۲۵</sup>، نوعی وضعیت اجتماعی مهیج را فراهم می‌آورد و ابزار امیدوارکننده‌ای برای توسعه جنبه‌های اجتماعی زبان مانند نوبت‌گیری، انعطاف‌پذیری زبان، نقش‌آفرینی یا حتی شوخی است. این جنبه‌ها تأثیر بسزایی در کیفیت زندگی افراد کم‌شنوا دارند.

همچنین نشان داده‌اند که ۳۰ دقیقه آموزش ریتمیک باعث تشخیص بهتر نظم ریتمیک کلمه در حین مبادلات کلامی (۴۸) و نوبت‌گیری دقیق‌تر (۴۹) در کودکان ۱۰-۵ ساله CI می‌شود.

طنین خاصیت ظریف‌تری از صدا است که به ویژگی‌های سطح بالا مانند هارمونیک‌ها و همبستگی‌های زمانی مرتبط است. دو صدا می‌توانند پیچ و دیرش مشابه اما طنین متفاوت داشته باشند. به‌عنوان مثال، تنها تفاوت بین یک نوت در کلارینت و همان نوت در پیانو، طنین آن‌هاست. در موسیقی و گفتار، طنین برای طبقه‌بندی ضروری است. علی‌رغم اختلافات در طنین، موسیقیدان باید نوت‌ها یا آکوردها را تشخیص دهد، حتی اگر به‌وسیله آلات موسیقیایی مختلف نواخته شوند. به‌طور مشابه، شنونده باید واج‌ها را حتی اگر گویندگان مختلف آن‌ها را با صداهای متفاوت تلفظ کنند، تشخیص دهد (۱). آموزش مبتنی بر موسیقی در کودکان کاربر CI در بهبود درک طنین نیز مؤثر است.

در بخش پردازش‌های درکی می‌توان به نکات زیر اشاره کرد: در کودکان کاربر CI حافظه کاری کلامی (۵۰) و غیرکلامی (۵۱) آسیب‌دیده است و آموزش موسیقی بهبود حافظه کاری در افراد کم‌شنوا را نشان داده است (۱). در کودکان CI که در خانه آواز می‌خوانند درک گفتار در نوزاد بهبود می‌یابد (۵۲) و کودکان دارای اختلال شنوایی که آموزش موسیقی دریافت می‌کنند، تحلیل صحنه شنوایی بهتری دارند (۴۵). همچنین در مطالعات مختلف کودکان CI با آموزش مبتنی بر موسیقی درک، پروزودی احساسی بهتری نشان داده‌اند (۲۱، ۱). چنگ<sup>۲۳</sup> و همکاران تأثیرات آموزش مبتنی بر موسیقی بر درک موسیقی و گفتار در کودکان کاشت حلزون را مورد بررسی قرار دادند و نتایج به‌دست‌آمده بهبود قابل‌توجهی را نشان داد (۱۳). فولر<sup>۲۴</sup> و همکاران دو رویکرد آموزش مبتنی بر موسیقی در کاربران کاشت حلزون و تأثیر آن بر درک گفتار و موسیقی را بررسی و مقایسه کردند. تمرینات

23. Cheng

24. Fuller

25. Ensemble Playing



## References

1. Pesnot Lerousseau J, Hidalgo C, Schön D. Musical Training for Auditory Rehabilitation in Hearing Loss. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(4):1058.
2. J O. Cognitive and language development in children Blackwell; 2004.
3. Gelfand SA. Hearing an introduction to psychological and physiological acoustics. sixth edition; 2018.
4. Reboul A. Cognition and communication in the evolution of language; oxford university; 2017.
5. Eshraghi AA, Nazarian R, Telischi FF, Rajguru SM, Truy E, Gupta C. The cochlear implant: historical aspects and future prospects. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*. 2012;295(11):1967-1980.
6. Mudry A, Mills M. The early history of the cochlear implant: a retrospective. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2013;139(5):446-453.
7. PrevotEAU C, Chen SY, Lalwani AK. Music enjoyment with cochlear implantation. *Auris Nasus Larynx*. 2018;45(5):895-902.
8. Driscoll VD, Oleson J, Jiang D, Gfeller K. Effects of training on recognition of musical instruments presented through cochlear implant simulations. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2009;20(1):71-82.
9. Ingvalson EM, Wong P. Training to improve language outcomes in cochlear implant recipients. *Frontiers in psychology*. 2013;4:263.
10. Fuller CD, Galvin III JJ, Maat B, Başkent D, Free RH. Comparison of two music training approaches on music and speech perception in cochlear implant users. *Trends in hearing*. 2018;22.
11. Rey P, Cochard N, Rizzoli M, Laborde M-L, Tartayre M, Mondain M, et al. Technical aids for speech understanding in cochlear implanted adults using cell-phones. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*. 2016;133(4):253-256.
12. Gfeller K. Music-based training for pediatric CI recipients: A systematic analysis of published studies. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*. 2016;133():S50-S56.
13. Cheng X, Liu Y, Shu Y, Tao D-D, Wang B, Yuan Y, et al. Music training can improve music and speech perception in pediatric Mandarin-speaking cochlear implant users. *Trends in hearing*. 2018;22:1-12.
14. Good A, Gordon KA, Papsin BC, Nespoli G, Hopyan T, Peretz I, et al. Benefits of music training for perception of emotional speech prosody in deaf children with cochlear implants. *Ear and Hearing*. 2017;38(4):455.
15. Vandali A, Sly D, Cowan R, Van Hoesel R. Training of cochlear implant users to improve pitch perception in the presence of competing place cues. *Ear and Hearing*. 2015;36(2):e1-e13.
16. Cohen LT, Richardson LM, Saunders E, Cowan RS. Spatial spread of neural excitation in cochlear implant recipients: comparison of improved ECAP method and psychophysical forward masking. *Hearing research*. 2003;179(1-2):72-87.
17. Limb CJ, Roy AT. Technological, biological, and acoustical constraints to music perception in cochlear implant users. *Hearing research*. 2014;308:13-26.
18. Feng G, Ingvalson EM, Grieco-Calub TM, Roberts MY, Ryan ME, Birmingham P, et al. Neural preservation underlies speech improvement from auditory deprivation in young cochlear implant recipients. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(5):E1022-E1031.
19. Lee DS, Lee JS, Oh SH, Kim S-K, Kim J-W, Chung J-K, et al. Cross-modal plasticity and cochlear implants. *Nature*. 2001;409(6817):149-150.
20. Lee H-J, Giraud A-L, Kang E, Oh S-H, Kang H, Kim C-S, et al. Cortical activity at rest predicts cochlear implantation outcome. *Cerebral Cortex*. 2007;17(4):909-917.
21. Lo CY, McMahon CM, Looi V, Thompson WF. Melodic contour training and its effect on speech in noise, consonant discrimination, and prosody perception for cochlear implant recipients. *Behavioural neurology*. 2015.
22. Farhangi Aa. Fundamental of human communication Tehran Rasa cultural services; 1995.



23. Moossavi A, Gohari N. The impact of music on auditory and speech processing. *Auditory and Vestibular Research*. 2019;28(3):134-145.
24. Shahin AJ. Neurophysiological influence of musical training on speech perception. *Frontiers in psychology*. 2011;2:126.
25. Patel AD. Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in psychology*. 2011;29:142.
26. Herholz SC, Zatorre RJ. Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure. *Neuron*. 2012;76(3):486-502.
27. 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):420-422.
28. Kumar PV, Rana B, Krishna R. Temporal processing in musicians and non-musicians. *Journal of Hearing Science*. 2014;4(3) :35-42.
29. Rammsayer T, Altenmüller E. Temporal information processing in musicians and nonmusicians. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*. 2006;24(1):37-48.
30. Marie C, Magne C, Besson M. Musicians and the metric structure of words. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2011;23(2):294-305.
31. Chartrand J-P, Belin P. Superior voice timbre processing in musicians. *Neuroscience letters*. 2006;405(3):164-167.
32. 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(1-2):34-42.
33. Intartaglia B, White-Schwoch T, Kraus N, Schön D. Music training enhances the automatic neural processing of foreign speech sounds. *Scientific reports*. 2017;7(1):1-7.
34. Bidelman GM, Krishnan A. Effects of reverberation on brainstem representation of speech in musicians and non-musicians. *Brain research*. 2010;1355:112-25.
35. Coffey EB, Mogilever NB, Zatorre RJ. Speech-in-noise perception in musicians: A review. *Hearing Research*. 2017;352:49-69.
36. Zendel BR, Alain C. Musicians experience less age-related decline in central auditory processing. *Psychology and aging*. 2012;27(2):410.
37. Zendel BR, Alain C. Musicians experience less age-related decline in central auditory processing. *Psychology and aging*. 2012;27(2):410.
38. Zendel BR, Alain C. The influence of lifelong musicianship on neurophysiological measures of concurrent sound segregation. *Journal of cognitive neuroscience*. 2013;25(4):503-516.
39. Thompson WF, Schellenberg EG, Husain G. Decoding speech prosody: Do music lessons help? *Emotion*. 2004;4(1):46.
40. Schön D, Magne C, Besson M. The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*. 2004;41(3):341-349.
41. Torppa R, Huotilainen M, Leminen M, Lipsanen J, Tervaniemi M. Interplay between singing and cortical processing of music: a longitudinal study in children with cochlear implants. *Frontiers in psychology*. 2014;5:1389.
42. Chen JK-C, Chuang AYC, McMahon C, Hsieh J-C, Tung T-H, Li LP-H. Music training improves pitch perception in prelingually deafened children with cochlear implants. *Pediatrics*. 2010;125(4):e793-e800.
43. Welch GF, Saunders J, Edwards S, Palmer Z, Himonides E, Knight J, et al. Using singing to nurture children's hearing? A pilot study. *Cochlear implants international*. 2015;16(sup3):S63-S70.
44. Rochette F, Moussard A, Bigand E. Music lessons improve auditory perceptual and cognitive performance in deaf children. *Frontiers in human neuroscience*. 2014;8():488.
45. Ding N, Patel AD, Chen L, Butler H, Luo C, Poeppel D. Temporal modulations in speech and music. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017;81:181-187.
46. Cason N, Hidalgo C, Isoard F, Roman S, Schön D. Rhythmic priming enhances speech production abilities: Evidence from prelingually deaf children. *Neuropsychology*. 2015;29(1):102.
47. Hidalgo C, Falk S, Schön D. Speak on time! Effects of a musical rhythmic training on children with hearing loss. *Hearing research*. 2017;351:11-18.

48. Hidalgo C, Pesnot-Lerousseau J, Marquis P, Roman S, Schön D. Rhythmic Training Improves Temporal Anticipation and Adaptation Abilities in Children With Hearing Loss During Verbal Interaction. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2019;62(9):3234-3247.
49. Nittrouer S, Caldwell-Tarr A, Lowenstein JH. Working memory in children with cochlear implants: Problems are in storage, not processing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2013;77(11):1886-1898.
50. AuBuchon AM, Pisoni DB, Kronenberger WG. Short-term and working memory impairments in early-implanted, long-term cochlear implant users are independent of audibility and speech production. *Ear and hearing*. 2015;36(6):733.
51. Torppa R, Faulkner A, Kujala T, Huutilainen M, Lipsanen J. Developmental links between speech perception in noise, singing, and cortical processing of music in children with cochlear implants. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*. 2018;36(2):156-174.