

تأثیر سکوت بر دقت تشخیص زیروومی موسیقی دانان

ایمان فخر^۱، امین هنرمند^{۲*}

^۱ عضو هیأت علمی دانشکده موسیقی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

^۲ دانشیار گروه موسیقی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۱/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۱۱/۱۹)

چکیده

توانایی ادراک و تشخیص زیروومی، در فرآیند درک موسیقی اصلی بنیادی است و بسیاری از کاوش‌ها در پی یافتن عوامل مؤثر جهت بهبود دقت این توانایی هستند. تاکنون اثرات متفاوتی از سکوت در بازه‌های زمانی گوناگون، بر توانایی تشخیص زیروومی انسان شناسایی شده است. مطالعه تجربی حاضر در پی یافتن تأثیر قراردادن سکوت در بازه‌ای خاص، بین محرک‌های صوتی، بر دقت تشخیص زیروومی است؛ در این کاوش، تأثیر عوامل مختلف روانی و فیزیکی بر تشخیص زیروومی تا حد امکان حذف و سپس اثر بخشی دیرندهای گوناگون سکوت در بازه ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی ثانیه بر دقت تشخیص زیروومی موسیقی‌دانان ارزیابی شده است. به منظور بررسی تأثیر سکوت بر تشخیص زیروومی، مقادیر مختلفی از تضادها (۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سنت) به کار رفته است. نتایج نشان داد که قرار گرفتن سکوت بین محرک‌ها با دیرندهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی ثانیه، دقت توانایی تشخیص تضاد زیروومی را، در دامنه بسامدی ۵۲۳/۲۵ هرتز و شدت صوتی در حدود ۷۲/۵ دسی‌بل، در موسیقی‌دانان بهبود می‌بخشد ($p < .05$). چنین اثری را می‌توان از منظر فیزیولوژیک با سازوکار گوش داخلی در فرآیند شنوایی و از دیدگاه روانشناختی با عملکرد حافظه در فرآیند درک و دآوری در مورد اصوات، توضیح داد.

واژه‌های کلیدی

تشخیص زیروومی، ادراک، سکوت، موسیقی‌دانان.

مقدمه

این قابلیت را حافظه صوتی یا «حافظه تُنال» می‌نامند؛ توانایی به خاطر آوردن ویژگی‌های صدای پیشین به منظور مقایسه با صدای پسین. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که میزان درستی عملکرد حافظه تنال به میزان سکوت ISI بستگی دارد؛ چنانچه سکوت بین محرک‌ها مساوی یا بیشتر از ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه باشد، دقت عملکرد حافظه تنال کاهش می‌یابد. در حقیقت این موضوع موجب کاهش دقت PD و همچنین بروز اختلال در دیگر عملکردهای ادراکی می‌شود (Bergan, 1966, 15-21; Estis, Coblenz, & Moore, 2009, 439; Har- ris, 1952, 97-98). از سوی دیگر، استخراج اطلاعات از حافظه تنال، نیازمند وجود سکوت به میزانی کافی است (در حدود ۲۵۰ میلی‌ثانیه) و در صورت عدم وجود این سکوت، صحت تشخیص زیرویمی کاهش می‌یابد (Massaro, 1970, 412-413)؛ البته ماسارو در روند انجام آزمایش، میزان سکوت را تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه نیز افزایش داد، اما در بازه ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه بهبود معنی‌داری در افزایش دقت PD مشاهده نکرد. همان‌گونه که از نظر گذشت، در پژوهش‌های پیشین تأثیر سکوت‌های ISI در بازه‌های زمانی گوناگون بررسی شده و نتایج نشان‌دهنده اثر متضاد سکوت بر دقت PD است؛ اما با وجود این در یافته‌ها و نتایج کاوش‌های پیشین، تأثیر سکوت ISI در بازه ۵۰۰-۳۰۰۰ میلی‌ثانیه به روشنی آشکار نیست.

از سویی دیگر، میزان دیرند محرک‌های صوتی نیز اثری فیزیولوژیک بر دقت شنوایی دارد؛ میزان تابش مداوم صدا به دلیل ایجاد پدیده‌ای فیزیولوژیک در گوش داخلی، موسوم به خستگی شنوایی، از دقت سنجش‌های شنوایی می‌کاهد (Smith, 1934, 78; R. Christman, 1954, 489). بنابراین با توجه به کارکرد گوش داخلی در فرآیند شنوایی، قرار گرفتن سکوت ISI در میان محرک‌های صوتی می‌تواند دقت شنوایی را افزایش دهد؛ البته در دیرندهای سکوت کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه این بهبود نامحسوس است (Rakowski & Hirsh, 1980, 469-473).

اکنون با توجه به اثر منفی سکوت‌های طولانی (مساوی یا بیش از ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه) بر حافظه تُنال^۱ و کاهش دقت PD حاصل از آن و همچنین تأثیر مخرب فیزیولوژیک تابش‌های صوتی مُمتد و بدون سکوت بر حساسیت شنوایی، این سؤال به ذهن می‌آید که آیا می‌توان با کاربست کشش مناسبی از سکوت ISI، بدون تأثیر منفی بر حافظه صوتی، فرآیند شنوایی را بهینه ساخت و بر دقت PD افزود؟ با توجه به کارکرد گوش داخلی در فرآیند شنوایی و همچنین عملکرد پیچیده حافظه تنال و تأثیر دو گانه سکوت بر آن، می‌توان این پرسش را به طرز دقیق‌تری طرح کرد: آیا سکوت‌های ISI در محدوده بین ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه، می‌توانند با بهبود فرآیندهای روانی و فیزیولوژیک شنوایی، توانایی PD را بهبود بخشند؟ به نظر می‌آید این محدوده زمانی سکوت علاوه بر تأمین زمان لازم برای استخراج اطلاعات از حافظه تُنال، درنگی مناسب نیز جهت جلوگیری از خستگی شنوایی و بهینه ساختن فرآیند شنوایی در گوش داخلی، فراهم می‌آورد.

اصوات محتوای عظیمی از اطلاعات و احساسات را منتقل می‌کنند؛ فهم این محتوی در کلام و موسیقی، نیازی بنیادی به توانایی درک زیرویمی دارد. تغییر نواک، هنگام شکل‌گیری ارتباط کلامی، اغراض گوینده را آشکار و کلام وی را اثربخش می‌سازد. جالب توجه است که در سطح واژگانی، تغییر نواک در نحوه ادای کلمات، معنای آن‌ها را در زبان‌های تُنال دگرگون می‌کند (Dowling & Harwood, 1986, 73).

در موسیقی نیز از آنجا که خط ملودی از کنار هم قرار گرفتن صداهایی با نواک و دیرنده‌های متفاوت شکل می‌گیرد (Randel, 2003, 499-500)، ادراک ملودی و به طور عام موسیقی، بدون درک تغییرات زیرویمی اصوات کامل نمی‌شود. ادراک تفاوت زیرویمی میان فواصل موسیقی، یکی از جنبه‌های مهم در فرآیند درک موسیقی است. در دسته‌بندی توانایی‌های شنوایی، قابلیت تشخیص تمایز بین زیرویمی دو فرکانس متوالی قابل درک را توانایی تشخیص میزان تضاد نواک^۱ (PD) می‌نامند. این توانایی مهارتی پایه‌ای در رمزگشایی اطلاعات صوتی در ذهن شنونده موسیقی است (برای اطلاعات بیشتر نک. Burns & Ward, 1999). آستانه PD، کوچک‌ترین میزان تفاوت قابل تشخیص بین زیرویمی دو محرک صوتی است که در مورد صداهای خالص (موج سینوسی و بدون سری هارمونیک) این شاخص را آستانه قابل تشخیص تفاوت بسامدی^۲ (DLF) می‌نامند.

افزایش دقت در توانایی تشخیص میزان تضاد زیرویمی (PD) یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های موسیقی‌دانان و به خصوص آموزگاران موسیقی است. از این رو، یافتن عوامل مؤثر در بهبود این قابلیت همواره امری مورد توجه بوده است؛ در حقیقت، معلمین موسیقی می‌توانند با دانستن این عوامل راهکارهای مؤثرتری برای افزایش توانمندی‌های موسیقایی در برنامه‌های آموزشی‌شان تجویز نمایند.

میزان دقت PD، تحت تأثیر بسیار از عوامل روانی، فیزیولوژیکی و آکوستیکی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد متغیرهای بسیاری همچون شدت صدا (Bergan, 1966, 15; Sergeant, 1973, 4)، رنگ صوتی (Fyk, 1985, 76)، کیفیت (Zarate, Ritson, & Poeppel, 2013, e75410)، و ویراتو (Geringer & Worthy, 1999, 135)، ویراتو (J. C. Brown & Vaughn, 1996, 1728; S. E. Brown, 1991, 15) صداها و همچنین تجربه‌های شنیداری و آموزشی موسیقایی افراد (S. E. Brown, 1991, 30; Madsen, Edmonson III, & Mad- sen Jr, 1969, 1468) در میزان دقت PD مؤثراند.

اغلب پژوهش‌های ذکر شده، بر پایه روش‌های سایکو آکوستیک انجام شده و تمامی آرای آزمودنی‌ها در فرآیند سنجش، مبتنی بر استفاده از حافظه صوتی است. قابل توجه است که در اغلب آزمایش‌های سایکو آکوستیک، یک فاصله سکوت میانی بین محرک‌ها^۳ (ISI) هر بار تابش محرک‌های صوتی را از یکدیگر جدا می‌سازد و این بدین معناست که شنونده فرصت دارد تا اطلاعات صدای شنیده شده را در طول سکوت، جهت سنجش با صدایی دیگر، در حافظه خود نگه دارد. در اصطلاح

۱- مواد و روش‌ها

۱-۱. جامعه آماری

نبودن دو محرک صوتی با فرکانسی یکسان یا نزدیک به هم داوری کردند. از طرف دیگر، طولانی بودن دیرند محرک‌های صوتی (بیش از ۴ یا ۵ ثانیه)، همانند دیرندهای بسیار کوتاه، می‌تواند از طریق حذف یا شکل‌نگرفتن اطلاعات در حافظه تنال، فرآیند شنیداری را مختل سازد (Fyk, 1985, 76-89). بنابراین در مطالعه حاضر، از محرک‌هایی قابل درک با دیرند متعادل ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه استفاده شد.

پژوهش‌ها نشان داده است که دقت PD در تشخیص اصوات خالص (موج سینوسی بدون سری هارمونیک) نسبت به صداهایی با تمبرهای مختلف بیشتر است (Zarate et al., 2013, 6-8). همچنین، دستگاه شنوایی انسان بیشترین دقت را در تشخیص صداهایی در بازه بسامدی ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز داراست و خارج از این بازه میزان حساسیت داوری‌های شنوایی کاهش می‌یابد (Sek & Moore, 1995, 2479). بنابراین در طراحی این آزمایش، جهت رسیدن به دقتی بالا، از محرک‌های صوتی خالص سینوسی بر مبنای ۵۲۳/۲۵ هرتز و محدوده آن، استفاده شد. شایان ذکر است که انتخاب محرک خالص جهت افزایش حداکثری دقت بوده و نتایج آزمایش برای محرک‌هایی با تمبرهای گوناگون نیز، بنا به تمبر استفاده شده، البته با دقتی پایین‌تر قابل تعمیم است (Zarate et al., 2013, 6-8). همچنین مطالعات نشان داده است که میزان دقت توانایی PD در شدت‌های متعادل بهینه است (Bergan, 1966, 15-21)؛ به همین دلیل در این آزمون محرک‌هایی با شدت تقریبی ۷۲/۵ دسی‌بل به کار رفته است. به طور خلاصه، برای دستیابی به آزمایشی با بازدهی مناسب و تا حد امکان به دور از خطا، محرک‌های خالص سینوسی با فرکانس متعادل، شدت متعادل، کشش‌های مناسب و بدون تمبر و عدم استفاده از فواصل موسیقایی مشخص، استفاده شده است.

۱-۳. طرح آزمایش

برای سنجش توانایی PD آزمودنی‌ها در وضعیت‌های متفاوت، نمونه‌های شنیداری گوناگونی طراحی شد. هر نمونه در بردارنده یک محرک صوتی خالص سینوسی مینا با بسامد ۵۲۳/۲۵ هرتز، دیرند مشخصی از سکوت ISI و محرک صوتی خالص سینوسی متغیری بود که بعد از سکوت شنیده می‌شد. همچنین هر دو محرک با شدتی در حدود ۷۲/۵ دسی‌بل پخش شدند. در این پژوهش تأثیر سکوت بر تشخیص تضاد زیرومی در دو بازه تضادهای اندک و تضادهای قابل ملاحظه سنجیده شد. از آنجا که بیشترین اختلاف قابل درک مابین سیستم‌های گوناگون تقسیم فاصله نسبت به سیستم تقسیم فواصل معتدل مساوی بیش از یک کُمای سینتینیک نیست (Sundberg, 1982, 52)، نقطه برش تضادها در همین محدوده (۲۱/۵۱ سنت)، در نظر گرفته شد. بنابراین تضادهایی برابر صفر، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سنت انتخاب شد. در واقع، تضادهای ۵ و ۱۰ سنت نماینده تضادهای اندک و ۲۵ و ۵۰ سنت نماینده تضادهای قابل ملاحظه بودند. میزان کشش هر محرک برابر ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه و دیرند سکوت‌های ISI برابر صفر (بدون سکوت)، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه از محدوده مد نظر پژوهش انتخاب شد. با استفاده از پنج گونه تضاد زیرومی و چهار گونه سکوت در مجموع ۲۰ نمونه گوناگون شکل گرفت و هر نمونه ۵ بار در روند

در پژوهش تجربی کنونی، ۱۰۱ نفر از دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته‌های موسیقی دانشگاه هنر و دانشگاه تهران شرکت کردند. داوطلبین ۶۵ نفر مرد و ۳۶ نفر زن، با میانگین سنی ۲۱/۳۱ و انحراف معیار ۴/۴۶ سال بودند. همان‌گونه که مطالعات نشان داده است، موسیقی دانان توانایی بیشتری در تشخیص زیرومی نسبت به غیرموسیقی دانان دارند (S. E. Brown, 1991, 29; Spiegel & Watson, 1984, 1694; Zarate et al., 2013, 6). همچنین در میان موسیقی دانان، هر اندازه که تجربه موسیقایی بیشتر باشد، توانایی و حساسیت تشخیص نیز افزایش می‌یابد؛ به طور میانگین بعد از دریافت حدود هفت سال آموزش موسیقی ادراک زیرومی به حد معنی‌دار و مناسبی رشد می‌کند (Yarbrough, Morrison, & Kar-trick, 1997, 39). به همین دلیل در این پژوهش آزمودنی‌ها از میان موسیقیدانانی با حدود هفت سال آموزش موسیقایی انتخاب شدند. کلیه داوطلبین علاوه بر آموزش‌های تربیت شنوایی، حداقل یک ساز ملدیک می‌نواختند و میانگین و انحراف معیار تجربه موسیقایی آن‌ها به ترتیب برابر ۹/۱۵ و ۳/۴۲ سال بود. همچنین در مطالعه حاضر، میانگین و انحراف معیار DLF آزمودنی‌ها به ترتیب برابر ۸/۲ و ۲/۸۸ سنت محاسبه شد.

۱-۲. ملاحظات طراحی آزمایش

در پژوهش کنونی، پرسش ما معطوف به بازه‌ای از سکوت‌هاست که توانایی افزایش حساسیت تشخیص میزان تضاد زیرومی را دارند، البته بدون اینکه اثری مخرب بر حافظه شنوایی بگذارند. پاسخ به این پرسش، نیازمند طرح آزمایشی دقیق با در نظر گرفتن نکات فراوانی جهت تعیین مشخصات آکوستیکی محرک‌هاست.

با وجود اینکه استفاده از دو محرک صوتی با اختلاف بسامدی اندک از روش‌های معمول اندازه‌گیری میزان حساسیت PD است، اما برخی پژوهش‌ها از محرک‌هایی با فواصل موسیقایی مشخص، مانند فاصله اکتاو، پنجم، سوم و غیره استفاده کرده‌اند. برای نمونه، از آزمودنی‌ها تشخیص تضاد در فواصل موسیقایی (Hill & Summers, 2007, 739; Zatorre, 1983, 2376)، تصحیح فواصل موسیقایی ناکوک (Rakowski, 1976, s50) و ارزیابی صحت کوک ملدی (Dowl-ing, 1978, 341) خواسته شده است. قابل توجه است که قضاوت افراد در مورد فواصل موسیقایی، طبق دریافت آموزش‌های گوناگون و یا سیستم تقسیم فواصل سازی که می‌نوازند، متفاوت است (Loosen, 1995, 297-303). همچنین برخی از گرایش‌های روانی انسان در فرایند درک صدا، می‌تواند تأثیری قابل توجه بر تشخیص میزان زیرومی دو صدا با فاصله موسیقایی مشخص داشته باشد (Burns & Ward, 1999, 215-264; Geringer & Witt, 1985, 90-101; Yarbrough & Ballard, 1990, 199-22). بنابراین استفاده از فواصل موسیقایی در آزمایش می‌تواند بر میزان صحت تشخیص PD و در نتیجه میزان دقت نتایج تأثیر گذار باشد. از این‌رو، در پژوهش حاضر از فواصل موسیقایی استفاده نشد و داوطلبان در مورد یکسان بودن یا

گفته شد، هر دو عامل از عوامل بسیار تعیین کننده در میزان دقت توانایی PD هستند. مقایسه پاسخهای آزمودنی‌های هر نوع گروه بندی نیز با آزمون فریدمن انجام شد. برای انجام تجزیه و تحلیل تفصیلی و یافتن رابطه‌ای بین هر دیرند سکوت با میزان پاسخهای درست در میزان تضادهای گوناگون از رگرسیون لجستیک^{۱۴} استفاده شد. در این آزمون مبنای مقایسه، سکوت ISI صفر (بدون سکوت) بود. شایان ذکر است که همه تحلیل‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شده است.

۲- یافته‌ها

نتایج آزمون فریدمن در جدول شماره ۱ نشان دهنده تفاوت معنی‌دار پاسخهای درست، در شرایط وجود سکوت مابین محرک‌ها، در تضادهای ۵ و ۲۵ سنت است (همه مقادیر P کوچک‌تر از ۰/۰۵). در نمونه‌هایی با میزان تضاد ۵ سنت، با افزایش دیرند سکوت‌ها میزان پاسخهای صحیح نیز افزایش یافته است؛ بیشترین میزان پاسخهای صحیح در سکوت ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه (برابر ۳۶/۶٪) به دست آمد. همچنین در نمونه‌هایی با میزان تضاد ۲۵ سنت، بیشترین میزان پاسخهای صحیح در سکوت ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه (برابر ۹۰/۱٪) محاسبه شد. در میزان تضاد ۱۰ سنت نیز تفاوت افزونی پاسخهای درست نسبت به نادرست در حاشیه معنی‌داری قرار گرفت (مقدار P برابر ۰/۰۶) که شاید با افزایش تعداد آزمودنی‌ها، این تفاوت نیز معنی‌دار می‌شد. بیشترین میزان پاسخهای درست نیز در این مقدار تضاد در میزان دیرند سکوت برابر با ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه (برابر ۵۶/۴٪) دیده شد. شایان ذکر است که در میزان تضاد ۵۰ سنت، تفاوت معنی‌داری با وجود سکوت ISI بین محرک‌ها در میزان پاسخهای صحیح دیده نشد (مقدار P برابر ۰/۷۵). علاوه بر این یافته‌ها، نتایج آزمون فریدمن تفاوت معنی‌داری در میزان پاسخهای درست، بین آزمودنی‌های با میزان حساسیت بیشتر شنوایی نسبت به حساسیت کم‌تر شنوایی و همچنین تجربه بیشتر موسیقایی نسبت به تجربه کم‌تر موسیقایی، نشان نداد.

آزمایش به کار رفت. بنابراین آزمون این پژوهش با ۱۰۰ نمونه صوتی که به صورت تصادفی در کنار یکدیگر قرار گرفته بودند طراحی شد. شایان ذکر است برای ایجاد تفکیک کامل نمونه‌ها، بین هر دو نمونه ۵ ثانیه سکوت قرار داده شد.

۱-۴. فرآیند آزمون

آزمودنی‌ها پیش از شنیدن توضیحاتی مرتبط با شیوه برگزاری آزمون توسط برگزارکننده، شرح کاملی را در مورد چگونگی برگزاری آزمون مطالعه کردند. آزمون در اتاقی کاملاً ساکت برگزار شد. محرک‌ها از طریق هدفون^{۱۵}، از راه هر دو گوش^{۱۶}، با استفاده از نرم‌افزار سنار^{۱۷} به وسیله لپ‌تاپ^{۱۸}، برای هر آزمودنی به طور مجزا پخش شد. پیش از شروع آزمایش میزان DLF هر داوطلب با استفاده از موج خالص سینوسی و از طریق ابزار ایجاد شده در نرم‌افزار متلب^{۱۹} جهت سنجش‌های سایکو آکوستیکی، اندازه‌گیری شد (برای اطلاعات بیشتر نک. (Levitt, 1971; Grassi & Soranzo, 2009)). در ادامه روند آزمایش، آزمودنی‌ها در مورد یکسان بودن یا زیروبمی متضاد دو محرک در ۱۰۰ نمونه پخش شده داوری کردند؛ به ازای هر نمونه، آزمودنی‌ها ملزم به انتخاب یکی از گزینه‌های^{۲۰} یکسان یا متضاد، در پاسخ نامه شدند. قابل ذکر است که آزمودنی‌ها هنگام آزمون هیچ گونه بازخوردی از درست یا نادرست بودن پاسخ‌هایشان دریافت نکردند.

۱-۵. تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه پاسخهای داده‌شده به نمونه‌ها، با کشش سکوت‌های گوناگون، از آزمون فریدمن^{۲۱} و برای کنترل و تصحیح تمام تحلیل‌ها، آزمون فیشر^{۲۲} استفاده شد. برای ارزیابی تأثیر حساسیت شنوایی و تجربه موسیقایی و یافتن رابطه‌ای معنی‌دار بین این عوامل بر تعداد پاسخهای صحیح در هر دیرند سکوت، آزمودنی‌ها در دو نوع گروه بندی تقسیم و مقایسه شدند. گروه بندی اول بر پایه میانگین DLF با نقطه برش ۸/۲ سنت و گروه بندی دوم براساس میانگین تجربه موسیقایی با نقطه برش ۹/۱۵ سال انجام شد. همان‌گونه که پیش‌تر

جدول ۱- بسامد پاسخهای درست و نتایج آزمون فریدمن، بر مبنای دیرندهای مختلف سکوت بر حسب میلی‌ثانیه.

Discriminations	0 ms	500 ms	1000 ms	2000 ms	P value
	Silent ISI	Silent ISI	Silent ISI	Silent ISI	
0 Cent	75.2 %	67.3%	69.3%	74.3%	0.49
5 Cent	14.9%	35.6%	35.6%	36.6%	<0.001
10 Cent	29.6%	47.5%	50.5%	56.4%	0.06
25 Cent	79.2%	69.3%	90.1%	86.1%	<0.001
50 Cent	96%	94.1%	94.1%	95%	0.75

توجه: تمامی مقادیر P با استفاده از آزمون فریدمن محاسبه و آزمون فیشر برای تصحیح تمام تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شد.

پاسخ‌های درست در نمونه‌هایی با میزان تضاد زیرومی ۱۰ سنت، در دیرند سکوت ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه، ۱/۹۷ برابر و در نمونه‌هایی با میزان تضاد ۲۵ سنت، در دیرند سکوت ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه، ۲/۳۸ برابر نسبت به نمونه‌های بدون سکوت است. در این آزمون نیز احتمال بالاتر وقوع پاسخ‌های درست در نمونه‌های دارای ۵۰ سنت تضاد، نسبت به نمونه‌های بدون سکوت، معنی‌دار نشد.

در خاتمه، نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان تکرار پاسخ‌های درست نسبت به نادرست در شرایط وجود سکوت ISI در تضادهای ۵، ۱۰ و ۲۵ سنت، نسبت به شرایط بدون سکوت، وجود دارد (همه مقادیر P کوچک‌تر از ۰/۰۵). همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، احتمال وقوع پاسخ‌های صحیح در صورت وجود دیرندهای سکوت ISI در میزان تضاد ۵ سنت، نسبت به نمونه‌هایی بدون سکوت، حدود سه برابر است. به علاوه احتمال وقوع

جدول ۲- احتمال وقوع پاسخ‌های درست (مقادیر P)، بر مبنای دیرندهای مختلف سکوت بر حسب میلی‌ثانیه.

	0 Cent	5 Cent	10 Cent	25 Cent	50 Cent
<i>Silent ISI (ms)</i>					
0	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
500	0.67 (0.21)	3.17 (<0.001)	1.38 (0.25)	0.59 (0.10)	0.65 (0.51)
1000	0.74 (0.34)	3.17 (<0.001)	1.55 (0.12)	2.38 (0.03)	0.65 (0.51)
2000	0.87 (0.94)	3.31 (<0.001)	1.97 (0.01)	1.63 (0.19)	0.79 (0.73)

توجه: احتمال وقوع پاسخ‌های درست با استفاده از رگرسیون لجستیک محاسبه شده است.

۳- بحث

حساسیت شنیداری و تجربه موسیقایی تأثیر قابل توجهی بر بهبود توانایی PD بر اثر سکوت ندارند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که افزایش دقت در تشخیص میزان تضاد زیرومی، بیشتر مقوله‌ای فیزیولوژیک و در رابطه با عملکردهای مکانیکی شنوایی است، تا امری روانشناختی.

بسیاری از جنبه‌های ادراک شنوایی مبتنی بر ویژگی‌های فیزیکی و عملکردهای مکانیکی گوش داخلی است. در گوش داخلی، بخش حلزونی مهم‌ترین ساختار سیستم شنوایی محسوب می‌شود.

به طور کلی، یک محرک ممتد صوتی به دلیل ایجاد خمش در مژک‌های ثابت^{۱۵} می‌تواند باعث کاهش دقت ادراک شنوایی شود. مژک‌های ثابت، موهای کوچکی هستند که از سلول‌های مویی جدار اندام کُرتی^{۱۶} بیرون زده‌اند. این اندام دارای دو نوع سلول مویی است: درونی و بیرونی. سلول‌های مویی درونی سلول‌های اصلی حسی هستند که محرک‌ها را از طریق عصب شنوایی انتقال می‌دهند و سلول‌های مویی بیرونی کیفیت و کمیت عملکرد بخش حلزونی را تقویت می‌کنند. آن‌ها می‌توانند به‌عنوان تقویت‌کننده‌های^{۱۷} کوچکی تلقی شوند که سلول‌های مویی درونی را تحریک می‌کنند (Guy-¹⁵ 662-651, 2006, ton & Hall). به علاوه، محرک صوتی پیوسته و ادامه‌دار نه تنها باعث خمش مژک‌های ثابت می‌شود، بلکه می‌تواند با تأثیر بر سلول‌های مویی بیرونی که ظریف و شکننده هستند، عملکرد شنوایی را تضعیف کند. هر دو رویداد عاملی اساسی در ایجاد پدیده خستگی شنوایی هستند (Adelman et al., 2010, 342-349; Wang, Hirose & Liberman, 2002, 248-268). بدیهی است

همان‌طور که انتظار می‌رفت، استفاده از سکوت‌های ISI بین محرک‌ها بر افزایش دقت تشخیص زیرومی موسیقی‌دانان اثر بخش بود. آزمودنی‌ها در تشخیص نمونه‌های دارای سکوت، عملکرد بهتری داشتند و میزان دقت آن‌ها در پاسخ‌ها به صورت معنی‌داری افزایش یافت. اگرچه در این آزمایش روند رشد در میزان دقت با افزایش دیرند سکوت‌ها، در برخی از تضادها مشاهده شد، اما همبستگی خطی دقیقی میان افزایش دیرند سکوت‌ها و بهبود توانایی PD به دست نیامد. با نگاهی دقیق به یافته‌ها درمی‌یابیم که تمام دیرندهای سکوت، باعث بالارفتن دقت تشخیص در تضاد زیرومی ۵ سنتی شده است، اما در اختلاف ۱۰ سنتی، بیشترین بهبود تشخیص در سکوت ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه اتفاق افتاد و در اختلاف ۲۰ سنتی در دیرند سکوت ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه رخ داده است. در مقابل این تغییرات محسوس، رشد قابل توجهی در اختلاف ۵۰ سنتی بر اثر سکوت‌های ISI اتفاق نیفتاد. این پدیده نیز با توجه به میزان بزرگ تضاد و همچنین تجربه موسیقایی و میانگین حساسیت شنیداری محاسبه شده آزمودنی‌ها طبیعی به نظر می‌آید. با یک نگاه استنتاجی می‌توان گفت که سکوت‌های طولانی در تشخیص تضاد زیرومی اندک مؤثرتر عمل می‌کند و به طور کلی، سکوت‌های ISI در تشخیص تضادهای اندک، نسبت به تضادهای قابل توجه، مؤثرتراند. از سویی دیگر، ارتباط معنی‌داری بین افراد با حساسیت شنیداری بیشتر (DLF مساوی و کم‌تر از ۸/۲ سنت) با کم‌تر و همچنین افراد با تجربه موسیقایی بالاتر (تجربه موسیقایی مساوی و بیش از ۹/۱۵ سال) و کم تجربه‌تر در پاسخ به نمونه‌های با سکوت نسبت به بدون سکوت دیده نشد. این پدیده نشان می‌دهد که عوامل

تبدیل و سپس داده‌ها به ترتیب در حافظه شنیداری که مانایی بیشتری دارد، بازخوانی می‌شود. مدت زمان تکمیل این روند پیچیده در حدود ۲۵۰ میلی‌ثانیه ارزیابی شده است. اگر محرک دومی در مدت زمان کم‌تر از ۲۵۰ میلی‌ثانیه وارد شود، روند تحلیل محرک نخست منقطع و غیرقابل بازیابی می‌شود، چرا که محرک جدید در حافظه پیش‌ادراکی جایگزین محرک قبلی شده است (Demany & Se-، 1999, 67-77; Loftus & Massaro, 2008, mal). در نتیجه، وجود سکوت بین محرک‌های صوتی، در فرآیند درک زیرومی ضروری به نظر می‌آید. در این پژوهش، دیرند سکوت‌های ISI با ۵۰۰ میلی‌ثانیه آغاز شد که فرصت کافی برای انجام عملکرد حافظه تئال را بدون اثر محوکنندگی اطلاعات سکوت‌های ISI طولانی، فراهم می‌کند. اگرچه همان‌گونه که ذکر شد، ماسارو (۱۹۷۰م.) بهبودی در دقت توانایی PD در محدوده سکوت‌های بیش از ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه مشاهده نکرد، اما آزمایش حاضر افزایش دقت توانایی PD را در سکوت ۵۰۰ میلی‌ثانیه و بیش از آن، به همراه داشت. بنابراین، پیشنهاد می‌شود این موضوع در پژوهش‌های بعدی بررسی شود. همچنین می‌توان در مطالعات بعدی، فرضیه پژوهش کنونی را در بسامدها و شدت‌های گوناگون دیگر، مورد آزمایش قرار داد. به علاوه می‌توان اثر سکوت بر دقت تشخیص زیرومی را با استفاده از محرک‌های صوتی با تمبرهای سازهای گوناگون سنجید.

که هر گونه تغییر فرم در اجزای گوش داخلی می‌تواند باعث مشکلات شنوایی شود. همچنین ممکن است که محرک‌های کوتاه گوناگون و پی‌درپی نیز خستگی شنوایی مشابهی را در بخش حلزونی ایجاد نمایند. به همین دلیل شاید سکوت‌های ISI بتوانند با ایجاد زمانی برای بازیابی و بهبود عملکرد مکانیکی مژک‌های ثابت، (Charron & Botte, 1988, 178-187)، موجب افزایش دقت در تشخیص تضاد زیرومی شوند.

از سویی دیگر، این افزایش دقت را می‌توان از نقطه نظر عملکرد حافظه تئال در فرآیند تشخیص زیرومی نیز توضیح داد. همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد، اگرچه سکوت‌های ISI طولانی (بیش از ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه) عملکرد حافظه تئال را تضعیف می‌کنند، اما استخراج داده‌ها از این حافظه نیازمند سکوتی با زمان کافی است. مطالعات بسیاری در ارتباط با تخمین زمان لازم برای استخراج اطلاعات مربوط به زیرومی از حافظه تئال انجام شده است؛ در حیطه دانش شنوایی، شواهدی مبنی بر وجود حداقل دو نوع حافظه کوتاه مدت وجود دارد: حافظه پیش‌ادراکی شنیداری^{۱۸} با مانایی کوتاه اما ظرفیت بالا و حافظه شنیداری^{۱۹} با مانایی بیشتر اما ظرفیتی محدود (Massaro, 1972, 124-126). هنگامی که شنونده در معرض یک محرک صوتی با دیرندی کوتاه قرار می‌گیرد، صدا وارد حافظه پیش‌ادراکی او می‌شود؛ اطلاعات مربوط به محرک، به محض ورود به این حافظه، به کدهایی

نتیجه

و تقویت توانمندی تشخیص زیرومی، در روند تمرین هنرجویان و یا تدوین برنامه‌های آموزشی مدرسین موسیقی کاربردی و مفید باشد. همچنین، اطلاعات به دست آمده را می‌توان در طراحی آزمون‌های اندازه‌گیری تشخیص زیرومی یا سایر پژوهش‌های سایکو آکوستیک، مورد استفاده قرار داد.

سپاسگزاری

نویسندگان از زحمات ارزشمند دکتر آرش درخشانی، بابت انجام تحلیل‌های آماری و همینطور آقای حسین قنبری سپاسگزاری می‌نمایند.

پژوهش حاضر جنبه‌های جدیدی از ادراک زیرومی را آشکار ساخت و توانست اثر متفاوتی از سکوت‌های ISI، با دیرندهای معین، بر میزان دقت توانایی تشخیص نواک را شناسایی کند؛ اثر سکوت‌های ISI در بازه ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه یا به عبارتی دیگر ۰/۵ تا ۲ ثانیه. نتایج پژوهش نشان داد که حضور این میزان از سکوت مابین دو محرک صوتی، می‌تواند بر بهبود دقت توانایی تشخیص تضاد زیرومی در دامنه بسامدی ۵۲۳/۲۵ هرتز و شدت صوتی در حدود ۷۲/۵ دسی‌بل، مؤثر باشد. قابل توجه است که این بازه زمانی سکوت را می‌توان به راحتی، به وسیله مترنوم، هنگام تمرین موسیقی اندازه‌گیری کرد. بنابراین، یافته‌های این پژوهش می‌تواند در راستای ایجاد شرایط بهتر

پی‌نوشت‌ها

و فرکانس‌های حاصله با استفاده از تیونر دیجیتالی سُنار کنترل شد. در برخی موارد، زیرکردن کوک حجم صدا را اندکی تغییر داد که این موضوع توسط نرم افزار سُنار و شاخص کنترل حجم صدا به حالت اولیه بازگشت. برای حداکثر دقت در اندازه‌گیری دیرند محرک‌ها و سکوت‌ها نیز از نوار زمانی این نرم‌افزار استفاده شد.

6. Sennheiser HD 380 Professional, Sennheiser Electronic Corporation, Wedemark, Germany.
7. Binaurally.
8. Sonar.
9. Sony Vaio, VGN-CS110E.
10. MATLAB.
11. Two-Alternative Forced Choice (2AFC)

1. Pitch Discrimination.
2. Difference Limen for Frequency.
3. Inter-Stimulus Interval.
4. Tonal memory.

۵. برای ایجاد صدای محرک، با استفاده از نرم‌افزار ساخته شده توسط توماس سینالسکی، صوت خالص سینوسی براساس فرکانس پایه ۵۲۳/۲۵ هرتز (نت دوی بین خط سوم و چهارم با کلید سل) به عنوان فرکانس مبنا تولید شد (<http://www.szynalski.com/tone-generator>). در ادامه، جهت ضبط و ویرایش صدا نرم‌افزار سُنار ۸/۵ مورد استفاده قرار گرفت. صدای نخست در تمامی نمونه‌ها ثابت باقی ماند و صدای دوم با استفاده از پلاگین تغییر کوک نرم‌افزار ساند فرج (محصول سونی) تغییر یافت. با این روش، نت دو برای ایجاد صدای دوم در نمونه‌های مختلف، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سنت زیرتر

school and college instrumentalists. *Journal of Research in Music Education*, 47(2), pp. 135-149.

Grassi, M., & Soranzo, A. (2009). MLP: A MATLAB toolbox for rapid and reliable auditory threshold estimation. *Behavior research methods*, 41(1), pp. 20-28.

Guyton, A., & Hall, J. (2006). *Textbook of medical physiology*, 11th. WB Saunders Company, Philadelphia, USA.

Harris, J. D. (1952). The decline of pitch discrimination with time. *Journal of Experimental Psychology*, 43(2), 96.

Hill, T. J., & Summers, I. R. (2007). Discrimination of interval size in short tone sequences. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(4), pp. 2376-2383.

Levitt, H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2B), pp. 467-477.

Loosen, F. (1995). The effect of musical experience on the conception of accurate tuning. *Music Perception*, 291-306.

Madsen, C. K., Edmonson III, F. A., & Madsen Jr, C. H. (1969). Modulated frequency discrimination in relationship to age and musical training. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 46(6B), pp. 1468-1472.

Massaro, D. W. (1970). Preperceptual auditory images. *Journal of Experimental Psychology*, 85(3), 411.

Massaro, D. W. (1972). Preperceptual images, processing time, and perceptual units in auditory perception. *Psychological review*, 79(2), 124.

Massaro, D. W., & Loftus, G. R. (1996). *Sensory and perceptual storage: Data and theory*. In *Memory*. Academic Press. USA.

Rakowski, A. (1976). Tuning of isolated musical intervals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 59(S1), S50-S50.

Rakowski, A., & Hirsh, I. J. (1980). Poststimulatory pitch shifts for pure tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(2), pp. 467-474.

Randel, D. M. (2003). *The Harvard dictionary of music* (Vol. 16): Harvard University Press.

Sek, A., & Moore, B. C. (1995). Frequency discrimination as a function of frequency, measured in several ways. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(4), pp. 2479-2486.

Sergeant, D. (1973). Measurement of pitch discrimination. *Journal of Research in Music Education*, pp. 3-19.

Smith, A. R. (1934). AUDITORY FATIGUE 1. *British Journal of Psychology. General Section*, 25(1), pp. 77-85.

Spiegel, M. F., & Watson, C. S. (1984). Performance on frequency-discrimination tasks by musicians and nonmusicians. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 76(6), pp. 1690-1695.

Sundberg, J. (1982). *In tune or not?: a study of fundamental frequency in music practise*: na.

Wang, Y., Hirose, K., & Liberman, M. C. (2002). Dynamics of noise-induced cellular injury and repair in the mouse cochlea. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*,

12. Friedman.

13. Fisher.

14. Logistic Regression.

15. Stereocilia.

16. Corti.

17. Amplifiers.

18. Pre-perceptual Memory.

19. Auditory Memory.

فهرست منابع

Adelman, C., Perez, R., Nazarian, Y., Freeman, S., Weinberger, J., & Sohmer, H. (2010). Furosemide administered before noise exposure can protect the ear. *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*, 119(5), pp. 342-349.

Bergan, J. R. (1966). Factors affecting pitch discrimination. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, pp. 15-21.

Brown, J. C., & Vaughn, K. V. (1996). Pitch center of stringed instrument vibrato tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100(3), pp. 1728-1735.

Brown, S. E. (1991). Determination of location of pitch within a musical vibrato. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, pp. 15-30.

Burns, E. M., & Ward, W. D. (1999). Intervals, scales, and tuning. *The psychology of music*, 2, pp. 215-264.

Charron, S., & Botte, M. C. (1988). Frequency selectivity in loudness adaptation and auditory fatigue. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(1), pp. 178-187.

Christman, R. (1954). Shifts in pitch as a function of prolonged stimulation with pure tones. *The American journal of psychology*, pp. 484-491.

Demany, L., & Semal, C. (2008). The role of memory in auditory perception *Auditory perception of sound sources* (pp. 77-113): Springer.

Dowling, W. J. (1978). Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies. *Psychological review*, 85(4), 341.

Dowling, W. J., & Harwood, D. L. (1986). *Music cognition*. Academic Press.

Estis, J. M., Coblenz, J. K., & Moore, R. E. (2009). Effects of increasing time delays on pitch-matching accuracy in trained singers and untrained individuals. *Journal of Voice*, 23(4), pp. 439-445.

Fyk, J. (1985). Vocal pitch-matching ability in children as a function of sound duration. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, pp. 76-89.

Geringer, J. M., & Witt, A. C. (1985). An investigation of tuning performance and perception of string instrumentalists. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, pp. 90-101.

Geringer, J. M., & Worthy, M. D. (1999). Effects of tone-quality changes on intonation and tone-quality ratings of high

search in Music Education, pp. 31-42.

Zarate, J. M., Ritson, C. R., & Poeppel, D. (2013). The effect of instrumental timbre on interval discrimination. *PLoS one*, 8(9), e75410.

Zatorre, R. J. (1983). Category-boundary effects and speeded sorting with a harmonic musical-interval continuum: evidence for dual processing. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 9(5), 739.

3(3), pp. 248-268.

Yarbrough, C., & Ballard, D. L. (1990). The effect of accidentals, scale degrees, direction, and performer opinions on intonation. *Update: Applications of Research in Music Education*, 8(2), pp. 19-22.

Yarbrough, C., Morrison, S. J., & Karrick, B. (1997). The effect of experience, private instruction, and knowledge of directional mistunings on the tuning performance and perception of high school wind players. *Bulletin of the Council for Re-*

The Effect of Silence on Musicians' Pitch Discrimination Accuracy

Iman Fakhri¹, Amin Honarmand^{2*}

¹Faculty Member, Faculty of Music, University of Art, Tehran, Iran.

²Associate Professor, School of Performing Arts & Music, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

(Received 9 Apr 2019, Accepted 8 Feb 2020)

The complex abilities of pitch perception and perceiving discriminating pitches are vital to the music perception phenomenon. Comprehensive studies have investigated the influence of intervening silence in various dimensions and have indicated its effects on human auditory ability. The present study provides additional information on the pitch discrimination ability, with a focus on how silence between stimuli affects our perception. We neutralized various effective factors and assessed the effect of perceivable durations of silences (in the range of 500-2000 ms) on pitch discrimination ability in musicians; distractive factors were reduced to refine the effect of intervening silence, and assess pitch discrimination accuracy in varying silent inter-stimulus interval durations precisely. By using factors such as pure stimuli, moderate frequencies, suitable durations, and favorable intensities, the efficiency of the experiment was optimized. Varying degrees of pitch differentials (5, 10, 25, and 50 cents) were used to estimate the effect of silence on pitch discrimination. In this experiment, participants included 36 female and 65 male undergraduate and graduate music students from Tehran University of Art and University of Tehran (mean age=23.31 years, SD=4.46). They had passed ear-training courses, and played a melodic instrument for a minimum mean (SD) time of 9.15 (3.42) years. The difference limen for frequency was estimated for all participants (mean±SD= 8.2±2.88 cents). Since the results of multiple test attempts on one person should be considered related or dependent, Friedman test was used to compare the answers of each participant across different silent ISI durations. Moreover, Fisher's exact test was used to correct all analyses. To assess the influence of auditory sensitivity and musical experience in our experiment, and to find any correlation between these factors and the effect of silence intervention, participants were categorized into two groups: one based on their baseline mean DLF ($8.2 \leq$ and >8.2) and another

based on the mean years of their musical instruction (≥ 9.15 years or <9.15 years). Friedman tests were again used to examine the difference between the answers of these groups. To perform a detailed analysis, logistic regression was used to assess the relationship of each duration of silence to the correctness of pitch discrimination (0 ms silent ISI as reference). All analyses were done using IBM SPSS for Windows version 19 with a two-tailed P value < 0.05 being considered significant. The results showed that improvement in pitch discrimination ability was significant when the duration of silence occurred between stimuli in most of discriminations ($p < 0.05$). In addition, the auditory sensitivity and musical experience factors had no significant effect on this phenomenon. This effect is defined by the mechanical functions of the inner ear or procedures of tonal memory in the auditory process. Interestingly, the examined durations of silences (500, 1000, and 2000 ms) can conveniently be calculated by every common metronome. Hence, our achievement can be applicable to music educators to set better conditions reinforcing the pitch discrimination ability in the practice procedures or instruction processes. In addition, this information advantageous for investigators as an executable implement to design specific experiments in pitch discrimination assessments, and any other psycho-acoustical researches.

Keywords

Pitch Discrimination, Perception, Silence, Musician.

*Corresponding Author: Tel: (+98-919) 1168596, Fax: (+98-263) 2511013, E-mail: a.honarmand@ut.ac.ir