Archives of
Rehabilitation

Summer 2024. Vol 25. Num 2

Research Paper

Investigating the Effects of Pitch Discrimination-based Rehabilitation on Indices and Results of Diagnostic Tests of Children Suspected of Auditory Processing Disorder

Yones Lotfi[1], ***Mohammadreza Parhizgar**[1], **Afsaneh Doosti**[2], **Enayatollah Bakhshi**[3]

1. Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
2. Department of Audiology, Rehabilitation Sciences Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
3. Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Social Health, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Lotfi Y, Parhizgar M, Doosti A, Bakhshi E. Investigating the Effects of Pitch Discrimination-based Rehabilitation on Indices and Results of Diagnostic Tests of Children Suspected of Auditory Processing Disorder. Archives of Rehabilitation. 2024; 25(2):312-335. https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3790.1

https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3790.1

ABSTRACT

Objective Auditory processing disorder (APD) tests, based on the deviation of results from standard benchmarks, can distinguish children suspected of having APD. Some of these tests directly relate to the ability to discriminate sound pitch, while others may be indirectly affected. Accordingly, this study investigates the impact of pitch discrimination-based rehabilitation on diagnostic indices of APD tests.

Materials & Methods In this study, we selected 19 children suspected of APD who were identified based on tests of pitch pattern, dichotic digits, and monaural selective auditory attention as the intervention group. These children received pitch discrimination-based training, for about three months, two to three sessions a week, each session up to 1 h. After completing the rehabilitation phases, diagnostic tests were administered again. We also selected 26 children with similar diagnostic criteria for APD as the control group. No intervention was applied to this group, and after a comparable period to the intervention group, diagnostic tests were re-administered. The results before and after the interventions were compared within the intervention group and with the 26 children in the control group.

Results The rehabilitation showed significant improvements in the pitch pattern and monaural selective auditory attention tests. In the monaural selective auditory attention test, significant improvements were observed in both ears (P=0.001). In the pitch pattern test, effective improvements were also observed for both ears (P=0.001). The effects were such that nearly 37% of children suspected of APD, based on the diagnostic criteria used in the study, no longer met the criteria for this disorder. Hence, if the same tests are re-administered to them, these children will be diagnosed as having no auditory processing disorder.

Conclusion Discrimination-based rehabilitation impacts the results of APD tests. Accordingly, some children who are classified as suspected auditory processing disorder with such tests, are removed from this subgroup after the intervention.

Keywords Auditory processing disorder (APD), Pitch discrimination, Rehabilitation

Received: 21 Aug 2023
Accepted: 10 Jan 2024
Available Online: 01 Jul 2024

Corresponding Author:
Mohammadreza Parhizgar, PhD.
Address: Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
Tel: +98 (936) 9828485
E-Mail: mohammadrezaparhizgar@yahoo.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

English Version

Introduction

According to the definition of the American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), auditory processing disorder (APD) is a heterogamous problem resulting from different auditory processing deficits, such as hearing discrimination, auditory pattern recognition, temporal aspects of sounds, and hearing ability in the presence of competing acoustic signals [1]. It leads to various symptoms and complaints in affected populations [2]. In their report on several deficits in extracting auditory messages and other problems, Chalfant and Scheffelin (1969) referred to disorders in perceiving the suprasegmental features of speech and musical aspects of sounds, like pitch, rhythm, and melody [3]. Children with APD are unable to perceive pitches and simulate tunes or detect structural deviation of tunes despite their normal auditory thresholds [4].

Pitch is the perceptual manifestation of sound frequencies and is defined as a perceptual signal that can classify sounds on a bottom-up scale [5]. However, despite their normal hearing, children with APD cannot perceive pitches, simulate tunes, or detect the structural deviations of tunes [4]. Findings have confirmed the poor pitch perceptions of children with APD. Nevertheless, employing efficient approaches to enhancing pitch discrimination and perception ability has been fruitful in various functional domains of these children [6]. Micheyl et al. [7] showed that pitch discrimination-based training positively impacted speech perception in the presence of background noises and significantly improved samples' tone detection in the presence of noise.

Pitch discrimination-based rehabilitative approaches have yielded positive outcomes, even in the presence of noise, in many cases, for example, by using hearing aids or cochlear implants [6, 7]. Hence, pitch discrimination improvement in children with APD, especially in cases with pitch discrimination deficits, may strengthen children's perceptions of verbal subsets in the presence of noise and pitch patterns. An assessment of these abilities is one aspect of APD diagnostic signs. Can pitch discrimination improvement change the diagnostic results of APD tests? At present, there are the two following test sets to evaluate and diagnose APD in children [8]: The screening test for auditory processing disorder and the multiple auditory processing assessment (MAPA).

The purposes of these test sets are the early discovery and detection of APD in children for timely interventions [9].

In an attempt to prepare a valid behavioral test, Domitz and Schow presented a set of APD tests for school-age children, i.e. MAPA, which included five subsets in three auditory processing domains [9] as follows: Temporal, monaural, and binaural.

Pitch pattern sequence (PPS) and tap tests are in the temporal domain, and the monaural selective auditory attention test (mSAAT) examines monaural processing. Also, the dichotic digit test (DDT) and competing sentence tests are used for dichotic assessments.

Following different investigations, ASHA (2005) showed that a single test with three standard deviations or two tests with two standard deviations below the mean were suitable for APD diagnosis [1]. However, we will act based on the guidelines of the American Academy of Audiology (AAA) in 2010, suggesting two or more standard deviations below the mean, minimally for one ear, in two different central behavioral tests for APD diagnosis [10]. During the diagnostic process, we administered a subtest of every auditory processing domain, selected the needed samples, and entered them into the study by considering ASHA guidelines (2010) and benefiting from a valid questionnaire.

Although numerous auditory processing tests have been designed and formulated, the monaural selective auditory attention, pitch pattern, and dichotic digit tests have manifested a sensitivity of 90% and specificity of 100% for APD diagnosis [8].

Accordingly, by compiling a rehabilitative program based on pitch discrimination in APD-suspected children with pitch discrimination deficits according to MAPA guidelines and DDT, mSAAT, and pitch pattern test (PPT), we examine the effect of this rehabilitative process on the diagnostic indices of these tests.

Materials and Methods

This study was designed in the Audiology Department of the University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences and approved by the secretary of the university/regional research Ethics Committee and performed from 2018 to 2020 on students of Shiraz City, Iran, in collaboration with the Fars Province Department of Education. The entire process was explained to the parents before any intervention, and written consent was obtained from them.

Study participants

All children were selected from primary school students in Shiraz City, Iran. As there was no norm for pitch discrimination in children of the same age, a pilot study was conducted to obtain the range of pitch discrimination in children with normal hearing based on previous research under the supervision of a statistical consultant. Accordingly, 38 male and 37 female participants at a mean age of 10.59±1.42 years were selected for this study. All children were within the normal range regarding hearing and APD assessments. The norm data of pitch discrimination were obtained through this assessment, which was considered a criterion for children with APD to enter rehabilitation sessions.

In the trial phase, 19 children at a mean age of 9.87±0.820 years participated in the experimental group. Of these participants, 7 were female (37%) and 12(63%) were male. The control group consisted of 26 children at a mean age of 9.58±0.705 years, including 15 males (58%) and 11(42%) females.

Auditory processing disorder assessments

Indicators

The inclusion criteria for all children in the study included the following items: Pure tone and speech perception thresholds in audiometric evaluations of 15 dB or less at frequencies between 250 and 8000 Hz in both ears and a speech discrimination (perception) score of at least 92% for both ears; normal function of the middle ear (tympanogram type A); intelligence score of 85 or higher in the Persian version of the Leiter test; Persian monolingual children with Persian monolingual parents; right-hand dominant; no history of academic music education; no history of attention deficit hyperactivity disorder, epilepsy, behavioral and developmental disorders, as well as no history of any medical intervention and central nervous system problems.

Special indicators were considered for children suspected of auditory processing disorders encompass. In addition to pure tone thresholds and speech comprehension in audiometric assessments, with a level of 15 dB or lower within the frequency range of 250 to 8000 Hz and a speech discrimination score of at least 92% for both ears, children with auditory processing disorders typically encounter challenges in understanding amidst noise; conversely, deficient speech discrimination in quiet conditions may indicate neurological damage [10] in addition to the aforementioned criteria and the following items: Weakness of at least two standard deviations for at least one ear in a minimum of two subsets of tests from the multiple assessment set of auditory processing [9] and the pitch discrimination threshold of at least two standard deviations higher than the norm values, with a significance level of P>0.95, for all four notes evaluated in the research.

Before the study, normal data for the PPS test were obtained from 139 children aged 8 to 12 years (76 females and 63 males). The criteria of mSAAT, DDT, and speech in noise tests were also the data obtained from the studies conducted on the Persian versions of these tests [11-13].

Monaural selective auditory attention test (mSAAT)

mSAAT has been selected from the monaural diagnostic tests of MAPA. Monaural selective auditory attention is a monaural low-redundancy test used to measure selective attention skills in children. A child with poor performance in this test can be expected to experience difficulties in discriminating speech in the presence of noise or open background voices.

This test comprises two 25-word lists presented by a similar speaker in the presence of a competing story at a signal-to-noise Ratio of 0 dB [14]. The Persian version of this test with a content validity index of 0.88 is suitably valid for assessing selective attention auditory skills. The test was performed at the 50 dB HL level separately for every ear based on the presented guidelines in the main reference. Speech discrimination tests are performed in the presence of noise or background sounds to probe auditory closure processing and are specifically sensitive to deficits in the brain stem with the auditory cortex [15]. This test is scored based on the child's correct responses to a 25-item list.

Dichotic digit test

Such test sets target binaural integration processing and are sensitive to deficiencies in the brain stem, cerebral cortex, and corpus callosum [15]. Musiek (1983) examined this test, during which two monosyllabic digit pairs (one to ten in English, except seven) are presented to both ears simultaneously [16]. Two digits are presented to every ear, and ordinal numbers are heard by two ears at the same time, and the person should repeat all four digits within 5 s after their presentation. This method of assessment was first introduced by Broadbent in 1954 [17]. Digits are presented with a pressure of 50 dB above the sensation level, and the interval between each digit pair is 0.5 s.

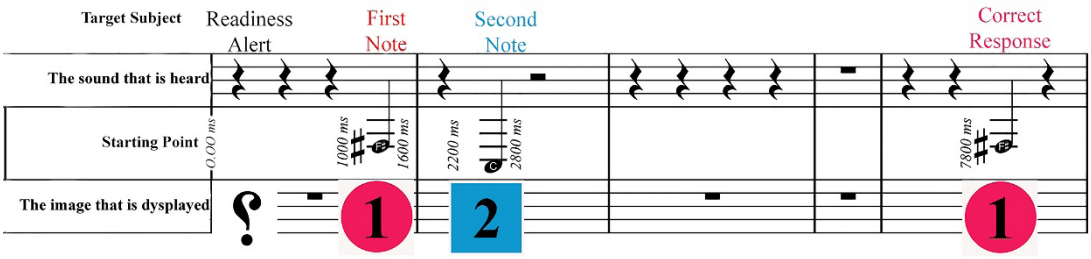


Figure 1. Plan of presented stimuli and their timing

Archives of
Rehabilitation

The Persian version of this test, presented in 2005, is administered with Persian digits (1 to 10, except for 4) [18]. This version was standardized in 2016 for 8-12-year-old children [12]. In this study, we presented digits at the 50 dB sensation level regarding the speech perception threshold, and the child should repeat all four digits. The list included 80 digits, i.e. four per ear. We estimated the total score of each ear by considering the number of the stated correct numbers and assigning a 2.5% point per word.

Pitch pattern test

When discussing pitch discrimination-based rehabilitation, we should access a pitch performance background in auditory processing. Pitch as a tool examining the auditory processing power has been privileged since 1977 [19]. It is a subset of temporal pattern tests of the auditory processing system [20] and is specifically sensitive to cortical lesions and inter-hemisphere relations [15]. PPT is one of the most conventional auditory processing tests [21] and includes three consecutive tones, where the frequency of one is different from the other two [22].

This test was designed for the examination of auditory complications derived from brain lesions [23]. Children's PPT performance is strongly influenced by timing guidelines, the number of stimuli, and the response type needed [24]. In addition, the perception of these auditory patterns is impacted by the acoustic characteristics of the stimulus, attention, working memory, and experience [25]. The child version of this test includes 30 triad tones of either pitch (880 Hz or 1430 Hz). The duration and the rising/falling time of every tone presented at the 50 dB HL are 500 ms and 10 ms. The interval between two consecutive tones is 300 ms, and the interval between two series of consecutive stimuli is 10 s [26]. In the adult version, which targets ages above 10, two 880 Hz and 1122 Hz frequencies are employed. The duration and rising/falling time of every tone is 200 ms and 10 ms. The intervals between two tones and two series of stimuli are 150 ms and 6 s, respectively [27]. The presented pressure in our research was 50 dB HL, almost equal to the 70 dB sound pressure level in these frequencies [22]. Thirty triad series are presented to every ear, and the child should explain their pitch patterns. This test is scored based on the number of correctly-articulated series.

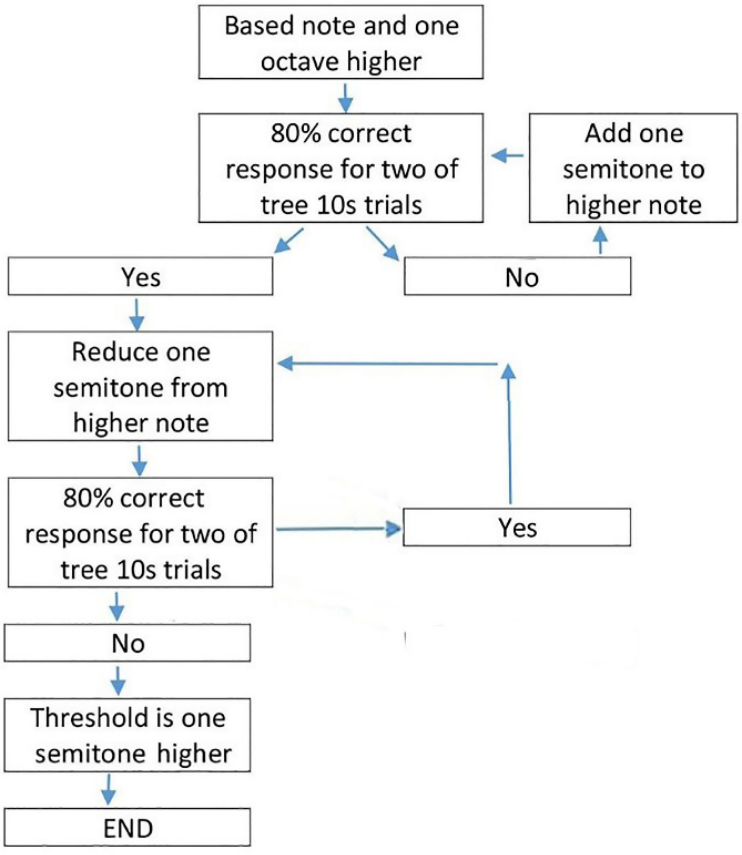
Pitch discrimination evaluation

The participants were given two notes, starting 1.2 s apart, to assess the pitch discrimination. The presentation time of each stimulus was 500±50 ms (Figure 1). The sounds were recorded digitally at a sampling rate of 44.1 kHz and a quality of 320 kbps [28]. Sounds were presented using the Beats Studio 2 headphones by Asus Lab Top N43J.

A standby image (?) is displayed for one second before the notes (F#3 and C3) are presented. The duration of each note is 600 ms, which are presented at intervals of 600 ms. After the second note is presented, the child has 5000 ms to respond. The correct response is shown to the child only in the process of rehabilitation.

The piano is the most common musical instrument. Its tones are most frequently used as stimulates in frequency modulation evaluations to the extent that some of the researchers use the "absolute piano" phrase instead of "absolute pitch" [29]. In this study, we also utilized this instrument for pitch discrimination purposes. We also began our rehabilitation with the piano.

Stimulus intensity was adjusted to the sound pressure level of 67-68dB. The provided sounds were in biphasic and simultaneous mode. At the same time as presenting the first note, a red circle with the number 1 inserted in the middle was shown to the children, and at the same time as presenting the second note, a blue square with the number 2 inserted in the middle was shown to them. They were taught to identify the higher note after hearing the second sound. Following the presentation of two



Archives of
Rehabilitation

Figure 2. Flowchart of determining pitch discrimination threshold in children for the four notes used in the study

notes, the child had 5 s to respond. In case of receiving no response, the respective couple would be removed from the statistical calculations. They could select the desired note by referring to the color, shape, number, or order of the notes. Pairs were presented randomly, and evaluations started from an octave distance. Similar research suggests that the rate of pitch discrimination in individuals without any musical training is less than one octave (Figure 2) [30].

The minimum distance threshold is based on semitone, the level at which children can answer two sets of ten (out of three sets) correctly at a rate of at least %80 (P=0.05). This criterion is not available by diminishing the distance of one semitone.

Thresholds were rated for four notes as follows: [F#3] at 185 Hz, [C4] at 262 Hz, [E4] at 330 Hz, and [G4] at 391 Hz. These sets of notes were designed digitally with a uniform temporal envelope based on the middle note of piano C (262 Hz), and the octave surrounding middle C is the most common octave among the prototypical frequency ranges for Western musical instruments and sung voice [31].

Rehabilitation process

A semitone below the threshold was used for thresholds below one octave to perform rehabilitation. An octave below the threshold was used for cases above one octave, and thus rehabilitation began.

First, as in the evaluation stage, two notes were sent in a row. After the presentation, the correct answer was determined and shown to the children. This process was repeated up to ten times, and then the next step, i.e. the evaluation of the effect of training, was started.

The impact of the rehabilitation process was examined in the end. In cases of not obtaining 80% of the pitch discrimination, the rehabilitation process was repeated for the same pair of notes, and assessments were performed again. If the assessment were successful, the distance was diminished by one semitone for those below one octave and by one octave for those above one octave.

Table 1. Comparing the experimental and control groups in their pre- and post-rehabilitation pitch pattern test results

Variable		Group	Mean±SD		P*	η_p^2
			Before	After		
Pitch pattern sequence	Right ear	Test	54.42±9.10	87.60±8.38	<0.001	0.839
		Control	54.09±7.27	57.31±7.27		
	Left ear	Test	51.76±6.61	84.40±8.38	<0.001	0.852
		Control	53.33±7.27	55.50±6.03		

*Covariance test.

Archives of Rehabilitation

Then, the process was repeated. Rehabilitation sessions lasted 40 min to a maximum of 50 min.

To evaluate the effect of sound Timbre on the discrimination ability, based on the classification of instruments [28, 32] and according to the difficulty of the pitch discrimination of the device [32, 33], the rehabilitation steps were continued using guitar, violin, flute, and keyboard.

Altogether, one 40- to 50-min session for each note of each musical instrument was held, and a total of 20 rehabilitation sessions were held continuously two to a maximum of three sessions per week. These sessions lasted up to three months for each child.

Post-rehabilitation evaluations

The pre-rehabilitation assessments were repeated after the end of the rehabilitation period. After at least another month, these assessments were repeated. The children in the control group were thoroughly re-evaluated three months after the first evaluations.

Statistical methods

The figures represent percentages computed for every test on each ear. The covariance test was used to estimate the pre- and post-rehabilitation outcomes statistically. The Mann-Whitney test was used to compare the results of the pitch discrimination rate after rehabilitation in children with APD and normal values. All analyses were run in the SPSS software, version 22.

Results

This study was conducted on 45 children with APD, including 7 females and 12 males with a mean age of 9.87±0.820 years in the experimental group and 11 females and 15 males with a mean age of 9.58±0.705 years in the control group. The Shapiro-Wilk test showed that the age distribution of control (P=0.716) and test (P=0.987) groups had a normal distribution. The Leven test showed that the age data had equal variance (P=0.938). The independent t-test also showed that the mean age of the two groups did not differ significantly (P=0.158). The chi-square test showed that the ratio of male to female participants was not statistically different (P=0.712).

The pitch discrimination data were compared between the experimental group and normal data using the Mann-Whitney U test. Post-rehabilitation evaluation data showed a significant improvement in the rate of pitch discrimination in the experimental group compared to normal values (P<0.001) (Figure 3).

The right-side indicators on the chart (Figure 3) depict the pitch discrimination values obtained for the four notes evaluated in the normative study (75 children). The left-side indicators represent the average pitch discrimination in the children of the test group after the intervention (19 children).

Improvements in children's pitch discrimination capacity made their PPT outperformance (Table 1) more expected, which was realized based on estimations.

However, another aspect of the assessment included the mSAAT test, i.e. discriminating verbal concepts in the presence of a background speech. mSAAT is a type of speech perception test administered in the presence of background noise. The assessment indicated significant improvement in speech discrimination in the presence of background noise after the effective process of pitch discrimination-based rehabilitation (Table 2).

The last test of this series was DDT, which is subsumed under binaural tests and requires the child to process ev-

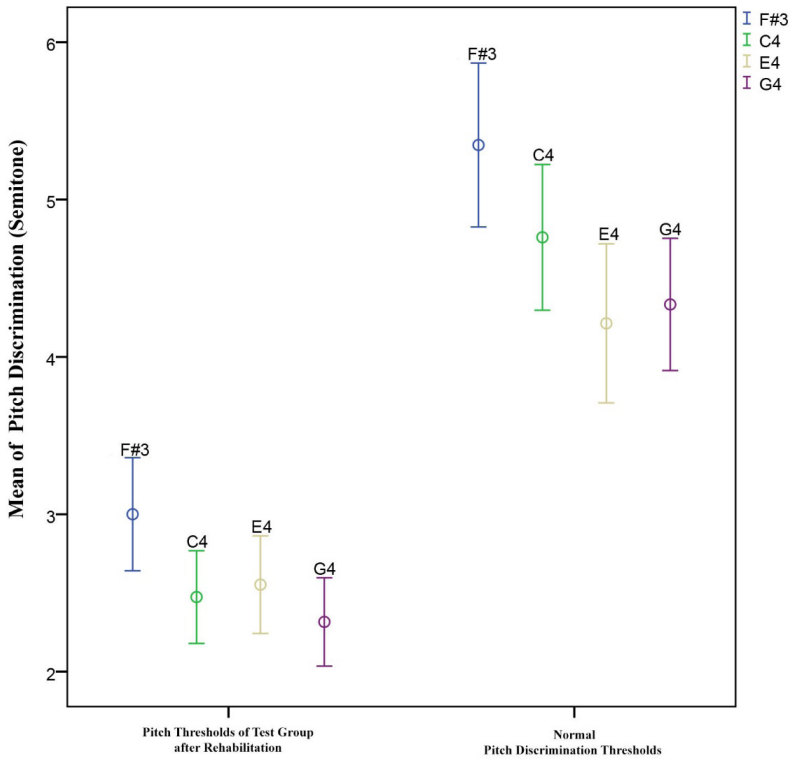


Figure 3. Mean values of pitch discrimination based on the subsequent step after rehabilitation in the test group, in addition to the norm values acquired from the pitch evaluation group

ery ear's stimulant separately and retrieve the different speeches of two ears. The statistical analysis of the results before and after the pitch discrimination-based rehabilitation illustrated no statistical improvement in this test set (Table 3).

Discussion

The effects of pitch discrimination-based rehabilitation on pitch pattern test results

In a systematic study, Apfelstadt (1984) examined the effects of melodic perception training on pitch discrimination and discovered no signs of pitch discrimination improvement in samples. However, the training led to explicit and significant improvement in pitch pattern singing [34]. Table 1 demonstrates that the intervention and rehabilitative process has positively and directly influenced PPT outcomes in children with APD. The children's ears were positively impacted by the rehabilitation and showed significant improvements (P<0.001). The PPT scores of all intervened children fell into or above the estimated normal range (Figure 4). Hence, the first achievement of the pitch discrimination-based intervention was eliminating one of the APD indices in these children. Accordingly, many of these children did not manifest an index of APD in any of their ears after pitch discrimination-based rehabilitation.

The effect of pitch discrimination-based rehabilitation on the monaural selective auditory attention test outcomes

According to Table 2, the discrimination percentage of mSAAT has significantly improved after the rehabilitation (P<0.001). As previously mentioned, this test comprises 25-word lists expressed by the speaker in the presence of a competing story in the signal-to-noise ratio of 0 dB [14]. The presence of a similar speaker as a background and confounding noise and the target speech can engender a dual challenge for speech discrimination in the presence of background noise: First, similar to other tests, the child should discriminate the target speech from the background speech, and, second, both speeches are presented by a single speaker with a base sound pattern.

One of the theories that rationalize the enhancement in musicians' speech comprehension amid noise is perceptual anchoring [35]. Perceptual anchoring denotes inter-

Table 2. Comparing the experimental and control groups in their pre and post-rehabilitation mSAAT results

Variable		Group	Mean±SD		P*	η_p^2
			Before	After		
mSAAT	Right ear	Test	70.95±9.10	88.63±5.21	<0.001	0.669
		Control	69.08±8.36	74.46±6.80		
	Left ear	Test	70.53±8.35	89.05±6.23	<0.001	0.668
		Control	71.85±7.11	75.54±6.23		

*Covariance test.

Archives of Rehabilitation

mSAAT: Monaural selective auditory attention test.

nal and consistent capabilities that develop in response to repetitive stimuli. For example, in tasks involving frequency discrimination, maintaining an unaltered reference tone yields superior thresholds in comparison to a continuously changing reference tone [36]. An argument advocating the advantage of perceptual anchoring posits that a stable reference tone contributes to the cultivation of heightened perceptual stability, facilitating the detection of the test tone and consequently refining perceptual discrimination [37]. The ability to establish perceptual anchoring in the speaker's speech, augmenting pitch discrimination, is deemed pivotal for ameliorating the understanding of the target signal amidst background noise [38]. After the amelioration in pitch discrimination resulting from rehabilitation in children, this phenomenon can streamline the tracking of a stable and specific target sound amid background noise, leading to an augmentation in their speech comprehension scores.

Sares (2017) investigated the relationships of pitch processing and time with tonal stimuli and speech and specifically referred to the link between attention and pitch and temporal discrimination capacities. This research argued that musicianship could not be directly associated with attention by itself; rather, music-tied training could impact direct and indirect attention positively [39]. Thus, we conclude that pitch discrimination training can raise and improve the child's attention and concentration in the auditory process. This attentional improvement can pave the way for speech perception in mSSAT in the presence of noise. As a result of this intervention, the right-ear mSAAT results of almost 37% of children with deficits more than two standard deviations from normal values did not fall into this range, and the left-ear results of about 78% of similar cases were also not in the described deficiency range.

Hence, the rehabilitative benefits and pitch discrimination improvements can influence mSAAT results and increase its score due to the raised attention derived from pitch discrimination rehabilitation (Figure 4).

The effect of pitch discrimination-based rehabilitation on dichotic digit test results

Following two effective outcomes of the pitch discrimination-based rehabilitation in the PPT and mSAAT tests, we found no impact of this intervention on the

Table 3. Comparing the experimental and control groups in their pre- and post-rehabilitation dichotic digit test results

Variable		Group	Mean±SD		P*	η_p^2
			Before	After		
Dichotic digits	Right ear	Test	62.37±13.86	66.50±9.23	0.643	0.002
		Control	64.42±11.56	68.65±10.52		
	Left ear	Test	48.03±16.89	57.87±12.59	0.293	0.083
		Control	53.08±14.89	59.52±12.92		

*Covariance test.

Archives of Rehabilitation

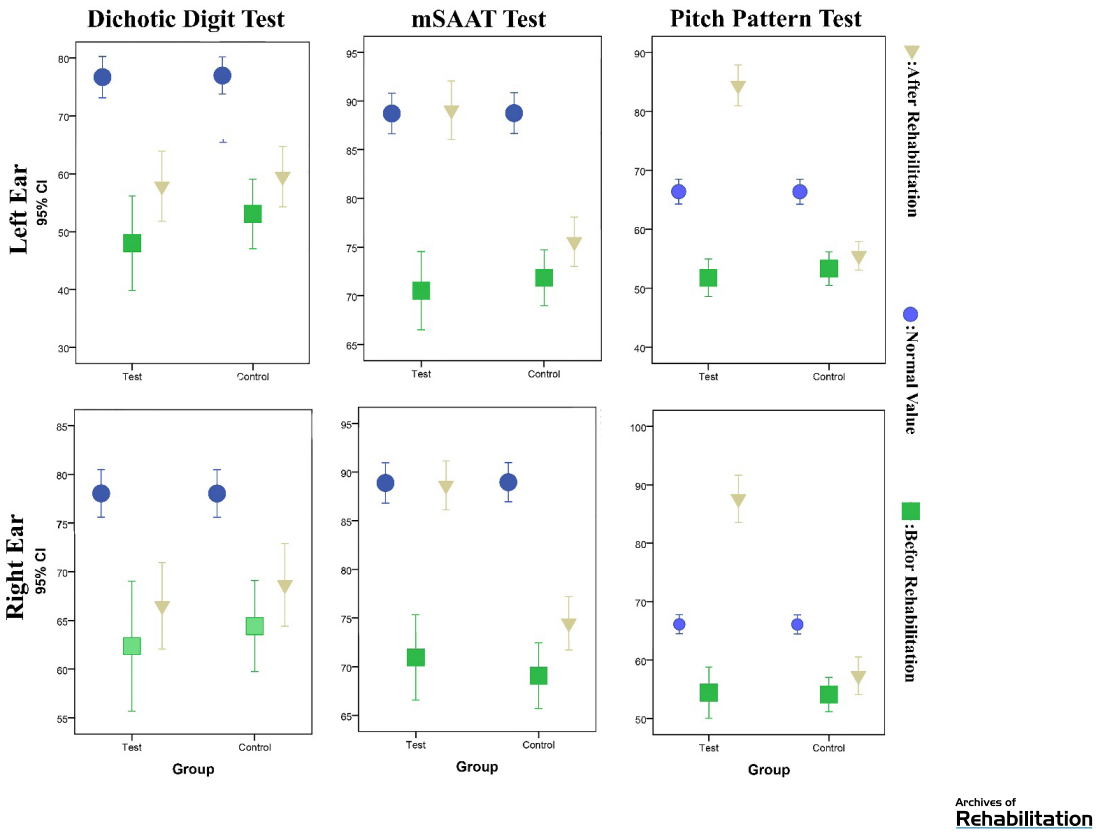


Figure 4. Comparing the results of the PPT, mSAAT, and DDT before and after the intervention in the left and right ears for the control and test groups

DDT results (Table 3). Accordingly, the pitch discrimination-based rehabilitation brought about significant improvement in the DDT outcomes neither for the right (P=0.643) nor for the left ear (P=0.239).

The justification for this finding is the separate processing paths of these two sets, i.e. pitch discrimination and DDT tests follow two different processing paths in the auditory system. As previously mentioned, DDT is sensitive to deficiencies in the brain stem, cerebral cortex, and corpus callosum, while PPT is sensitive to cortical lesions and inter-hemisphere relations [15]. Thus, the pitch discrimination path is separate from the dichotic digit processing path, and expecting that pitch discrimination improvements can directly influence individuals' retrieval of dichotic digits is not supported and rationally accepted (Figure 4).

Pitch discrimination-based rehabilitation and diagnostic auditory processing disorder indices

The comparison of the post-rehabilitation data showed that 7 intervened children (three girls and four boys) were no longer classified into the group of children suspected of APD. None of the seven children manifested a drop of two standard deviations, minimally for one ear, in two administered tests after the pitch discrimination-based rehabilitation. Perhaps, the claim of APD removal in these children is unimaginable; yet, the least achievement of this rehabilitation is that the diagnostic criterion for the presence of APD based on MAPA tests cannot be imagined for about 37%, i.e. over one-third, according to the guidelines of the ASHA (2010) [9]. This means that if these children are assessed by DDT, mSAAT, and PPT tests with a confirmed sensitivity of 90% and specificity of 100% for APD diagnosis [9], they are not classified as APD children according to AAA guidelines if their indices are two standard deviations below the mean, minimally for one ear, in two tests.

Conclusion

Pitch discrimination-based rehabilitation differently impacts MAPA subtests. However, the outcomes revealed salient improvements in some of these tests. The effect of this intervention was to the extent that over one-

third of the children suspected of APD were no longer classified into the APD group based on the employed criteria in this research.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This was approved by the Ethics Committee of the University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences (Code: IR.USWR.REC.1397.087). Before commencement, all participants were briefed on the study's stages, objectives, and methodologies. Upon expressing willingness to participate, each participant formally endorsed an informed written consent form. Strict confidentiality of participant information was upheld throughout the study. Additionally, participants were afforded the autonomy to withdraw from the study at any point without the requirement of furnishing a specific reason.

Funding

The present article was extracted from the PhD dissertation of Yones Lotfi, approved by Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences.

Authors' contributions

Conceptualization and methodology: Mohammadreza Parhizgar, Yones Lotfi, Afsaneh Doosti; Visualization, project management, data collection and writing the initial draft: Mohammadreza Parhizgar; Data analysis: Mohammadreza Parhizgar and Enayatollah Bakhshi; Review, editing and final approval: All authors.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors thank Saeed Tavanger, at Special Education Organization of Fars Province, Iran.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

تأثیر توان‌بخشی شنوایی مبتنی بر تمایز زیر و بمی اصوات بر شاخص‌ها و نتایج آزمون‌های تشخیصی کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی

یونس لطفی[۱]، *محمدرضا پرهیزگار[۱]، افسانه دوستی[۲]، عنایت‌اله بخشی[۳]

۱. گروه شنوایی‌شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران.
۲. گروه شنوایی‌شناسی، مرکز تحقیقات علوم توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم‌پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۳. گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده سلامت اجتماعی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Lotfi Y, Parhizgar M, Doosti A, Bakhshi E. Investigating the Effects of Pitch Discrimination-based Rehabilitation on Indices and Results of Diagnostic Tests of Children Suspected of Auditory Processing Disorder. Archives of Rehabilitation. 2024; 25(2):312-335. https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3790.1

https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3790.1

چکیده

هدف آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی، براساس میزان انحراف نتایج از شاخص‌های استاندارد پردازش شنوایی در افراد با شنوایی هنجار، قادر به تمایز کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی هستند. برخی از این آزمون‌ها مستقیماً با توانایی تمایز زیر و بمی اصوات در ارتباط بوده و برخی نیز می‌توانند به‌طور غیرمستقیم از آن متأثر شوند. آیا این تأثیرات می‌توانند نتایج تشخیصی آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی را تغییر دهند؟ در این پژوهش قصد داریم تأثیر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی را بر روی شاخص‌های تشخیصی آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی بررسی کنیم.

روش بررسی طی این پژوهش، ۱۹ کودک مشکوک به اختلال پردازش شنوایی که براساس آزمون‌های توالی الگوی زیر و بمی اصوات، اعداد دوگانه دوگوشی و توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی تشخیص داده شده‌اند را به‌عنوان گروه آزمایش انتخاب کرده‌ایم. این گروه از کودکان را حداکثر ۳ ماه، هفته‌ای ۲ تا ۳ جلسه، هرجلسه حداکثر ۱ ساعت، تحت آموزش‌های تمایز زیر و بمی اصوات قرار داده و پس از اتمام مراحل توان‌بخشی، آزمون‌های تشخیصی مجدد انجام شدند. ۲۶ کودک با شاخص‌های تشخیص اختلال پردازش شنوایی مشابه با گروه آزمایش را نیز به‌عنوان گروه کنترل انتخاب کردیم. در این گروه هیچ مداخله‌ای صورت نگرفت و بعد از مدت مشابه با روند مداخله، آزمون‌های تشخیصی مجدد در آن‌ها انجام شد. نتایج قبل و بعد از آموزش‌ها در گروه آزمایش با هم و با ۲۶ کودک گروه کنترل مقایسه شد.

یافته‌ها نتایج حاصل از توان‌بخشی مشخصاً بهبودی‌های مؤثری را در آزمون‌های توالی الگوی زیر و بمی و توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی به همراه داشت. نتایج آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی، برای هر دو گوش بهبود مؤثری را در پی توان‌بخشی نشان داد (P=۰/۰۰۱). در نتایج آزمون توالی الگوی زیر و بمی اصوات نیز برای هر دو گوش بهبود مؤثر حاصل از توان‌بخشی مشاهده شد (P=۰/۰۰۱). تأثیرات به نحوی بود که قریب به ۳۷ درصد کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی براساس ملاک تشخیصی استفاده‌شده، از زیرمجموعه این اختلال خارج شدند. بدین‌معنی که با بهبود عملکرد در برخی آزمون‌های تشخیص اختلال پردازش شنوایی، اگر مجدد آزمون‌های مذکور برای آن‌ها اجرا شود، براساس ملاک تشخیص کاربردی در پژوهش، این کودکان فاقد اختلال پردازش شنوایی تشخیص داده می‌شوند.

نتیجه‌گیری توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی اصوات، می‌تواند بر نتایج آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی تأثیر گذارد. به این معنی که برخی کودکان که با چنین آزمون‌هایی تحت عنوان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی دسته‌بندی شده‌اند، پس از مداخله از این زیرمجموعه خارج می‌شوند.

کلیدواژه‌ها اختلال پردازش شنوایی، تمایز زیر و بمی، توان‌بخشی

تاریخ دریافت: ۳۰ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۰ دی ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۱۱ تیر ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**
دکتر محمدرضا پرهیزگار
نشانی: تهران، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه شنوایی‌شناسی.
تلفن: ۹۸۲۸۴۸۵ (۹۳۶) ۹۸+
رایانامه: mohammadrezaparhizgar@yahoo.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

طبق تعریف ارائه‌شده توسط انجمن شنوایی، گفتار و زبان آمریکا، اختلال پردازش شنوایی[1]، مشکلی ناهمگن ناشی از آسیب جنبه‌های مختلف پردازش شنوایی مانند تمایز شنوایی، بازشناسی الگوی شنوایی، جنبه‌های زمانی شنوایی و عملکرد شنوایی در حضور سیگنال‌های رقابتی است [۱] که منجر به علائم و شکایات گوناگون در جمعیت‌های درگیر می‌شود [۲]. در سال ۱۹۶۹ چلفانت و شفلین طی گزارشی از کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی، به مجموعه‌ای از مشکلات در استخراج پیام‌های شنیداری و نارسایی‌ها در درک ویژگی‌های زبرزنجیره‌ای[2] زبان گفتاری و جنبه‌های موسیقیایی اصوات مثل زیر و بمی[3]، نواخت[4] و آهنگ[5] صداها در این کودکان اشاره کردند [۳]. اساساً کودکان دارای مشکل پردازش شنوایی، علی‌رغم آستانه‌های هنجار شنوایی، قادر به درک زیر و بمی اصوات و شبیه‌سازی آهنگ‌ها نیستند و یا اینکه انحراف در ساختار آهنگ‌ها را تشخیص نمی‌دهند [۴].

زیر و بمی تظاهر درکی فرکانس اصوات است. این نشانه درکی، شنونده را قادر می‌کند تا اصوات را بر روی یک مقیاس پایین به بالا دسته‌بندی کند [۵]. بدین معنا که اصوات با مقادیر فرکانسی کم را با زیر و بمی پایین یا در حیطه اصوات بم دسته‌بندی کرده و اصوات با مقادیر فرکانسی زیاد را با زیر و بمی بالا یا در مجموعه اصوات زیر دسته‌بندی کند. اما کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی علی‌رغم شنوایی هنجار، قادر به درک زیر و بمی همانند همسالان هنجار نیستند [۴]. یافته‌ها، درک ضعیف زیر و بمی در کودکان دارای مشکل پردازش شنوایی را تأیید کرده‌اند [۶]. اما استفاده از شیوه‌های کارآمد جهت افزایش توان درک و تمایز زیر و بمی، بهره‌ای مؤثر در حیطه‌های مختلف عملکردی این کودکان به همراه داشته است.کریستوف میشل و همکارانش طی تحقیقی نشان دادند آموزش‌های مبتنی بر تمایز زیر و بمی **بر روند درک گفتار در حضور نویز زمینه کودکان هنجار، تأثیری** مثبت داشته و پس از آموزش، میزان کشف صوت در حضور نویز این کودکان بهبود معناداری را به همراه داشته است [۷].

استفاده از شیوه‌های توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی در بسیاری موارد دیگر ازجمله استفاده از سمعک و کاشت حلزون، نتیجه‌های مثبت را به همراه داشته است. پس این امکان وجود دارد که بهبود تمایز زیر و بمی در کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی، به‌ویژه مواردی که نشانه‌هایی از ضعف تمایز زیر و بمی را نیز به همراه داشته باشند، منجر به افزایش درک زیرمجموعه‌های گفتاری در حضور نویز و الگوهای زیر و بمی این کودکان شود. ارزیابی این توانایی‌ها بخشی از نشانه‌های تشخیصی اختلال پردازش شنوایی است. پرسشزاین پژوهش این است: آیا بهبود تمایز زیر و بمی می‌تواند به تغییر نتایج تشخیصی آزمون اختلال پردازش شنوایی منجر شود؟

در حال حاضر دو مجموعه آزمون، برای ارزیابی و تشخیص اختلال پردازش شنوایی در کودکان وجود دارد [۸]: آزمون غربالگری اختلال پردازش شنوایی[6] و آزمون ارزیابی چندگانه پردازش شنوایی[7]. هدف از این مجموعه تست‌ها، کشف و تشخیص هرچه زودتر اختلال پردازش شنوایی در کودکان، به‌منظور مداخله سریع است [۹].

در تلاش برای تهیه یک مجموعه آزمون رفتاری معتبر، دومیتز و شاو مجموعه‌ای از آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی را برای کودکان سنین دبستان ارائه کردند که همان مجموعه ارزیابی چندگانه پردازش شنوایی است [۹]. دستورالعمل مجموعه آزمون چندگانه پردازش شنوایی حاوی ۴ زیرمجموعه در ۳ حیطه پردازش زمانی، پردازش تک‌گوشی و پردازش دوگوشی شنوایی است:

در حیطه زمانی آزمون توالی الگوی زیر و بمی[8] قرار دارد و آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی[9] نیز حیطه پردازش تک‌گوشی را بررسی می‌کند. از آزمون‌های جملات رقابتی[10] و اعداد دوگانه دوگوشی[11] نیز برای ارزیابی‌های دوگوشی استفاده می‌شود.

بررسی‌های مختلف انجمن گفتار، زبان و شنوایی آمریکا در سال ۲۰۰۵ نشان داد که اجرای ۱ آزمون با ملاک ۳ انحراف معیار یا ۲ آزمون با ملاک ۲ انحراف معیار کمتر از میانگین، برای تشخیص اختلال پردازش شنوایی می‌تواند مفید و مناسب باشد [۱]. این انجمن معیاری دیگر (که در این تحقیق براساس آن عمل شده است) در سال ۲۰۱۰ مطرح کرد. در این دستورالعمل، ملاک تشخیص برای وجود اختلال پردازش شنوایی را امتیاز ۲ انحراف معیار یا بیشتر، پایین‌تر از میانگین هنجار، برای حداقل ۱ گوش، در حداقل ۲ تست رفتاری مرکزی مختلف پیشنهاد می‌کنند [۱۰]. در روند این پژوهش از هر حیطه پردازش شنوایی، طبق دستورالعمل مجموعه آزمون چندگانه پردازش شنوایی، یک زیرآزمون اجرا شد و با درنظر گرفتن ملاک انجمن علمی شنوایی‌شناسی آمریکا (۲۰۱۰) و با پشتوانه یک پرسش‌نامه معتبر، نمونه‌های لازم انتخاب و در فرایند پژوهش وارد شد.

آزمون‌های پردازش شنوایی بسیاری تدوین و طراحی شده‌اند

1.Auditory Processing Disorder (APD)
2. Suprasegmental
3.Phich
4.Rhythm
5.Melody

6. The Screening Test for Auditory processing Disorder (SCAN)
7. The Multiple Auditory Processing Assessment (MAPA)
8. Pitch Pattern Sequence Test
9. Monaural-Selective Auditory Attention Test
10. Competing Sentence
11. Dichotic Digits

بااین‌حال نکته‌ای که برررسی‌ها تأیید کرده‌اند آن است که مجموعه آزمون‌های توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی و توالی الگوی زیر و بمی و اعداد دوگانه دوگوشی، حساسیتی به میزان ۹۰ درصد با ویژگی ۱۰۰ درصد در روند تشخیص اختلال پردازش شنوایی نشان داده‌اند [۹]. براین‌اساس، با تدوین یک برنامه توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی در کودکانی که طبق دستورالعمل مجموعه آزمون ارزیابی چندگانه پردازش شنوایی مشکوک به اختلال پردازش شنوایی بوده‌اند، مطالعه را آغاز کردیم. این کودکان براساس آزمون‌های توالی الگوی زیر و بمی، توجه شنوایی انتخابی تک‌گوشی و اعداد دایکوتیک، مشکوک به اختلال پردازش شنوایی تشخیص داده شده بودند و همچنین ضعف تمایز زیر و بمی نیز در آن‌ها مشاهده می‌شد. طی این پژوهش تأثیر فرایند توان‌بخشی درک شنیداری زیر و بمی اصوات در این کودکان را بر نتایج این ۳ آزمون بررسی کرده و با گروه شاهد مقایسه کردیم.

روش‌ها

نمونه‌ها

این مطالعه در گروه شنوایی‌شناسی دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی طراحی و توسط دبیر کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه / منطقه‌ای (شناسه تأیید: IR.USWR.REC.1397.087, 2018-10-24) تأیید شد و بر روی دانش‌آموزان کلانشهر شیراز با همکاری اداره کل آموزش‌وپرورش استان فارس طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ خورشیدی به اجرا درآمد. قبل از هر مداخله‌ای، کل فرایند برای والدین توضیح داده شد و از آن‌ها رضایت کتبی گرفته شد.

ازآنجایی‌که میزان هنجار تمایز زیر و بمی در کودکان همسن‌وسال وجود نداشت، با نظر مشاور آمار بر مبنای تحقیقات انجام‌شده قبلی یک مطالعه پایلوت برای به دست آوردن حدود تمایز زیر و بمی در کودکان هنجار شنوایی صورت گرفت که در این مطالعه ۳۸ پسر و ۳۷ دختر با میانگین سنی ۱/۴۲±۱۰/۵۹ سال انتخاب شدند. نمونه‌ها ازنظر شنوایی و ارزیابی‌های پردازش شنوایی در محدوده هنجار قرارداشتند. داده‌های هنجار لازم برای تمایز زیر و بمی ازطریق این ارزیابی حاصل شد که ملاک کودکان مبتلا به اختلال پردازش شنوایی برای ورود به توان‌بخشی در نظرگرفته می‌شد.

حجم نمونه براساس شاخص‌های آماری ۴۵ نفر تعیین شد که این افراد اختلال پردازش شنوایی داشته و امتیاز آزمون زیر و بمی کمتری نسبت به معیار هنجار داشته‌اند در مرحله کارآزمایی ۱۹ کودک با میانگین سنی ۰/۸۲۰±۹/۸۷ سال شامل ۷ دختر و ۱۲ پسر به‌عنوان گروه آزمایش و ۲۶ کودک با میانگین سنی ۰/۷۰۵±۹/۵۸ سال شامل ۱۵ پسر و ۱۱ دختر به‌عنوان گروه کنترل حاضر بودند.

شاخص‌ها

معیارهای ورود برای تمامی کودکان به پژوهش شامل این موارد بودند: آستانه‌های تون خالص و درک گفتار در ارزیابی‌های ادیومتریک به میزان ۱۵ دسی‌بل یا کمتر در محدوده فرکانس‌های ۲۵۰ تا ۸۰۰۰ هرتز هر دو گوش و امتیاز تمایز گفتار حداقل ۹۲ درصد برای هر دو گوش؛ عملکرد هنجار گوش میانی تمپانوگرام نوع A؛ امتیاز هوش به میزان ۸۵ یا بالاتر در نسخه فارسی آزمون لیتر[12]؛ تک‌زبانه فارسی‌زبان با والدین تک‌زبانه فارسی‌زبان؛ برتری دست راست [۱۱-۱۳]؛ عدم سابقه آموزش آکادمیک موسیقی؛ عدم سابقه اختلال کمبود توجه بیش‌فعالی[13]، صرع، اختلالات رفتاری یا رشدی، عدم وجود سابقه هرگونه مداخله پزشکی و مشکلات سیستم اعصاب مرکزی.

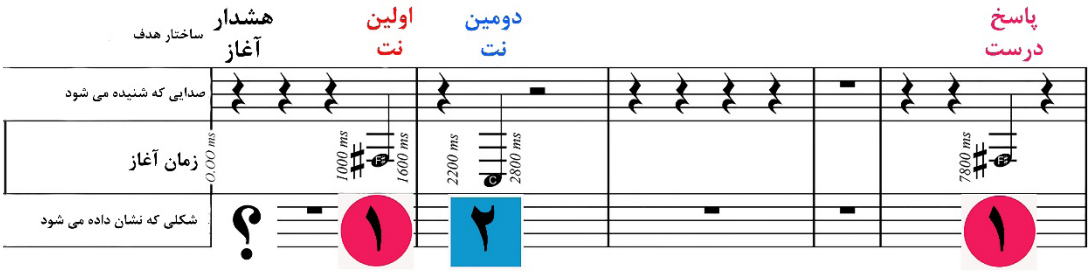
شاخص‌های ویژه کودکان مشکوک به اختلالات پردازش شنوایی علاوه‌بر آستانه‌های تون خالص و درک گفتار در ارزیابی‌های ادیومتریک به میزان ۱۵ دسی‌بل یا کمتر در محدوده فرکانس‌های ۲۵۰ تا ۸۰۰۰ هرتز و امتیاز تمایز گفتار حداقل ۹۲ درصد برای هر دو گوش (کودکان دارای اختلال پردازش شنوایی اساساً در شرایط حضور نویز دچار مشکل درک هستند و از طرفی ضعف تمایز گفتار در شرایط سکوت می‌تواند نشانه‌ای از ضایعه عصبی باشد [۱۲]) و **سایر ملاک‌های فوق، موارد ذیل را نیز** دربر می‌گرفت:

- ضعف حداقل ۲ انحراف معیار برای حداقل ۱ گوش در حداقل دو زیرمجموعه از آزمون‌های مجموعه ارزیابی چندگانه پردازش شنوایی [۱۰]؛
- آستانه تمایز زیر و بمی به میزان حداقل ۲ انحراف معیار P>۰/۹۵ بیشتر از مقادیر هنجار در هر ۴ نت ارزیابی‌شده در پژوهش.

روند ارزیابی تمایز زیر و بمی

به‌منظور ارزیابی تمایز زیر و بمی، برای کودک ۲ نت که فاصله شروع هریک با دیگری ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه بود ارائه می‌شد. مجموع زمان ارائه هر محرک ۶۰۰ میلی‌ثانیه بود. بخشی از این زمان ۶۰۰ میلی‌ثانیه‌ای شامل زمان صعود و زمان نزول محرک بود که هرکدام ۵۰ میلی‌ثانیه طول می‌کشید (**تصویر شماره ۱**). اصوات با استفاده از رایانه و با سرعت نمونه‌گیری ۴۸/۱ کیلوهرتز و با کیفیت ۳۲۰ کیلوبایت بر ثانیه ثبت و ضبط شدند [۱۴]. اصوات با گوشی بیت استودیو ۲[14] توسط لپ‌تاپ ایسوس ان ۴۳ جی[15] ارائه می‌شدند.

12. Leiter
13. Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)
14. Beats Studio 2
15. Asus Lab Top N43J



توانبخشی

تصویر ۱. طرح محرک‌های ارائه‌شده و زمان‌بندی آن‌ها. یک علامت هشدار آمادگی (؟) برای یک ثانیه قبل از ارائه نت‌ها (در اینجا: F#3 و C3) نمایش داده می‌شد. مدت‌زمان هر نت ۶۰۰ میلی‌ثانیه بود که در فواصل زمانی ۶۰۰ میلی‌ثانیه از هم ارائه می‌شد. پس از ارائه نت دوم، کودک ۵۰۰۰ میلی‌ثانیه فرصت داشت تا پاسخ دهد. پاسخ صحیح فقط در فرایند توان‌بخشی به کودک نشان داده می‌شد.

شدت محرکات در سطح ۶۷-۶۸ دسی‌بل SPL تنظیم شد. اصوات ارائه‌شده در حالت دوگوشی همفاز و هم‌زمان ارائه می‌شدند. هم‌زمان با ارائه نت اول یک دایره قرمز که عدد ۱ در وسط آن درج شده به کودک نشان داده می‌شد و هم‌زمان با ارائه نت دوم یک مربع آبی که درون آن عدد ۲ درج شده بود به‌تصویر کشیده می‌شد. به کودک آموزش داده می‌شد که پس از شنیدن صدای دوم، نت زیرتر را مشخص کند. کودک می‌توانست با اشاره به رنگ یا شکل و یا عدد و ترتیب نت‌ها، نت هدف را انتخاب کند. زوج‌ها به‌صورت تصادفی ارائه‌شده و ارزیابی‌ها از فاصله یک اکتاوی آغازمی‌شد. پژوهش مشابه نشان داده است که میزان تمایز زیر و بمی در افراد فاقد هرگونه آموزش موسیقیایی زیر ۱ اکتاو است [۱۵].

یکی از نکات حائز اهمیت در ارزیابی تمایز زیر و بمی، تأثیر حافظه صوتی در این فرایند است. درواقع فرد و یا در اینجا کودک، می‌تواند صوت هدف را به خاطر سپرده و در ادامه تنها با شنیدن صوت هدف و بدون قیاس با صوت دیگر ازلحاظ زیر و بمی، ترتیب آن را بیان کند. ازاین‌رو برای پیشگیری از تأثیر حافظه بر روی به خاطر سپردن نت هدف، کاهش نت‌ها را از گام بالاتر آغاز می‌کردیم و درواقع نت هدف را تغییر می‌دادیم. درپی موفقیت هر مرحله، نت هدف به میزان یک زیر گام[16] کاهش می‌یافت. در سوی مقابل، برای جلوگیری از به خاطر سپردن نت‌های غیرهدف نیز پس از هر ۲ ارزیابی، یک بار نت‌هایی با فواصل باز و خارج از محدوده ارزیابی برای کودک ارائه و روند ارزیابی برای او انجام می‌شد.

از هر زوج نت، ۳ سری ۱۰ تایی برای کودک ارائه می‌شد (تصویر شماره ۲). آستانه کمترین فاصله براساس زیر گام بود که در آن فاصله کودک بتواند به دست‌کم ۲ سری از این ۳ سری به میزان حداقل ۸۰ درصد موارد پاسخ صحیح بدهد (۹۵ درصد =P)

آستانه‌ها برای ۴ نتِ F#3 ۱۸۵ هرتز، C4 ۲۶۲ هرتز، E4 ۳۳۰ هرتز و G4 ۳۹۱ هرتز ارزیابی می‌شدند. این مجموعه نت‌ها به‌صورت دیجیتالی و با پوش یکنواخت براساس نت میانی پیانو C (۲۶۲ هرتز) طراحی شده بودند و در ابزار موسیقیایی و محدوده فرکانسی اصوات انسانی بیشترین فراوانی را دارند [۱۶].

فرایند توان‌بخشی

به‌منظور اجرای توان‌بخشی، اگر آستانه‌های حاصل از هر نت زیر ۱ اکتاو بود، روند توان‌بخشی را از مقادیر ۱ زیر گام پایین‌تر از آستانه شروع می‌کردیم و اگر آستانه برآوردی برای آن نت بالاتر از ۱ اکتاو بود، فرایند توان‌بخشی را از ۱ اکتاو زیر آستانه آغاز می‌کردیم.

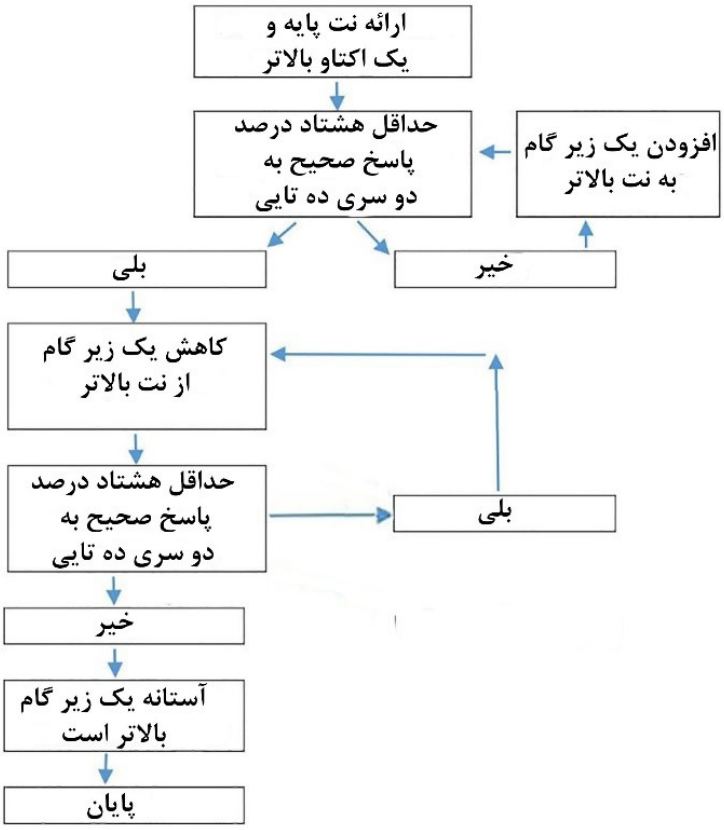
ابتدا همانند مرحله ارزیابی، ۲ نت را پشت‌سر هم ارسال کرده و پس از ارائه، جواب صحیح را برای کودک مشخص کرده و به او نشان می‌دادیم و این فرایند تا حداکثر ۱۰ مرتبه تکرار می‌شد. در مرحله بعد بررسی تأثیر آموزش صورت می‌گرفت. برای ایجاد حس موفقیت و انگیزش همکاری در کودک، فرایند تشویق تصادفی و فعال را پیش می‌گرفتیم.

در مرحله اول همانند شیوه ارزیابی زیر و بمی، ۲ نت تحت آموزش به‌صورت تصادفی برای کودک ارائه می‌شد. کودک می‌بایست نت زیرتر را برای ما مشخص می‌کرد. در صورت بیان پاسخ صحیح، ۳ کارت به کودک داده و در صورت عدم پاسخ صحیح ۱ کارت از وی می‌گرفتیم. هرگاه تعداد کارت‌ها به عدد ۱۰ می‌رسید، کودک این مرحله را با موفقیت می‌گذراند. با این روش کودک حتی به‌صورت تصادفی هم می‌توانست به امتیاز ۱۰ و موفقیت برسد.

پس از موفقیت، وظیفه دشوارتر می‌شد. با هر پاسخ صحیح، ۲ کارت به کودک داده و با هر پاسخ اشتباه ۱ کارت پس گرفته می‌شد. در اینجا نیز به شکلی تصادفی هم کودک می‌توانست نهایتاً به عدد ۱۰ برسد.

اما درنهایت روند اصلی ارزیابی تأثیر توان‌بخشی شروع می‌شد. در این مرحله با هر پاسخ صحیح ۱ کارت به کودک داده و با هر پاسخ اشتباه ۱ کارت پس گرفته می‌شد. ملاک موفقیت در اینجا

16. Semitone



توانبخشی

تصویر ۲. روندنمای ارزیابی آستانه تمایز زیر و بمی که براساس آن مقادیر هنجار تمایز زیر و بمی در کودکان برای ۴ نت کاربردی در پژوهش برآورد شده است.

نیز رسیدن به عدد ۱۰ بود. در این مرحله ۱۶ زوج نت ارائه شده و براین‌اساس، دریافت ۱۰ کارت توسط کودک نشان‌دهنده بیان پاسخ صحیح توسط او در حداقل ۸۰ درصد موارد بود. یعنی کودک در حداقل ۱۳ زوج از ۱۶ زوج ارائه‌شده به‌درستی نت زیرتر را انتخاب کرده است.

درصورت عدم موفقیت، فرایند توان‌بخشی برای همان زوج نت تکرار می‌شد و مجدد ارزیابی‌ها صورت می‌گرفت. در صورت موفقیت، فاصله ۱ زیرگام دیگر برای موارد زیر ۱ اکتاو و ۱ اکتاو برای موارد بالای ۱ اکتاو کاهش می‌یافت و روند مجدد تکرار می‌شد. جلسات توان‌بخشی ۴۰ دقیقه تا حداکثر ۵۰ دقیقه به طول می‌انجامید.

فرایند توان‌بخشی برای هر ۳ نت دیگر با پیانو ادامه می‌یافت با این تفاوت که هر جلسه زیر سطح آستانه به‌دست‌آمده برای آن نت، با استفاده از یک‌سری ۱۰تایی، آستانه مجدد ارزیابی می‌شد. درصورت موفقیت، آستانه با کاهش ۱ زیرگام دیگر، مجدد با یک‌سری دیگر ۱۰تایی ارزیابی می‌شد. در هر سطحی که کودک قادر به تمایز موفق ۸۰ درصد موارد نبود، توان‌بخشی در آن فاصله صورت می‌گرفت.

برای اعمال تأثیر طنین اصوات بر روی تمایز و براساس دسته‌بندی سازها [۱۴، ۱۷] و برحسب میزان دشواری تمایز زیر و بمی سازها [۱۷، ۱۸]، مراحل توان‌بخشی را با سازهای گیتار، ویولون، فلوت و نهایتاً کیبورد ادامه دادیم.

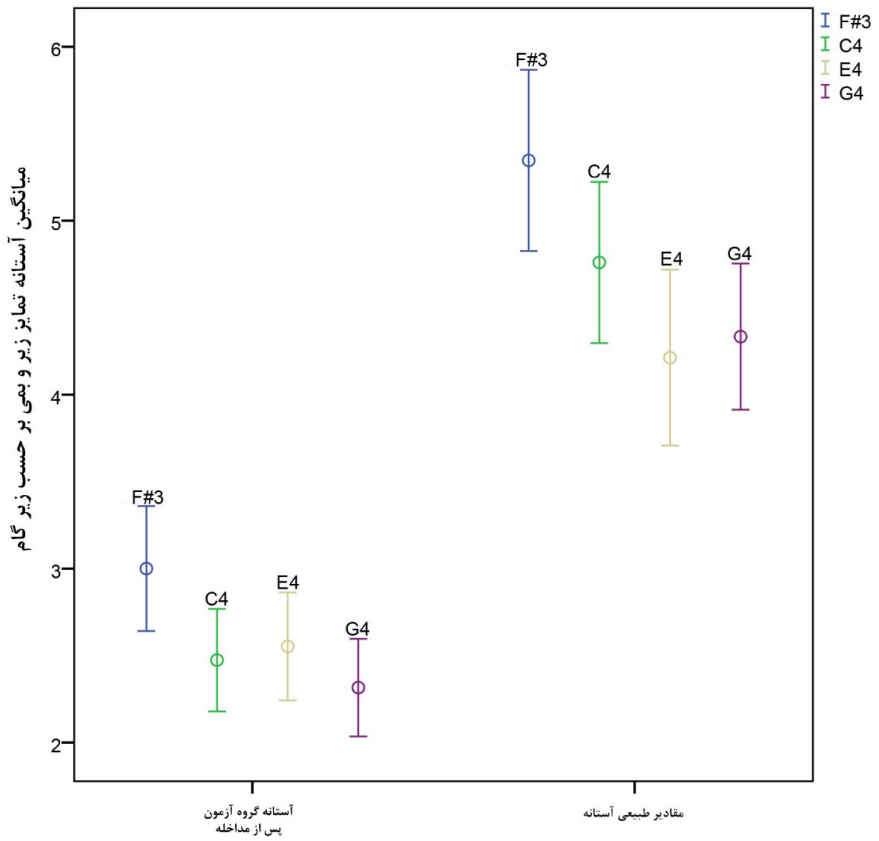
درمجموع برای هر نت از هر ابزار موسیقیایی، یک جلسه ۴۰ تا ۵۰ دقیقه‌ای و درمجموع ۲۰ جلسه توان‌بخشی به‌صورت مداوم و هفته‌ای ۲ تا حد اکثر ۳ جلسه اجرا شد.

آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی

این آزمون از حیطه آزمون‌های تشخیصی تک‌گوشی[17] مجموعه آزمون‌های چندگانه پردازش شنوایی انتخاب شد. آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی از نوع آزمون‌های تک‌گوشی با حشو پایین است که برای اندازه‌گیری مهارت توجه انتخابی در کودکان استفاده می‌شود. از کودکی که در این آزمون دچار ضعف عملکردی است می‌توان انتظار داشت که طی فرایند تمایز گفتار در حضور نویز و گفتار زمینه‌ای نیز مشکل داشته باشد.

این آزمون از ۲ لیست ۲۵ کلمه‌ای تشکیل شده است. لیست‌ها در حضور ۱ داستان رقابتی در نسبت سیگنال به نویز صفر دسی‌بل توسط گوینده مشابه ارائه می‌شوند [۱۹]. نسخه فارسی

17. Monaural



توانبخشی

تصویر ۳. مقایسه میانگین و انحراف معیار تمایز زیر و بمی برحسب زیرگام بعد از توان‌بخشی در گروه آزمایش با مقادیر هنجار به‌دست‌آمده از گروه ارزیابی زیر و بمی. شاخص‌های سمت راست نمودار نشان‌دهنده مقادیر تمایز زیر و بمی به‌دست‌آمده برای ۴ نت ارزیابی‌شده در مطالعه کودکان هنجار است (۷۵ کودک). شاخص‌های سمت چپ نمایانگر میانگین تمایز زیر و بمی در کودکان گروه آزمایش پس از مداخله است (۱۹ کودک).

این آزمون از اعتبار مناسبی جهت ارزیابی مهارت توجه شنوایی انتخابی با شاخص اعتبار محتوایی[18] ۰/۸۸ برخوردار است [۱۹]. آزمون طبق دستورالعمل ارائه‌شده در منبع اصلی در سطح ۵۰ دسی‌بل HL برای هر گوش به شکل مجزا انجام می‌شود [۱۹]. اساساً آزمون‌های تمایز گفتار در حضور نویز یا صداهای زمینه‌ای با هدف بررسی فرایند پردازش حیطه شنیداری[19] انجام شده و مشخصاً به مشکلات ساقه مغز تا قشر شنوایی حساس هستند [۲۰]. نتایج این آزمون براساس درصد تعداد پاسخ صحیح بیان‌شده از جانب کودک در یک لیست ۲۵ گزینه‌ای محاسبه می‌شود.

آزمون اعداد دوگانه دوگوشی

مجموعه تست‌هایی از این قبیل، روند پردازش تجمع ۲ گوش را هدف قرار داده و اساساً به مشکلات ساقه مغز، قشر مغز و جسم پینه‌ای[20] حساس هستند [۲۰]. این تست در سال ۱۹۸۳ توسط میوزیک به نحوی بررسی شد که طی آن ۲ زوج عدد تک‌سیلابی (در زبان انگلیسی از ۱ تا ۱۰ به‌جز عدد ۷)، به‌طور هم‌زمان به هر دو گوش ارائه می‌شد [۲۱]. به هر گوش، ۲ عدد به نحوی ارائه می‌شود که اعداد ترتیبی در هر دو گوش به‌طور هم‌زمان شنیده می‌شوند و فرد بایستی طی زمان ۵ ثانیه پس از ارائه اعداد، هر چهار عدد را تکرار کند. اولین‌بار این شیوه ارزیابی، توسط برودبنت ارائه شد [۲۲]. اعداد در شدت ۵۰ دسی‌بل بالاتر از سطح احساس[21] آستانه تمایز گفتار فرد (۵۰ دسی‌بل SL) ارائه شده و فواصل بین هر زوج اعداد نیز ۰/۵ ثانیه است.

نسخه فارسی این آزمون نیز در سال ۱۳۸۵ تدوین شده است. نسخه فارسی با استفاده از اعداد ۱ تا ۱۰ به جز عدد ۴ انجام می‌شود [۲۳]. این نسخه در سال ۲۰۱۶ برای کودکان ۸ تا ۱۲ سال هنجاریابی شد [۲۴]. طی این پژوهش، ما نیز در سطح ۵۰ دسی‌بل SL باتوجه‌به سطح آستانه درک گفتار، اعداد را ارائه کرده و کودک می‌بایست هر ۴ عدد را تکرار کند. لیست شامل ۸۰ عدد است که به هر گوش ۴۰ عدد تعلق می‌گیرد و با احتساب هر کلمه، ۲/۵ درصد اعتبار، امتیاز کل هر گوش باتوجه‌به تعداد اعداد صحیح بیان‌شده حساب می‌شود.

18. Content-Validity Index (CVI)
19. Auditory Closure
20. Corpus Callosum
21. Sensation Level (SL)

آزمون توالی الگوی زیر و بمی

زمانی که قصد توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی را داریم، بایستی زمینه‌ای از عملکرد زیر و بمی نیز در روند پردازش شنوایی در اختیار داشته باشیم. از سال ۱۹۷۷، زیر و بمی به‌عنوان ابزاری در بررسی توان پردازش شنوایی جایگاه خود را پیدا کرده است [۲۵]. این تست اساساً زیرمجموعه آزمون‌های توالی الگوی زمانی سیستم پردازش شنوایی است [۲۶] و مشخصاً به ضایعات نیمکره مغز و ارتباطات بین۲ نیمکره حساس است [۲۰]. آزمون توالی الگوی زیر و بمی جزو رایج‌ترین آزمون‌های پردازش شنوایی است [۲۷]. این آزمون شامل ۳ تون متوالی است که بسامد یکی از تون‌ها با ۲ تون دیگر متفاوت است [۲۸].

این آزمون اساساً برای بررسی عوارض شنیداری ناشی از ضایعات مغزی طراحی شده بود [۲۹]. عملکرد کودکان در آزمون توالی الگوی زیر و بمی، قویاً تحت تأثیر دستورالعمل زمان‌بندی، تعداد محرکات و نوع پاسخ کودک قرار می‌گیرد [۳۰]. علاوه‌برآن، درک این الگوهای شنیداری، از ویژگی‌های اکوستیکی محرک، توجه، حافظه کاری[۲۲] و تجربه نیز تأثیر می‌پذیرد [۳۱]. نسخه ویژه کودکان این آزمون شامل ۳۰ سری ۳تایی تون از ۲ محرک فرکانس پایین (۸۸۰ هرتز) یا فرکانس بالا (۱۴۳۰ هرتز) است که مدت‌زمان هر تون، ۵۰۰ میلی‌ثانیه و زمان افزایش و کاهش آن‌ها ۱۰ میلی‌ثانیه، فاصله هر دو تون متوالی ۳۰۰ میلی‌ثانیه و فواصل بین هر سری محرک‌های متوالی ۱۰ ثانیه است که در سطح ۵۰ دسی‌بل HL[۲۳] ارائه می‌شوند [۳۲]. در نمونه ویژه بزرگسالان آن که برای سنین ۱۰ سال به بالا است از ۲ بسامد ۸۸۰ هرتز و ۱۱۲۲ هرتز استفاده می‌شود که مدت‌زمان هر تون ۲۰۰ میلی‌ثانیه و فواصل بین آن ۱۵۰ میلی‌ثانیه است و زمان افزایش و کاهش[۲۴] آن نیز ۱۰ میلی‌ثانیه است که فواصل بین هر سری محرکات نیز ۶ ثانیه است [۳۳]. شدت ارائه در پژوهش ما، ۵۰ دسی‌بل HL، حدوداً برابر با سطح شدتی ۷۰ دسی‌بل SPL[۲۵] در این بسامدهاست [۲۸]. برای هر گوش ۳۰ سری سه‌تایی ارائه می‌شود و کودک بایستی الگوی زیر و بمی آن را بیان کند. نتایج این آزمون نیز با محاسبه درصد تعداد سری‌هایی که به‌طور صحیح بیان می‌شوند محاسبه می‌شود.

روش‌های آماری

اعداد و ارقام شامل درصدهای محاسباتی هریک از آزمون‌ها برای هریک از گوش‌ها بود که محاسبات آماری بین نتایج قبل و بعد از توان‌بخشی با استفاده از آزمون کوواریانس[۲۶] صورت می‌گرفت. مقایسه توان تمایز زیر و بمی کودکان، قبل و بعد از توان‌بخشی نیز با استفاده از آزمون فریدمن[۲۷] صورت گرفت. محاسبات نیز با استفاده از نرم‌افزار حرفه‌ای SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها

مطالعه بر روی ۴۵ کودک مشکوک به اختلال پردازش شنوایی انجام شد. شامل ۷ دختر و ۱۲ پسر با میانگین سنی ۰/۸۲۰±۹/۸۷ سال در گروه آزمایش و ۱۱ دختر و ۱۵ پسر در گروه کنترل با میانگین سنی ۰/۷۰۵±۹/۵۸ سال که آزمون شاپیرو ویلک نشان داد هم گروه کنترل (P=۰/۷۱۶) و هم گروه آزمایش (P=۰/۹۸۷) ازنظر سنی دارای توزیع طبیعی هستند. آزمون لون نیز برابری انحراف معیار هر دو گروه را با هم تأیید می‌کرد (P=۰/۹۳۸). آزمون تی مستقل نیز حاکی از عدم تفاوت اختلاف برجسته میانگین ۲ گروه سنی بود (P=۰/۱۵۸). آزمون کای‌دو نیز برابری نسبت پسر به دختر را در ۲ گروه تأیید می‌کرد (P=۰/۷۱۲).

داده‌های تمایز زیر و بمی در گروه آزمایش با مقادیر هنجار با استفاده آزمون یو من‌وبتنی مقایسه شدند **(تصویر شماره ۳)**. ارزیابی پس از توان‌بخشی داده‌ها بهبود مشخص میزان تمایز زیر و بمی را در مقایسه با مقادیر هنجار نشان می‌دادند (P=۰/۰۰۱).

درپی بهبود میزان تمایز زیر و بمی در این کودکان، شاید قابل‌انتظارترین نتیجه، بهبود عملکرد کودک در آزمون الگوی زیر و بمی بود که طبق برآوردها، این مهم به واقعیت پیوست **(جدول شماره ۱)**.

اما بخش دیگری از ارزیابی‌ها شامل آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی بود. ارزیابی شامل تمایز مفاهیم کلمات گفتاری در حضور یک گفتار زمینه‌ای است. درواقع آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی نوعی آزمون درک گفتار در حضور نویز زمینه است. ارزیابی‌ها در این مجموعه نیز حاکی از بهبودی معنادار میزان تمایز گفتار در حضور سروصدای زمینه، پس از فرایند مؤثر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی است **(جدول شماره ۲)**.

آخرین مجموعه از این سری، آزمون اعداد دوگانه دوگوشی است. این آزمون در زیرمجموعه آزمون‌های دوگوشی قرار می‌گیرد که مستلزم توانایی کودک در پردازش مجزای هر گوش و بازیابی گفتمان‌های متفاوت هر دو گوش است و تحلیل آماری نتایج قبل و بعد از توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی، هیچ‌گونه بهبودی آماری **را در این مجموعه آزمون** نشان نمی دهد **(جدول شماره ۳)**.

22. Working Memory
23. Hearing Level
24. Rising and Falling Time
25. Sound Pressure Level
26. Co - Variance
27. Friedman

جدول ۱. قیاس آماری نتایج آزمون توالی الگوی زیر و بمی گروه آزمایش با گروه کنترل، قبل و بعد از توان‌بخشی

آزمون	گو	گروه	میانگین±انحراف معیار		P*	مربع اِتا
			قبل از مداخله	بعد از مداخله		
توالی الگوی زیر و بمی	راست	آزمایش	۵۴/۴۲±۹/۱۰	۸۷/۶۰±۸/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۸۳۹
		کنترل	۵۴/۰۹±۷/۲۷	۵۷/۳۱±۷/۲۷		
	چپ	آزمایش	۵۱/۷۶±۶/۶۱	۸۴/۴۰±۸/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۸۵۲
		کنترل	۵۳/۳۳±۷/۲۷	۵۵/۵۰±۶/۰۳		

*براساس آزمون کوواریانس

توانبخشی

بحث

تأثیر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی بر نتایج آزمون توالی الگوی زیر و بمی

طی پژوهشی هدفمند، هبلاری آپِلسدات اقدام به بررسی تأثیرات آموزش‌های درک آهنگین[28]، بر تمایز زیر و بمی کرد. نتیجه کار وی هیچ نشانه‌ای از بهبود تمایز زیر و بمی را در کودکان به همراه نداشت، اما به جای آن، آموزش‌ها منجر به بهبود بارز و معنادار آزمون توالی الگوی زیر و بمی شد [۳۴]. داده‌های جدول شماره ۱ به‌خوبی آشکار می‌کند که فرایند توان‌بخشی و مداخله، تأثیر مثبت و مستقیم بر نتایج ارزیابی‌های توالی الگوی زیر و بمی، آن هم در کودکان دارای اختلال پردازش شنوایی به جای گذاشته است. هر ۲ گوش این کودکان از روند توان‌بخشی تأثیر پذیرفته و مقادیر بهبود معناداری را درپی داشته‌اند (P=۰/۰۰۱). کلیه کودکان تحت مداخله، پس از توان‌بخشی، نتایج ارزیابی تشخیص توالی الگوی زیر و بمی خود را در محدوده هنجار برآوردی و مشخصاً بهتر از آن نشان می‌دادند. ازاین‌رو اولین دستاورد موفقیت طرح مداخله مبتنی بر تمایز زیر و بمی، حذف یکی از شاخص‌های اختلال پردازش شنوایی در این کودکان بود. این بدان معناست که در بسیاری از این کودکان، یکی از شاخص‌های اختلال پردازش شنوایی در هیچ‌یک از گوش‌ها، بلافاصله پس از توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی، مشاهده نمی‌شود (تصویر شماره ۴).

تأثیر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی بر نتایج آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی

همچنان که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود، در پی اجرای توان‌بخشی، درصد تمایز آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی، هم برای گوش چپ و هم گوش راست (تصویر شماره ۴)، بهبودی معناداری را به‌همراه داشته است (P =۰/۰۰۱).

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، این آزمون از لیست‌های ۲۵ کلمه‌ای تشکیل شده است که در حضور یک داستان رقابتی در نسبت سیگنال به نویز صفر دسی‌بل توسط خود گوینده متن بیان می‌شود [۱۹]. وجود گوینده یکسان، هم به‌عنوان صدای زمینه و مغشوش‌گر و هم گفتار هدف، می‌تواند چالشی دوگانه برای تمایز گفتار در حضور نویز زمینه‌ای باشد.اول اینکه همانند سایر آزمون‌ها، کودک بایستی گفتار هدف را از گفتار زمینه‌ای تمایز دهد. دوم اینکه هر ۲ گفتار توسط یک فرد با فرکانس پایه صوتی مشابه ارائه می‌شود.

یکی از تئوری‌هایی که براساس آن بهبود درک گفتار موسیقی‌دان‌ها در حضور نویز را توجیه می‌کنند، استحکام و پایداری درکی[29] است [۳۵]. استحکام و پایداری درکی، توانایی‌های درونی و باثباتی هستند که در پاسخ به تکرار محرکات شکل می‌گیرند. مثلاً در طول وظایف تمایز بسامد، اگر تون مرجع بدون تغییر بماند، آستانه‌های بهتری نسبت به زمانی که تون مرجع به‌طور مداوم تغییر می‌کند به همراه خواهد داشت [۳۶]. یک استدلال مطرح‌شده برای مزیت استحکام درکی آن است که یک تون مرجع پایدار، منجر به تشکیل یک استحکام درکی قوی‌تر در راستای کشف تون آزمون می‌شود و ازاین‌رو منجر به بهبود تمایز درکی می‌شود [۳۷]. توانایی ایجاد یک استحکام درکی در گفتار گوینده به دنبال ارتقای تمایز زیر و بمی، کلیدی برای بهبود درک سیگنال هدف در حضور نویز زمینه در نظر گرفته می‌شود [۳۸]. این پدیده پس از بهبود تمایز زیر و بمی حاصل از توان‌بخشی در کودکان می‌تواند پیگیری صوت هدف پایدار و مشخص در سروصدای زمینه را برای کودک تسهیل کرده و منجر به بهبود امتیاز درک گفتار در وی شود.

در سال ۲۰۱۷، آناستازیا جی سارِس نیز طی بررسی ارتباط پردازش زیر و بمی و زمان با گفتار و محرکات تونال، مشخصاً به ارتباط بین توجه و توانایی تمایز زیر و بمی و تمایز زمانی اشاره کرد. این پژوهش اساساً به این نکته اشاره کرد که نوازندگی[30]

28. Melodic Perception

29. Perceptual Anchoring
30. Musisianship

جدول ۲. قیاس آماری نتایج آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی گروه آزمایش با گروه کنترل، قبل و بعد از توان‌بخشی

آزمون	گوش	گروه	میانگین±انحراف معیار		P*	مربع اِتا
			قبل از مداخله	بعد از مداخله		
توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی	راست	آزمایش	۷۰/۹۵±۹/۱۰	۸۸/۶۳±۵/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۶۶۹
		کنترل	۶۹/۰۸±۸/۳۶	۷۴/۴۶±۶/۸۰		
	چپ	آزمایش	۷۰/۵۳±۸/۳۵	۸۹/۰۵±۶/۲۳	۰/۰۰۱	۰/۶۶۸
		کنترل	۷۱/۸۵±۷/۱۱	۷۵/۵۴±۶/۲۳		

*براساس آزمون کوواریانس

توانبخشی

به‌تنهایی نمی‌تواند با توجه ارتباط مستقیم داشته باشد، بلکه آموزش‌های مرتبط با موسیقی است که می‌تواند تأثیر مثبت بر توجه مستقیم یا غیرمستقیم داشته باشد [۳۹]. پس نتیجه‌ای که از داده‌های حاصل در این بخش می‌گیریم آن است که آموزش تمایز زیر و بمی می‌تواند توجه و تمرکز کودک را در فرایند شنوایی، افزایش‌داده و بهبود بخشد. همین بهبود توجه می‌تواند مسیر بهبود درک گفتار در حضور نویز برای آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی را نیز تسهیل کند. تأثیر این توان‌بخشی به‌نحوی است که در گوش راست نتایج آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی قریب به ۳۷ درصد از مواردی که پیش از مداخله دچار ضعف بیش از ۲ انحراف از مقادیر هنجار بودند از این محدوده خارج شده و در گوش چپ نیز نزدیک به ۷۸ درصد از موارد مشابه از محدوده ضعف توصیفی خارج شدند.

پس مزایای حاصل از توان‌بخشی و بهبود تمایز زیر و بمی، می‌توانند با افزایش توجه حاصل از توان‌بخشی تمایز زیر و بمی، نتایج آزمون توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی را تحت تأثیر قرار داده و امتیازات آن را افزایش دهند.

تأثیر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی بر نتایج آزمون اعداد دوگانه دوگوشی

در پی ۲ نتیجه مؤثر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی در آزمون‌های توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی و توالی الگوی زیر و بمی، نتیجه معناداری دیگر، عدم مشاهده هرگونه تأثیر حاصل از توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی بر نتایج آزمون اعداد دوگانه دوگوشی بود **(جدول شماره ۳)**. درپی اجرای توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی، هیچ‌گونه بهبودی معنادار، برای گوش راست (P=۰/۶۴۳) **و برای گوش چپ** (P=۰/۲۳۹) در آزمون اعداد دوگانه دوگوشی مشاهده نشد **(تصویر شماره ۴)**.

تنها توجیه این نتایج، مسیر مجزای پردازش این ۲ مجموعه است، به این معنی که تمایز زیر و بمی و آزمون اعداد دوگانه دوگوشی، ۲ مسیر پردازش مختلف را در سیستم شنوایی در پیش می‌گیرند. همان‌گونه که پیش‌تر هم بیان شد، آزمون اعداد دوگانه دوگوشی به ضایعات قشر مغز و ساقه مغز حساس است، اما آزمون توالی الگوی زیر و بمی به ضایعات نیمکره مغز و ارتباطات بین ۲ نیمکره حساس است [۲۰]. پس دور از انتظار نیست که مسیر تمایز زیر و بمی نیز از مسیر پردازش اعداد دوگانه دوگوشی مجزا بوده و انتظار از اینکه بهبود تمایز زیر و بمی بتواند مستقیماً بازخوانی اعداد دوگانه دوگوشی را در فرد تحت تأثیر قرار دهد شاید پشتوانه و منطق قابل قبول و معقولی نداشته باشد.

تأثیر توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی بر شاخص‌های تمایز آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی

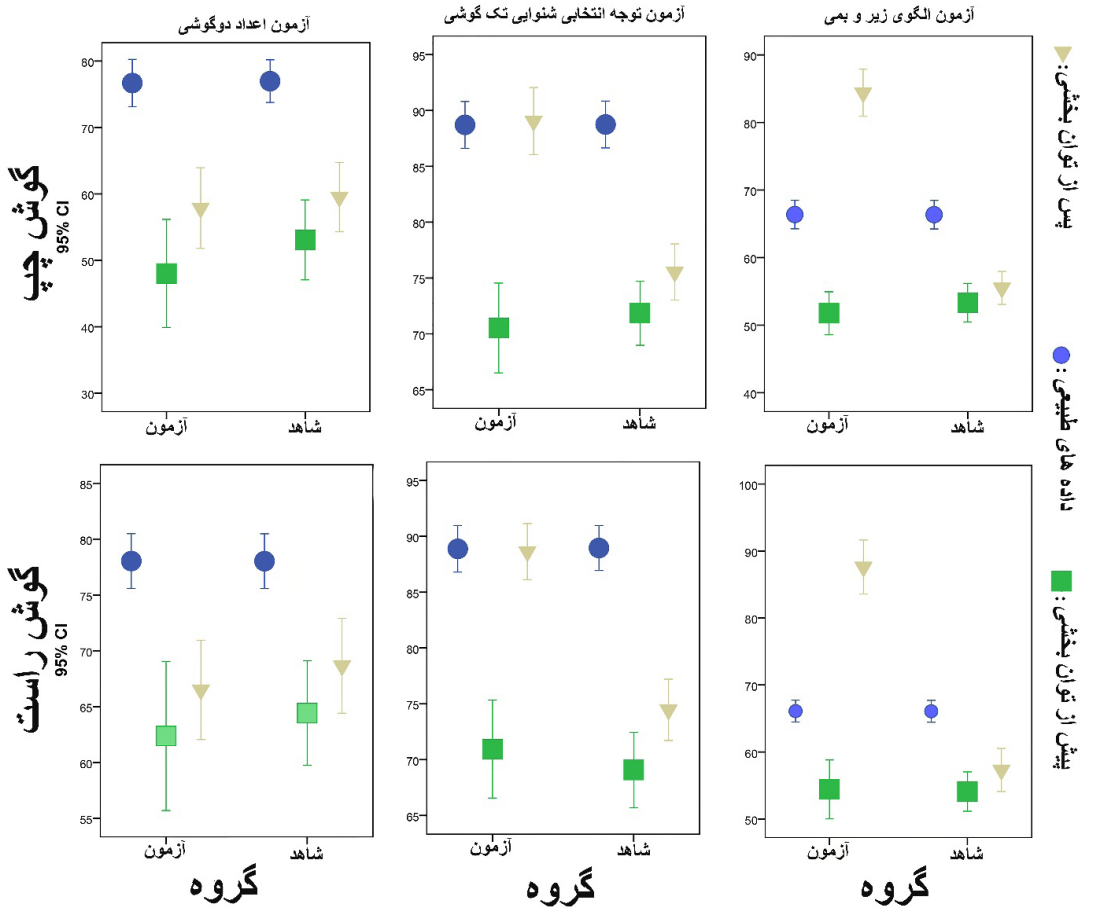
مقایسه داده‌ها پس از توان‌بخشی نشان می‌داد از ۱۹ کودک تحت توان‌بخشی، ۷ کودک (۳ دختر و ۴ پسر) براساس تعریف

جدول ۳. قیاس آماری نتایج آزمون اعداد دوگانه گروه آزمایش با گروه کنترل، قبل و بعد از توان‌بخشی

آزمون	گوش	گروه	میانگین±انحراف معیار		P*	مربع اِتا
			قبل از مداخله	بعد از مداخله		
اعداد دوگانه دوگوشی	راست	آزمایش	۶۲/۳۷±۱۳/۸۶	۶۶/۵۰±۹/۲۳	۰/۶۴۳	۰/۰۰۲
		کنترل	۶۴/۴۲±۱۱/۵۶	۶۸/۶۵±۱۰/۵۲		
	چپ	آزمایش	۴۸/۰۳±۱۶/۸۹	۵۷/۸۷±۱۲/۵۹	۰/۲۹۳	۰/۰۸۳
		کنترل	۵۳/۰۸±۱۴/۸۹	۵۹/۵۲±۱۲/۹۲		

*براساس آزمون کوواریانس

توانبخشی



توانبخشی

تصویر ۴. قیاس نتایج ارزیابی‌های آزمون‌های توالی الگوی زیر و بمی، توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی و اعداد دوگانه دوگوشی قبل و بعد از مداخله در ۲ گوش چپ و راست برای هر ۲ گروه کنترل (۲۶ کودک) و آزمایش (۱۹ کودک) و مقادیر هنجار به‌دست‌آمده از گروه ارزیابی زیر و بمی (۷۵ کودک)

پژوهشی ما از زیرمجموعه کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی خارج شده‌اند. درواقع، هیچ‌یک از این ۷ کودک افتی به میزان ۲ انحراف معیار در حداقل ۲ زیرمجموعه آزمون اجراشده برای حداقل ۱ گوش را پس از روند توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی نشان ندادند. شاید ادعای حذف اختلال پردازش **شنوایی در این کودکان قابل‌تصور نباشد، اما کمترین دستاورد این توان‌بخشی آن است که طبق راهنمایی انجمن علمی شنوایی‌شناسی آمریکا در سال ۲۰۱۰، ملاک تشخیصی برای حضور اختلال پردازش شنوایی طی ارزیابی‌ها مبتنی بر مجموعه آزمون ارزیابی چندگانه پردازش شنوایی، برای نزدیک به ۳۷ درصد، یعنی بیش از یک‌سوم آن‌ها، متصور نخواهیم بود** [۱۰]. این بدان معناست که اگر این کودکان با استفاده از آزمون‌های توالی الگوی زیر و بمی، توجه انتخابی شنوایی تک‌گوشی و اعداد دوگانه دوگوشی که حساسیت ۹۰ درصد و ویژگی ۱۰۰ درصد تشخیصی آن‌ها در تشخیص اختلالات پردازش شنوایی تأیید شده است [۱۰]، ارزیابی شوند، براساس راهنمایی انجمن علمی شنوایی‌شناسی آمریکا در سال ۲۰۱۰ با شاخص حداقل ۲ انحراف معیار از مقادیر هنجار در حداقل ۲ آزمون برای حداقل ۱ گوش [۱۰]، در زیرمجموعه کودکان دارای اختلال پردازش شنوایی قرار نمی‌گیرند.

نتیجه‌گیری

توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی، تأثیرات متفاوتی را بر زیرمجموعه آزمون‌های ارزیابی چندگانه پردازش شنوایی دارد، اما مشخصاً در برخی از این آزمون‌ها، نتایج، بهبودهای برجسته‌ای را نشان دادند. تأثیر این مداخله در حدی بود که حتی بیش از یک‌سوم کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی حاضر، بلافاصله پس از مداخله، براساس ملاک‌های استفاده‌شده در این پژوهش از زیرمجموعه تشخیصی اختلال پردازش شنوایی خارج شدند.

محدودیت‌های پژوهش

یکی از محدودیت‌های این پژوهش، انحصار آن بر کودکان دارای ضعف تمایز زیر و بمی بود. تمامی کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی دارای ضعف تمایز زیر و بمی نیستند.

پس شاید نتوان نتایج این پژوهش را به تمامی کودکان مشکوک به اختلال پردازش شنوایی بسط داد.

نکته دیگر محدود بودن نتایج به ۳ آزمون اختلال پردازش شنوایی است که مشخص نمی‌کند آیا سایر آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی نیز از این مسیر توان‌بخشی متأثر می‌شوند یا نه؟ به‌هرحال مشخص شدن تأثیر این فرایند توان‌بخشی بر روی سایر آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی می‌تواند مسیرهای پردازش این آزمون‌ها و نقاط مشترک آن‌ها با تمایز زیر و بمی را آشکار کند.

پیشنهادات

براساس محدودیت‌های بیان‌شده، یکی از پیشنهادات می‌تواند بررسی تأثیر توان‌بخشی تمایز زیر و بمی بر نتایج این آزمون‌ها در کودکان دارای اختلال پردازش شنوایی باشد که ضعف بارزی در تمایز زیر و بمی آن‌ها به چشم نمی‌خورد. از سوی دیگر تأثیر این توان‌بخشی را می‌توان بر سایر آزمون‌های اختلال پردازش شنوایی بررسی کرد.

باتوجه‌به گستره برجسته ساختار پردازش شنوایی، پیشنهاد دیگر می‌تواند بررسی توان‌بخشی مبتنی بر تمایز زیر و بمی در موارد دارای اختلال پردازش شنوایی و ضعف درک گفتار به‌ویژه در حضور نویز زمینه باشد. تأثیر چنین فرایند توان‌بخشی‌ای در سایر جنبه‌های توان‌بخشی ازجمله استفاده از سمعک نیز می‌تواند مسیرهای گسترده‌ای را برای پژوهش فراهم آورد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

کمیته اخلاق **دانشگاه علوم توان‌بخشی و سلامت اجتماعی** (IR.USWR.REC.1397.087, 2018-10-24) این مطالعه را تأیید کرده است. قبل از شروع، همه شرکت‌کنندگان درمورد مراحل، اهداف و روش‌های مطالعه آگاه می‌شدند و سپس در صورت رضایت برای شرکت در پژوهش حاضر تمام افراد شرکت‌کننده رضایت‌نامه آگاهانه کتبی را امضا می‌کردند. اطلاعات مرتبط با شرکت‌کنندگان محرمانه باقی می‌ماند. همچنین آن‌ها اجازه داشتند در هر زمان بدون ارائه دلیل خاصی مطالعه را ترک کنند.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره دکتری تخصصی شنوایی‌شناسی محمدرضا پرهیزگار در گروه شنوایی‌شناسی **دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی** است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی و نظارت: محمدرضا پرهیزگار، یونس لطفی و افسانه دوستی؛ روش‌شناسی: محمدرضا پرهیزگار و یونس لطفی؛ تحقیق و بررسی، نگارش پیش‌نویس، بصری‌سازی، منابع و مدیریت پروژه: محمدرضا پرهیزگار؛ تحلیل: محمدرضا پرهیزگار و عنایت‌اله بخشی؛ ویراستاری و نهایی‌سازی: همه نویسندگان.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع نداشته است.

تشکر و قدردانی

از همکاری سعید توانگر در **اداره آموزش استثنائی فارس** بسیار سپاسگزاریم.

References

[1] Ptok M. [(Central) auditory processing disorders. Remarks on the ASHA Technical Report (German)]. HNO. 2006; 54(1):6-8. [DOI:10.1007/s00106-005-1334-y] [PMID]

[2] Moore DR. Auditory processing disorders: Acquisition and treatment. Journal of Communication Disorders. 2007; 40(4):295-304 [DOI:10.1016/j.jcomdis.2007.03.005] [PMID]

[3] Chalfant JC, Scheffelin MA. Central processing dysfunctions in children: A review of research. New York: U.S. National Institutes of Health; 1970. [Link]

[4] Braun A, McArdle J, Jones J, Nechaev V, Zalewski C, Brewer C, et al. Tune deafness: Processing melodic errors outside of conscious awareness as reflected by components of the auditory ERP. Plos One. 2008; 3(6):e2349. [DOI:10.1371/journal.pone.0002349] [PMID] [PMCID]

[5] ANSI. American National Standard: Acoustical Terminology. New York: The Acoustical Society of America; 1994. [Link]

[6] Aying J. The benefits of music education: An overview of current Neuroscience research. Toronto: The Royal Conservatory of Music; 2014. [Link]

[7] Micheyl C, Delhommeau K, Perrot X, Oxenham AJ. Influence of musical and psychoacoustical training on pitch discrimination. Hearing Research. 2006; 219(1-2):36-47. [DOI:10.1016/j.heares.2006.05.004] [PMID]

[8] Schow RL, Seikel JA, Chermak GD, Berent M. Central auditory processes and test measures: ASHA 1996 revisited. American Journal of Audiology. 2000; 9(2):63-8. [DOI:10.1044/1059-0889(2000/013)] [PMID]

[9] Domitz DM, Schow RL. A new CAPD battery--multiple auditory processing assessment: Factor analysis and comparisons with SCAN. American Journal of Audiology. 2000; 9(2):101-11. [DOI:10.1044/1059-0889(2000/012)] [PMID]

[10] American Academy of Audiology. American Academy of Audiology clinical practice guidelines: Diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder. Fairfax: American Academy of Audiology; 2010. [Link]

[11] Khalfa S, Veuillet E, Collet L. Influence of handedness on peripheral auditory asymmetry. The European Journal of Neuroscience. 1998; 10(8):2731-7. [DOI:10.1046/j.1460-9568.1998.00286.x] [PMID]

[12] Lagacé J, Jutras B, Gagné JP. Auditory processing disorder and speech perception problems in noise: Finding the underlying origin. American Journal of Audiology. 2010; 19(1):17-25. [DOI:10.1044/1059-0889(2010/09-0022)] [PMID]

[13] McKeever WF, VanDeventer AD. Visual and auditory language processing asymmetries: Influences of handedeness, familial sinistrality, and sex. Cortex. 1977; 13(3):225-41. [DOI:10.1016/S0010-9452(77)80033-6] [PMID]

[14] Horbach M, Verhey JL, Hots J. On the pitch strength of bandpass noise in normal-hearing and hearing-impaired listeners. Trends in Hearing. 2018; 22:2331216518787067. [DOI:10.1177/2331216518787067] [PMID] [PMCID]

[15] McClaskey CM. Standard-interval size affects interval-discrimination thresholds for pure-tone melodic pitch intervals. Hearing Research. 2017; 355:64-69. [DOI:10.1016/j.heares.2017.09.008] [PMID] [PMCID]

[16] Nimmons GL, Kang RS, Drennan WR, Longnion J, Ruffin C, Worman T, et al. Clinical assessment of music perception in cochlear implant listeners. Otology & Neurotology. 2008; 29(2):149-55. [DOI:10.1097/mao.0b013e31812f7244] [PMID] [PMCID]

[17] Weisser S, Quanten M. Rethinking musical instrument classification: Towards a modular approach to the Hornbostel-Sachs system. Yearbook for Traditional Music. 2011; 43:122-45. [DOI:10.5921/yeartradmusi.43.0122]

[18] Mansouri P. [The basic theory of music (Persian)]. Tehran: Karnameh; 2017. [Link]

[19] Aarabi S, Jarollahi F, Jalaie S. Development and determination of the validity of Persian version of monaural selective auditory attention test in learning disabled children. Auditory and Vestibular Research. 2016.; 25(1):49-54. [Link]

[20] Tillery K. Central auditory processing evaluation: A test battery approach. In: Katz J, Medwetsky L, Burkard R, Hood L, editors. Handbook of clinical audiology. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. [Link]

[21] Musiek FE. Assessment of central auditory dysfunction: the dichotic digit test revisited. Ear and Hearing. 1983; 4(2):79-83. [DOI:10.1097/00003446-198303000-00002] [PMID]

[22] Broadbent DE. The role of auditory localization in attention and memory span. Journal of Experimental Psychology. 1954; 47(3):191-6. [DOI:10.1037/h0054182] [PMID]

[23] Rajabpur E, Hajiablohasan F, Tahai SAA, Jalaie S. [Development of the Persian single dichotic digit test and its reliability in 7-9 year old male students (Persian)]. Bimonthly Audiology. 2014; 23(5):68-77. [Link]

[24] Rezapour M, Abdollahi FZ, Delphi M, Lotfi Y, Bakhshi EA. [Normalization and reliability evaluation of persian version of two-pair dichotic digits in 8 to 12-year-old children (Persian)]. Iranian Rehabilitation Journal. 2016; 14(2):115-20. [DOI:10.18869/nrip.irj.14.2.115]

[25] Pinheiro ML. Tests of central auditory function in children with learning disabilities. Central Auditory Dysfunction. 1977; 223-56. [Link]

[26] McDermott EE, Smart JL, Boiano JA, Bragg LE, Colon TN, Hanson EM, et al. Assessing auditory processing abilities in typically developing school-aged children. Journal of the American Academy of Audiology. 2016; 27(2):72-84. [DOI:10.3766/jaaa.14050] [PMID]

[27] Smart JL, Kuruvilla-Mathew A, Kelly AS, Purdy SC. Assessment of the efferent auditory system in children with suspected auditory processing disorder: The middle ear muscle reflex and contralateral inhibition of OAEs. International Journal of Audiology. 2019; 58(1):37-44. [DOI:10.1080/14992027.2018.1523578] [PMID]

[28] Musiek FE. Frequency (pitch) and duration pattern tests. Journal of the American Academy of Audiology. 1994; 5(4):265-8. [PMID]

[29] Musiek F, Pinheiro M. Frequency patterns in cochlear, brainstem, and cerebral lesions. Audiology. 1987; 26(2):79-88. [DOI:10.3109/00206098709078409]

[30] Shinn JB. Temporal processing: The basics. The Hearing Journal. 2003; 56(7):52. [DOI:10.1097/01.HJ.0000292557.52409.67]

[31] Alain C, Woods DL. Attention modulates auditory pattern memory as indexed by event-related brain potentials. Psychophysiology. 1997; 34(5):534-46. [DOI:10.1111/j.1469-8986.1997.tb01740.x] [PMID]

[32] Balen SA, Moore DR, Sameshima K. Pitch and duration pattern sequence tests in 7- to 11-year-old children: Results depend on response mode. Journal of the American Academy of Audiology. 2019; 30(1):6-15. [DOI:10.3766/jaaa.16132] [PMID] [PMCID]

[33] Musiek FE. The frequency pattern test: A guide. The Hearing Journal. 2002; 55(6):58-66. [DOI:10.1097/01.HJ.0000293280.99394.dd]

[34] Apfelstadt H. Effects of melodic perception instruction on pitch discrimination and vocal accuracy of kindergarten children. Journal of Research in Music Education. 1984; 32(1):15-24. [DOI:10.2307/3345277]

[35] Ahissar M. Dyslexia and the anchoring-deficit hypothesis. Trends in Cognitive Sciences. 2007; 11(11):458-65. [DOI:10.1016/j.tics.2007.08.015] [PMID]

[36] Harris JD. Discrimination of pitch; suggestions toward method and procedure. The American Journal of Psychology. 1948; 61(3):309-22. [DOI:10.2307/1417151] [PMID]

[37] Ahissar M, Lubin Y, Putter-Katz H, Banai K. Dyslexia and the failure to form a perceptual anchor. Nature Neuroscience. 2006; 9(12):1558-64. [DOI:10.1038/nn1800] [PMID]

[38] Best V, Ozmeral EJ, Kopco N, Shinn-Cunningham BG. Object continuity enhances selective auditory attention. Proc Natl Acad Sci USA. 2008; 105(35):13174-8. [DOI:10.1073/pnas.0803718105] [PMID] [PMCID]

[39] Sares AG, Foster NEV, Allen K, Hyde KL. Pitch and time processing in speech and tones: The effects of musical training and attention. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2018; 61(3):496-509. [DOI:10.1044/2017_JSLHR-S-17-0207] [PMID]