

## Research Paper

## Developing a Serial Search Task to Evaluate Procedural Memory and Investigating the Relationship Between Procedural Memory and Grammar in Farsi-speaking Children: A Preliminary Study

Maryam Malekian<sup>1</sup> , Yalda Kazemi<sup>2</sup> , Akram Ahmadi<sup>3</sup> , \*Talieh Zarifian<sup>1</sup>

1. Department of Speech Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences-International Campus, Tehran, Iran.
2. Department of Speech Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences and Health Services, Isfahan, Iran.
3. Department of Speech Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Babol University of Medical Sciences and Health Services, Babol, Iran.



**Citation** Malekian M, Kazemi Y, Ahmadi A, Zarifian T. [Developing a Serial Search Task to Evaluate Procedural Memory and Investigating the Relationship Between Procedural Memory and Grammar in Farsi-speaking Children: A Preliminary Study (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2023; 23(4):540-559. <https://doi.org/10.32598/RJ.23.4.3445.2>

<https://doi.org/10.32598/RJ.23.4.3445.2>



## ABSTRACT

**Objective** Procedural memory is a key component of long-term memory that can be assessed in different modalities, such as verbal and motor. Learning through procedural memory occurs in three stages: initial learning, consolidation, and retention. Several tasks evaluate procedural memory, but none have concurrently studied procedural learning in various modalities and learning stages. Besides, according to the declarative-procedural model, there may be an association between the performance of individuals in procedural learning and their state of the grammar of a language. Therefore, this study aimed to design a Serial Search Task (SST) for the simultaneous evaluation of procedural memory in motor and verbal modalities during three stages of learning and determine its reliability. Moreover, the relationship between procedural memory and grammar skills was examined.

**Materials & Methods** This study is methodological research in the first stage and descriptive analytics in the second stage. First, based on the literature review and the opinions of three speech-language pathologists, some words with appropriate psycholinguistic features were chosen from the Persian picture naming set. Then, corresponding pictures were determined. The task was designed using Java programming language. The face validity of the task was evaluated, then after revisions, the reliability was determined. Face validity was assessed in 10 normal children, and the test-retest reliability was evaluated in 15 normal children aged 7-9 years; all of them were chosen using the convenience sampling method. In the second stage, to assess the relationship between grammatical skills and the SST, 20 normal children aged 7-9 years were selected by a mixed sampling method. Every child had exposed to a verbal modality in three stages: initial learning, consolidation (24 hours later), and retention (one week later). Then the same stages were performed in the motor modality. Each child's language skills were determined using the test of language development-primary (TOLD-P3), and the relationship between the two skills was determined. Statistical methods included the Pearson and Spearman correlation coefficients and repeated measures analysis of variance.

**Results** The correlation values between two performances in the initial learning stage for the reaction time variable in verbal ( $r=0.84$ ,  $P<0.001$ ) and motor ( $r=0.80$ ,  $P<0.001$ ) modalities and the variable of response accuracy in verbal ( $r=0.81$ ,  $P=0.011$ ) and motor ( $r=0.77$ ,  $P=0.026$ ) modalities were obtained. In the consolidation and retention stages, the correlation values for the reaction time variable in verbal ( $r=0.737$ ,  $P=0.002$ ) and motor ( $r=0.743$ ,  $P=0.001$ ) modalities and the variable of response accuracy in verbal ( $r=0.624$ ,  $P=0.013$ ) and motor ( $r=0.916$ ,  $P<0.001$ ) modalities were obtained. The relationship between grammar and procedural learning in the verbal modality was significant in the consolidation stage ( $P=0.045$ ,  $CI:0.016-0.797$ ,  $r=0.491$ ).

**Conclusion** SST is a reliable task to assess different stages of procedural memory in both verbal and motor modalities. Therefore, this task can be used to evaluate procedural memory in normal children aged 7-9 years. The current study's findings confirmed the predictions made by the declarative-procedural model during the consolidation stage in the verbal modality.

**Keywords** Procedural memory, Reliability, Declarative-procedural model, Grammar

Received: 25 Dec 2021

Accepted: 01 May 2022

Available Online: 01 Jan 2023

\* Corresponding Author:

Talieh Zarifian, PhD.

Address: Department of Speech Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences-International Campus, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 2185322

E-Mail: [t.zarifian@yahoo.com](mailto:t.zarifian@yahoo.com)

## English Version

### Introduction

**P**rocedural memory is responsible for extracting and learning the rules in sequences constantly presented in the surrounding environment [2]. According to the declarative-procedural (DP) model [2, 4, 5], procedural memory plays a role in learning aspects based on language rules such as grammar [5, 6]. Based on the procedural deficit hypothesis (PDH) the cause of linguistic and non-linguistic deficits observed in developmental language disorder is associated with the damaged procedural memory system in these people [2, 7].

Considering the role of procedural memory in the acquisition of grammar, its damage has been suggested as the main cause of some speech and language disorders, including developmental language disorders. Thus, evaluating and determining children's performance in this memory is particularly important. Still, this issue has not received the proper attention from speech and language pathologists.

Various tasks have been designed to assess procedural memory that differs based on the modality that the sequence presents (including verbal and gestural) [9-11]. Some researchers have used separate tasks to investigate and compare the procedural memory status of participants in different modalities [14, 15]. Desmottes et al. designed a serial search task and examined procedural memory in both motor and verbal modalities [9]. The advantage of this task is to compare the performance status of the participants in two areas by using one task and similar stimuli.

Learning in procedure memory occurs during the stages initial of learning, consolidation, and retention. The first stage is characterized by a rapid improvement in the person's performance while learning the pattern in the sequence, which can be seen during the initial attempts in the procedural memory task. The second stage, consolidation, stabilizes the memory path after initial learning [16]. In the third stage, which is called retention, the skill becomes more accurate and automatic through repeated practice. The person can later identify and present the pattern in the sequence without cognitive effort [17].

Among the studies conducted, some researchers investigated procedural learning in addition to the initial learning stage in the consolidation and retention stages [10, 18, 19]. The aim of examining the stages of consolidation and retention is to determine whether procedural memory im-

proves over time and whether there is an increase in the speed of the participant's performance in the later stages of learning compared to the early stages [10].

Another issue that makes the evaluation of procedural memory important is the direct relationship between procedural memory and grammar in the DP model. Some evidence in support of this model shows this relationship in the initial learning stage in children with normal development [9, 24-28]. On the other hand, some studies did not report this relationship in the initial learning stage [29, 30]. Some studies have examined the relationship between the stages of consolidation and retention, and the results of these studies are also inconclusive [10, 19, 31, 32]. Recent studies suggest that one of the main causes of these different results is the lack of checking the reliability of the tasks used to evaluate procedural memory [33].

So far, no task has investigated procedural memory simultaneously in both verbal and motor modalities and different stages of learning. The advantage of such a task is to increase the validity of the results and the possibility of comparing the performance among other modalities and stages of learning. Also, considering that the results of the studies conducted in the field of the DP model did not show consistent and homogeneous results [24, 25, 30], this task can accurately evaluate procedural memory and provide more knowledge about the relationship between procedural memory and grammar.

This study aims to design a valid and reliable task for evaluating procedural memory. Then, we examine the children's procedural memory in different modalities and stages of learning and explore the relationship between procedural memory and grammatical skills in Persian-speaking children.

## Materials and Methods

### Study participants

This research was conducted in the first stage as a methodology study and in the second stage as a descriptive-analytical one. In the first stage, the serial search task was designed and validated to evaluate procedural memory, and in the second stage, the relationship between procedural memory and grammar was investigated. In the first step, after designing the task, its face validity was assessed on 10 children (5 girls and 5 boys) with a Mean±SD age of 96.02±10.87 months (7 to 9 years old). Test-re-test reliability was conducted on 15 children (8 girls and 7 boys) with a Mean±SD age of 98.06±8.72 months (7 to 9 years old), who were selected from Isfahan City schools, Iran using the convenience sampling method.

In the second stage, to investigate the relationship between the performance in the task of procedural memory and grammatical skills, 27 children aged 7-9 years participated. They were selected by a multi-stage mixed sampling method from Isfahan City.

The inclusion criteria in the two stages included being monolingual and Persian-speaking, 7-9 years old, and with normal vision and hearing. The exclusion criteria included a history of neurological injuries, developmental-neural disorders, delayed psychomotor development, emotional-psychological problems, attention deficit hyperactivity disorder, and delayed speech and language development. After visiting the schools, the inclusion and exclusion criteria were provided to the administrators, and the children were selected based on the administrators' opinions and the children's health files.

All children met the inclusion and exclusion criteria based on the demographic information questionnaire, the auditory screening questionnaire, and the speech therapist's informal assessment [35, 36]. Because of the spread of the coronavirus in March 2020, 7 samples stopped participating in the research. Finally, 20 children (13 girls and 7 boys) participated in the second stage of the study (Mean±SD 95.22±8.04 months).

## Study procedure

### Phase1: Designing serial searchtask

In the first step, a serial search task was designed, and its validity and reliability were examined.

### Selection of stimuli

First, 14 words with the lowest average age of acquisition, with different initial syllables and from various semantic categories [9] were selected from the Persian picture naming set, and the corresponding color pictures were determined. Then, 20 five-year-old children were asked about their familiarity and agreement with the names of the pictures. Finally, the names of four photos (cat, grapes, sock, house) with the highest name agreement and familiarity were used as auditory stimuli, and their corresponding pictures as visual stimuli in the task design.

### The initial design of the task

The task was designed using the Java programming language suitable for the Android operating system. This task includes six blocks in both modalities. Blocks 1 to 4 are pattern blocks, block 5 is a random block, and block 6

is the final pattern block. Each learning block contains 60 trials presented as a sequence of 6 and repeated 10 times. In the random block, both the sequence of answers and the sequence of the names of the pictures are different from the pattern block [9].

Each trial in this task begins with the visual stimulus's presentation, consisting of four images in a two-by-two design. Pictures are presented on a Samsung Galaxy Tab A 10 tablet. The program records the reaction time and type of response to each trial. The reaction time is considered from the beginning of saying the word to the time of touching the corresponding picture. From each attempt to another, the location of the 4 pictures on the screen changes, and as a result, the task examines procedural memory in two modalities. In the motor modality, the movement responses performed by touching the hand follow a repetitive sequence, but the sequence of the names of the pictures is semi-random.

In the verbal modality, the names of the pictures follow a repetitive pattern, while the sequence of movement responses made by touching the hand is semi-random. So, in the motor modality the motor sequence is repetitive (2-4-3-1-4-2) and in the verbal modality the verbal sequence is repetitive (cat, grapes, house, sock, house, grapes) (Figure 1).

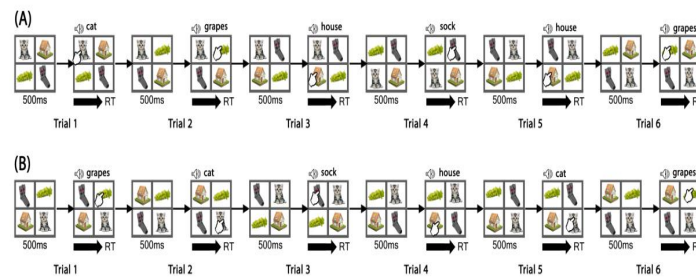
Two pattern blocks were considered to evaluate procedural learning in consolidation and retention. They are similar to the third and fourth blocks of the learning stage [43]. It is expected that reaction time in the consolidation stage is less than the similar blocks in the learning stage. In the retention phase, it is also less than the reaction time in the consolidation stage [43]. The consolidation stage is evaluated 24 hours after the initial learning stage, and the retention stage is considered one week after the initial learning stage.

### Face validity

To determine face validity and solve possible problems, the task was performed in two stages, each on 5 children aged 7-9 years. According to the performance and feedback of the participants, the existing problems were solved.

### Reliability

The reliability of the task was checked using the test-retest method on 15 participants. Considering that the two pattern blocks in the consolidation and retention stage, were the two pattern blocks 3 and 4 in the initial learning stage, the reliability of the consolidation and retention stage was also calculated using the test-re-test reli-



**Figure 1.** Schematic of six trials of the serial search task.

Archives of  
Rehabilitation

A) In the verbal sequence condition, children implicitly learned a spoken word sequence (cat, grapes, house, sock, house, grapes) and the manual response was quasi-random.

B) In the motor sequence condition, children implicitly learned a manual response sequence (2-4-3-1-4-2), and the auditory stimuli appeared quasi-randomly.

ability coefficient for these two blocks in the same group of participants. The test-re-test reliability coefficient was calculated using the statistical method of the Pearson correlation coefficient between the scores performed twice in both modalities.

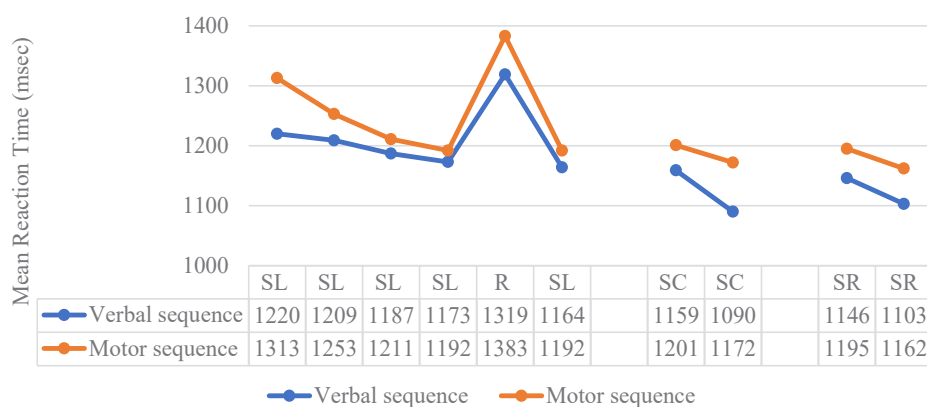
**Phase 2: Relationship between procedural memory and grammar**

In the second stage of the study, to investigate the relationship between the performance status in procedural memory and grammatical skills, the test of language development-primary (TOLD-P:3) was conducted on each participant. Then, all participants completed the task in three stages of initial learning, consolidation (24 hours after initial learning), and retention (one week after initial learning), first in the verbal modality and then with a 6-week interval in the motor modality [9]. Therefore, each child was exposed to the task 6 times.

**Results**

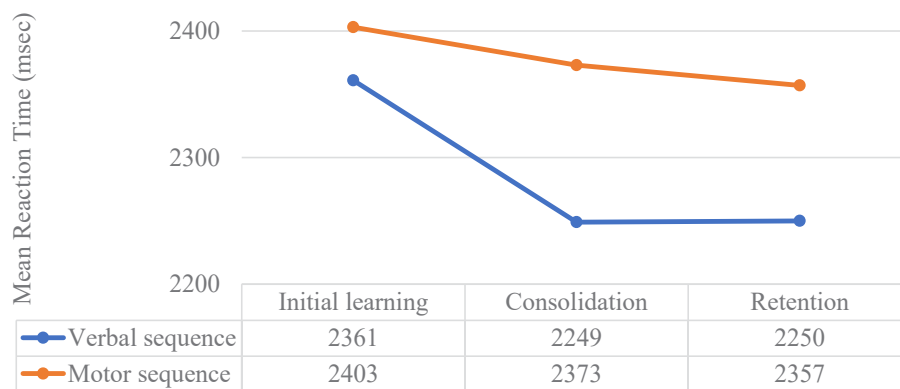
**Reliability results of the task**

The test-re-test reliability results showed that the correlation coefficient for the reaction time variable was 0.84 ( $P < 0.001$ ) in the verbal modality and 0.8 ( $P < 0.001$ ) in the motor modality. Also, the correlation coefficient of the response accuracy variable in the verbal modality was 0.81 ( $P = 0.11$ ), and in the motor modality was 0.77 ( $P = 0.026$ ). In the consolidation and retention stage, the correlation coefficient for the reaction time variable was 0.737 ( $P = 0.002$ ) in the verbal domain and 0.743 ( $P = 0.001$ ) in the motor domain. Also, the correlation coefficient of the Response accuracy variable in the verbal modality was 0.624 ( $P = 0.013$ ), and in the motor modality was 0.916 ( $P < 0.001$ ).



**Figure 2.** The mean reaction time of children in verbal and motor modalities and different stages of learning. Abbreviations: SL: Pattern block in initial learning stage; R: Random block; SC: Pattern block in consolidation stage; SR: Pattern block in retention stage.

Archives of  
Rehabilitation



Archives of  
**Rehabilitation**

**Figure 3.** The mean reaction time of third and fourth block in initial learning, the pattern blocks of consolidation and retention stages

### Results of the stage of the relationship between procedural memory and grammar

#### Participants' performance in the serial search task

Before the reaction time analysis, trials with wrong answers were removed, and only the trials with correct answers were included in the reaction time analysis. Figure 2 shows the average reaction time of the participants in both verbal and motor modalities and different stages of learning.

#### Reaction time analysis in procedural learning

To check the significance of the changes that occurred in the reaction time of blocks 1 to 4 of learning, the results of repeated measures analysis of variance (ANOVA) showed that the main effect of the block was significant (partial  $\eta^2=0.740$ ;  $P<0.001$ ;  $F_{(3,14)}=13.301$ ). But the main effect of the modality was not significant (partial  $\eta^2=0.185$ ;  $P=0.075$ ;  $F_{(1,16)}=3.628$ ). The results of repeated measures ANOVA in checking whether the participants showed significant changes in reaction time by changing the pattern block to random showed that the main effect of the block was significant (partial  $\eta^2=0.84$ ;  $P<0.001$ ;  $F_{2,15}=41.034$ ). The results of the paired t-test showed a significant increase in the average reaction time of block 5 compared to block 4 in the verbal domain ( $145.47\pm 86.06$ ) and motor modality ( $191.17\pm 120.49$ ), but the main effect of the modality was not significant (partial  $\eta^2=0.091$ ;  $P=0.224$ ;  $F_{(1,16)}=1.603$ ).

#### Analysis of reaction time in different stages of learning and the effects of consolidation and retention

The results of  $2\times 3$  repeated measures ANOVA to examine the changes in the mean reaction time of participants in different stages of learning showed that the main effect of learning stages (partial  $\eta^2=0.102$ ;  $P=0.448$ ;

$F_{(2,15)}=0.848$ ) and the main effect of the modality (partial  $\eta^2=0.111$ ;  $P=0.177$ ;  $F_{(1,16)}=1.993$ ) were not significant. This result shows that although the participants showed a decrease in the reaction time in the later stages of learning compared to the initial stage, and the children showed signs of consolidation and retention, this reduction was not statistically significant in two modalities (Figure 3).

#### Relationship between procedural learning and grammatical skills

First, the sequence learning index was calculated for different stages to investigate the relationship between procedural memory and grammatical skills. The sequence learning index in the learning stage for each participant and each modality was calculated using the Equation 1:

$$1. \text{Average reaction time of block 5} - (\text{average reaction time of block 4} + \text{average reaction time of block 6}) / 2.$$

The learning index in the consolidation stage was calculated using the following formula: average reaction time in blocks 3 and 4 of the learning stage-average reaction time in the consolidation stage. Finally, the learning index in the retention stage using the formula of average reaction time in the consolidation phase-average reaction time in the retention phase. The grammar dimension score was calculated by combining the standard scores of the three subtests of grammar comprehension, sentence imitation, and grammatical completion of the TOLD-P: 3 test.

The correlation between the learning index in different stages with the standard scores of grammar comprehension, sentence imitation, grammar completion subtests and overall grammar score were calculated. The results showed that in the motor modality, there was no significant relationship between the grammar subtests and the overall grammar score with the learning index in differ-

ent stages of learning. In the verbal modality, there was no significant relationship between the learning index in the initial learning stage and retention with grammar, but between the learning index in the consolidation stage of the verbal modality and the grammar comprehension scores ( $P < 0.05$ ,  $CI = 0.069-0.772$ ,  $r = 0.479$ ) and grammar in general ( $P < 0.05$ ,  $CI = 0.016-0.797$ ,  $r = 0.491$ ) there was a significant relationship.

## Discussion

The main goal of this study was to design a valid and reliable task to evaluate procedural memory. Also, the status of children's performance in different modalities and stages of procedural memory learning and the relationship between these children's performance in the procedural memory task and their grammar skills were investigated.

First, like in the study of Desmottes [9], pictures were selected by considering a set of psycholinguistic features. Using pictures with the highest name agreement and familiarity, a serial search task was designed, face validity was checked and after solving the problems, test-re-test reliability of the task was examined.

The reliability results showed that, like Salehi et al.'s study, the task of this study has good reliability in the variables of reaction time and response accuracy in both verbal and motor modalities and in different stages of learning [18]. Therefore, the serial search task can be used as a valid and reliable task to evaluate different stages of procedural learning in verbal and motor modalities in 7- to 9-year-old Persian-speaking children with the normally developing.

The results of the implementation of the serial search task on the participants in the second stage of the study showed that Persian-speaking children showed procedural learning in both modalities, which was like the results of previous studies [9].

Procedural learning occurred in the form of a significant decrease in the reaction time in the pattern blocks (1 to 4) and a significant increase in the reaction time in the random block [7] compared to the adjacent blocks (4 and 6). This result shows that the designed task correctly examines children's procedural learning. Also, the modalities main effect was not significant because, like Desmottes's study [9], these changes occurred in two modalities at a similar rate.

In this study, children showed signs of consolidation and retention, but these effects were not significant. These

results are consistent with Hedenius's study, which said children showed signs of consolidation. Still, these effects were not significant [19]. Adi-Japha's study noted that children with normally developing did not show a significant decrease in the retention stage compared to the consolidation stage [32]. However, significant effects of consolidation and retention have also been reported [9].

One of the possible reasons for the non-significance of consolidation and retention effects in this study is the difference in the age range of the participants. The age range of the participants of this study was 7 to 9 years, while the participants of Desmottes's study were in the age range of 7 to 12 years. Considering that the volume of the gray matter of the brain increases from the age of 6 to 10 years and then decreases, this decrease is partly the result of the overall increase of the white matter of the brain tissue.

Garvey et al. hypothesized that an increase in the white matter of the brain tissue leads to a decrease in the conduction time of the nerve message, which can manifest itself as a decrease in reaction time and an increase in motor control [47, 48]. Probably because the participants of this study were in the age range of 7-9 years (average age: 8 years), they had not yet reached maturity in motor timing. Therefore, in the stages of consolidation and retention, they cannot perform significantly better than in the stage of learning.

There was no correlation between performance in procedural memory and grammar in all stages of learning in the motor modality. It seems that the type of input provided is effective in the absence of a significant relationship. Based on the results of some behavioral studies [23, 50], a significant relationship between procedural learning performance and language processing is seen when the presented sequence is verbal. In this study, the relationship between grammar and trend memory in verbal modality was observed.

According to the results of this study, there was no relationship between procedural memory and grammatical skills in the verbal modality in the initial learning and retention stage. This result is in line with previous studies [10, 19, 25, 32]. However, some studies reported contradictory results [9, 26, 25, 51]. One of the possible reasons that can be presented for the existing contradiction is the type of grammar task used in this study.

In some studies that showed the relationship between grammar and procedural memory performance, specific grammatical structures that are more complex and less likely to be fully mastered by the participants were used.

For example, Kidd's study, which reported the relationship between procedural memory and grammatical skills, used the passive structure [25]. The authors of this study concluded that procedural memory is related to the understanding of passive and object relative clauses, but it is not related to the understanding of active and subject relative clauses [24].

The grammar test used in this study examines the comprehension and expression of sentences with common syntactic structures and the use of common morphological forms. It does not specifically examine a specific syntactic structure. Different results may be obtained in the correlation analysis if detailed, and more complex syntactic structures are used to evaluate the grammar. On the other hand, it should be noted that the sample size of the study participants can also be effective on the recent results.

Another result of this study was that in the consolidation stage in the verbal modality, the performance in understanding grammar and grammar, in total, was related to the increase in performance in procedural memory. This result is in line with the results of Hedenius' study, which showed the relationship between grammar and sequence learning in the consolidation stage using the alternating serial reaction time task [19]. This result confirms the trend procedural part of the DP model in the consolidation stage and only in the verbal modality.

The DP model provides a theoretical framework. Based on this framework, if there is a relationship between procedural memory and grammatical skills, techniques to improve procedural memory can be used to learn grammar. This perspective provides speech and language pathologists with a new view on treating children with grammatical disorders [45]. Therapists can use techniques that promote learning in procedural memory, such as spaced repetition (having a time interval between the repeated presentation of an item) [52] to improve the learning of grammatical structures and especially to retain those structures in memory [53, 54].

## Conclusion

The serial search task is a valid and reliable task for evaluating procedural memory in Persian-speaking children. This task could show the procedural learning of children in two modalities. It also showed a decrease in the consolidation and retention stages compared to the initial learning stage, although this decrease was not significant. Also, the results of this study showed the relationship between grammar and procedural learning in the verbal modality and the consolidation stage.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

This research has been approved by the Ethics Committee of the [University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences](#) and received an ethical code (IR.USWR.REC.164.1397). Before conducting the study, the parents of all participants completed and signed the informed consent form.

### Funding

This article is taken from the first author's PhD thesis in the [University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences](#), Speech Therapy Department.

### Authors' contributions

Conceptualization and methodology: Maryam Malekian, Talieh Zarifian, and Yalda Kazemi; Validation and data analysis: Maryam Malekian; Research and review: Maryam Malekian and Akram Ahmadi; Writing the draft, editing, and finalization: All authors.

### Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgments

The authors are grateful for the efforts of Karim Rahimian, who designed the software, Mohammad Gholami, who performed the statistical analysis and interpreted the data, and Tabassom azimi, who helped in analyzing the data and writing the article.

## مقاله پژوهشی

## بررسی ارتباط حافظه روندی و دستور زبان در کودکان طبیعی فارسی زبان: یک مطالعه مقدماتی

مریم ملکیان<sup>۱</sup>، یلدا کاظمی<sup>۲</sup>، اکرم احمدی<sup>۳</sup>، \*طلیعه ظریفیان<sup>۴</sup>

۱. گروه گفتاردرمانی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی تهران، ایران.

۲. گروه گفتاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بابل، بابل، ایران.

۴. گروه گفتاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی تهران، تهران، ایران.



**Citation** Malekian M, Kazemi Y, Ahmadi A, Zarifian T. [Developing a Serial Search Task to Evaluate Procedural Memory and Investigating the Relationship Between Procedural Memory and Grammar in Farsi-speaking Children: A Preliminary Study. (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2023; 23(4):540-559. <https://doi.org/10.32598/RJ.23.4.3445.2>

**doi** <https://doi.org/10.32598/RJ.23.4.3445.2>



**هدف** یکی از اجزای اصلی حافظه طولانی‌مدت، حافظه روندی است. یادگیری روندی می‌تواند در حوزه‌های مختلف از جمله کلامی و حرکتی ارزیابی شود. یادگیری در حافظه روندی در ۳ مرحله یادگیری اولیه، تحکیم و حفظ اتفاق می‌افتد. تکالیفی برای ارزیابی حافظه روندی وجود دارد، اما هیچ‌یک به‌طور هم‌زمان یادگیری روندی در حوزه‌ها و مراحل مختلف یادگیری را بررسی نکرده‌اند. همچنین براساس مدل اخباری‌روندی، پیش‌بینی می‌شود بین عملکرد افراد در حافظه روندی و دستور زبان ارتباط وجود داشته باشد. بنابراین هدف مطالعه حاضر طراحی تکلیف جست‌وجوی متوالی برای ارزیابی هم‌زمان حافظه روندی در ۲ حوزه کلامی و حرکتی و در مراحل مختلف یادگیری و تعیین پایایی آن بود. همچنین ارتباط بین حافظه روندی و مهارت‌های دستوری بررسی شد.

**روش بررسی** این مطالعه در مرحله اول به‌صورت روش‌شناسی و در مرحله دوم به‌صورت توصیفی تحلیلی انجام شد. در مرحله اول، براساس مرور متون و با نظر ۳ متخصص آسیب‌شناس گفتار و زبان، کلمات دارای ویژگی‌های روان‌زبان شناختی مناسب از مجموعه نامیدن تصویری فارسی انتخاب شدند و تصاویر متناظر با آن‌ها تعیین شد. تکلیف با استفاده از زبان برنامه‌نویسی جاوا طراحی شد. روایی صوری تکلیف، بررسی و بعد از انجام اصلاحات، پایایی تعیین شد. روایی صوری تکلیف بر روی ۱۰ شرکت‌کننده طبیعی و پایایی آزمون بازآزمون بر روی ۱۵ شرکت‌کننده ۷ تا ۹ ساله طبیعی که با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شده بودند، بررسی شد. در مرحله دوم برای بررسی ارتباط بین عملکرد در تکلیف جست‌وجوی متوالی و مهارت‌های دستوری، ۲۰ کودک ۷ تا ۹ ساله طبیعی با روش نمونه‌گیری ترکیبی انتخاب شدند. هر کودک در ۳ مرحله یادگیری اولیه، تحکیم (۲۴ ساعت بعد) و حفظ (یک هفته بعد) در معرض تکلیف در حوزه کلامی قرار گرفت و سپس همین مراحل در حوزه حرکتی اجرا شد. مهارت‌های زبانی هر کودک با استفاده از آزمون رشد زبان تعیین و سپس رابطه بین این ۲ مهارت مشخص شد. روش‌های آماری مورد استفاده، شامل ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن و تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر بود.

**یافته‌ها** مقادیر همبستگی بین ۲ بار اجرا در مرحله یادگیری اولیه، برای متغیر زمان واکنش در حوزه‌های کلامی و حرکتی به ترتیب ۰/۸۴ (P<۰/۰۰۱) و ۰/۸۰ (P<۰/۰۰۱) و برای متغیر صحت پاسخ در حوزه‌های کلامی و حرکتی به ترتیب ۰/۸۱ (P=۰/۰۱۱) و ۰/۷۷ (P=۰/۰۲۶) به دست آمد. در مرحله تحکیم و حفظ، ضریب همبستگی برای متغیر زمان واکنش در حوزه‌های کلامی و حرکتی به ترتیب ۰/۷۳۷ (P=۰/۰۰۲) و ۰/۷۴۳ (P=۰/۰۰۱) و برای متغیر صحت پاسخ در حوزه‌های کلامی و حرکتی به ترتیب ۰/۶۲۴ (P=۰/۰۱۳) و ۰/۹۱۶ (P<۰/۰۰۱) بود. نتایج نشان داد بین دستور زبان و یادگیری روندی در حوزه کلامی در مرحله تحکیم ارتباط معنادار وجود دارد (P=۰/۰۴۵، Cl=۰/۰۱۶ - ۰/۷۹۷، P=۰/۴۹۱).

**نتیجه‌گیری** تکلیف جست‌وجوی متوالی، تکلیفی پایا برای ارزیابی مراحل مختلف حافظه روندی در دو حوزه کلامی و حرکتی است. بنابراین می‌توان از این تکلیف برای ارزیابی حافظه روندی در کودکان طبیعی ۷ تا ۹ ساله استفاده کرد. یافته‌های مطالعه حاضر، پیش‌بینی‌های مدل اخباری‌روندی را در مرحله تحکیم حوزه کلامی تأیید کرد.

**کلیدواژه‌ها** حافظه روندی، پایایی، مدل اخباری‌روندی، دستور زبان

تاریخ دریافت: ۰۴ دی ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۱ اردیبهشت ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۱۱ دی ۱۴۰۱

\* نویسنده مسئول:

دکتر طلیعه ظریفیان

نشانی: تهران، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، گروه گفتاردرمانی.

تلفن: ۲۱۸۵۳۳۲۲ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: [t.zarifian@yahoo.com](mailto:t.zarifian@yahoo.com)



## مقدمه

این است که چقدر افراد می‌توانند الگوها را کشف کنند و در مرحله ارزیابی شرکت‌کننده باید درباره مجموعه جدیدی از محرک‌ها قضاوت کند و تشخیص دهد که کدام توالی دارای ترتیبی است که در مرحله آموزش به او ارائه شده است [۱۳].

برخی پژوهش‌ها برای بررسی و مقایسه وضعیت حافظه روندی شرکت‌کنندگان در حوزه‌های مختلف، از تکالیف مختلف استفاده کرده‌اند [۱۴، ۱۵]. تنوع در تکلیف و محرک‌های انتخاب‌شده برای ساخت تکلیف در حوزه‌های مختلف، امکان مقایسه وضعیت شرکت‌کنندگان در حوزه‌های مختلف حافظه روندی را دشوار می‌کند. براین اساس، دسموتس و همکاران تکلیف جست‌وجوی متوالی را طراحی کرده و به‌طور هم‌زمان حافظه روندی در ۲ حوزه حرکتی و کلامی را بررسی کردند [۹]. مزیت استفاده از این تکلیف این است که امکان مقایسه وضعیت عملکرد شرکت‌کنندگان در ۲ حوزه با استفاده از یک تکلیف و محرک‌های ثابت فراهم می‌شود. ارزیابی حافظه روندی در حوزه‌های مختلف، از این جهت حائز اهمیت است که آیا یادگیری روندی کودک صرفاً در یک حوزه نقص دارد یا به‌صورت عمومی در ۲ حوزه مشکل دارد و همین موضوع در طراحی درمان حائز اهمیت است.

یادگیری در حافظه روندی در طی ۳ مرحله یادگیری اولیه، تحکیم و حفظ رخ می‌دهد. مرحله اول با بهبود قابل‌ملاحظه و سریع در عملکرد فرد حین یادگیری الگوی موجود در توالی مشخص می‌شود که این بهبود عملکرد در طی تلاش‌های اولیه در تکلیف حافظه روندی، قابل‌مشاهده است. مرحله دوم که تحکیم نامیده می‌شود، به‌عنوان ثابت شدن مسیر حافظه بعد از یادگیری اولیه در نظر گرفته می‌شود [۱۶]. در مرحله سوم که حفظ نام دارد، مهارت از طریق تمرین مکرر، دقیق‌تر و خودکارتر می‌شود، به‌گونه‌ای که بعداً فرد می‌تواند بدون تلاش شناختی، الگوی موجود در توالی را شناسایی و ارائه کند [۱۷].

در بین مطالعات، برخی محققان یادگیری روندی را علاوه بر مرحله یادگیری اولیه در مراحل تحکیم و حفظ نیز بررسی کردند [۱۰، ۱۸، ۱۹]. هدف از بررسی مراحل تحکیم و حفظ این است که آیا حافظه روندی در گذر زمان بهبود می‌یابد و شرکت‌کنندگان اثرات تحکیم و حفظ را نشان می‌دهند یا خیر. این اثرات به‌صورت افزایش سرعت عملکرد در مراحل بعدی یادگیری در مقایسه با مراحل اولیه بروز می‌کند. شواهدی وجود دارد که خواب در تحکیم بازنمایی‌هایی که جدیداً در حافظه روندی کسب شده است، نقش ضروری دارد [۱۰].

در میان مطالعات، برخی مطالعات در طراحی تکالیف مورد استفاده برای ارزیابی حافظه روندی از اشکالی مثل ستاره یا دایره‌های رنگی [۲۰] یا صورتک خندان [۲۱] استفاده کردند و بنابراین مسئله روایی در این تکالیف مورد توجه محققان نبوده است. با این حال، تنها دسموتس و همکاران به توافق نام و میزان

حافظه روندی به‌عنوان یکی از اجزای اصلی حافظه طولانی‌مدت [۱]، مسئول استخراج و یادگیری قواعد موجود در توالی‌هایی است که دائماً در محیط پیرامون ارائه می‌شوند [۲]. یادگیری در حافظه روندی به کسب توانایی‌های زیادی از جمله زبان منجر می‌شود [۳]. براساس مدل اخباری‌روندی حافظه روندی در یادگیری جنبه‌های مبتنی بر قاعده زبان مثل دستور زبان [۲، ۴، ۵] و حافظه اخباری در یادگیری واژگان نقش دارد [۵، ۶].

درمورد اهمیت نقص حافظه روندی در علت‌شناسی برخی اختلالات گفتار و زبان، نظریه‌هایی مطرح شده است که از آن جمله می‌توان به فرضیه نقص حافظه روندی اشاره کرد. این فرضیه، علت نقایص زبانی و غیرزبانی مشاهده‌شده در اختلال تکاملی زبان را سیستم حافظه روندی آسیب‌دیده در این افراد می‌داند [۲، ۷]. تئوری عدم توازن حافظه نیز فرض می‌کند که آسیب موجود در تعامل اجتماعی، ظرفیت ارتباطی و انعطاف‌پذیری رفتاری کودکان دارای اتیسم، به دلیل حافظه روندی آسیب دیده در این کودکان است [۸]. با توجه به نقشی که حافظه روندی در کسب توانایی‌های مختلف زبانی و ارتباطی دارد و آسیب آن به‌عنوان علت اصلی برخی اختلالات گفتار و زبان مطرح شده است، ارزیابی و تعیین عملکرد این کودکان در این حافظه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است ولی تاکنون در داخل کشور، ارزیابی این حافظه مورد توجه آسیب شناسان گفتار و زبان قرار نگرفته است.

تکالیف متنوعی برای ارزیابی حافظه روندی طراحی شده است که براساس حوزه توالی ارائه‌شده متفاوت هستند [۹-۱۱]. یکی از تکالیف رایج برای بررسی یادگیری روندی در حوزه حرکتی، تکلیف زمان واکنش متوالی است. در این تکلیف ابتدا یک توالی تعریف‌شده از محرک به‌صورت تکرار شونده به فرد ارائه می‌شود و از شرکت‌کننده خواسته می‌شود کلید متناظر با مکان محرک را بر روی صفحه کلید فشار دهد یا اینکه مکان محرک را لمس کند. سپس الگو / توالی تصادفی جدید از همان محرک‌های بینایی ارائه می‌شود. معیار هدف در تکلیف زمان واکنش متوالی، مدت زمان واکنش است. منظور از مدت زمان واکنش، فاصله زمانی بین ارائه محرک تا انتخاب یا لمس کلید متناظر با آن توسط کودک است. کاهش زمان واکنش پس از چند بار ارائه شدن بلوک الگو / توالی تکراری و افزایش زمان واکنش از بلوک الگو به بلوک تصادفی، نشان‌دهنده یادگیری روندی است [۱۲].

در حوزه کلامی، می‌توان به تکلیف یادگیری گرامر مصنوعی اشاره کرد که در آن با ترکیب صداها، کلمات یا نمادها در یک توالی خاص، یک دستور ساختگی ایجاد می‌شود. در مرحله یادگیری، ترتیب ساختگی به‌صورت تکرار شونده ارائه می‌شود و هدف بررسی

حافظه روندی طراحی کند. در مرحله بعد وضعیت حافظه روندی کودکان در حوزه‌ها و مراحل مختلف یادگیری و ارتباط حافظه روندی با مهارت‌های دستوری در کودکان فارسی زبان را بررسی کند.

## روش‌ها

### شرکت‌کنندگان

این مطالعه در مرحله اول به صورت روش‌شناسی و در مرحله دوم به صورت توصیفی تحلیلی انجام شد. در مرحله اول، تکلیف جست‌وجوی متوالی برای ارزیابی حافظه روندی طراحی و اعتباریابی شد و در مرحله دوم، رابطه بین حافظه روندی و دستور زبان بررسی شد. در مرحله اول، بعد از طراحی تکلیف، روایی صوری بر روی ۱۰ کودک (۵ دختر و ۵ پسر) ۷ تا ۹ ساله با میانگین سنی و انحراف معیار برحسب ماه (۹۶/۰۲±۱۰/۸۷) و پایایی آزمون بازآزمون بر روی ۱۵ کودک ۷ تا ۹ ساله (۸ دختر و ۷ پسر) با میانگین سنی و انحراف معیار (۹۸/۰۶±۸/۷۲) که به روش نمونه‌گیری در دسترس از مدارس اصفهان انتخاب شده بودند، اجرا شد. طراحی تکلیف در بازه زمانی خرداد تا آذر ۱۳۹۸ انجام شد. در مرحله دوم، جهت بررسی رابطه عملکرد در تکلیف حافظه روندی و مهارت‌های دستوری، ۲۷ کودک ۷ تا ۹ ساله شرکت داشتند که با روش نمونه‌گیری ترکیبی چندمرحله‌ای از شهر اصفهان انتخاب شدند.

ابتدا با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، از بین نواحی شش‌گانه آموزش و پرورش اصفهان، ناحیه ۳ انتخاب شد و مجدداً با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، ۴ مدرسه ابتدایی از این ناحیه تعیین شد. در مرحله نهایی با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، نمونه‌ها انتخاب شدند. نمونه‌گیری در بازه زمانی آذر تا اسفند ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد. معیارهای ورود در ۲ مرحله شامل تک‌زبانه و فارسی‌زبان بودن، ۷ تا ۹ ساله بودن، داشتن بینایی و شنوایی طبیعی و معیارهای خروج شرکت‌کنندگان در ۲ مرحله شامل وجود سابقه‌ای از صدمات نورولوژیکی، اختلالات رشدی عصبی، تأخیر در رشد روانی حرکتی، مشکلات عاطفی روانی، اختلال توجه و بیش‌فعالی و تأخیر در رشد گفتار و زبان بود.

پس از مراجعه به مدارس، معیارهای ورود و خروج در اختیار مدیران قرار گرفت و براساس نظر مدیران و پرونده سلامت کودکان، کودکان انتخاب شدند. در مرحله بعد پرسش‌نامه اطلاعات جمعیت‌شناختی توسط والدین و پرسش‌نامه غربالگری پردازش شنیداری [۳۵] توسط معلمان این کودکان تکمیل شد. تمامی کودکان براساس پرسش‌نامه اطلاعات جمعیت‌شناختی معیارهای ورود و خروج را داشتند. همچنین در پرسش‌نامه غربالگری شنیداری نیز نمره ۷۹ تا ۱۰۰ درصد را کسب کردند که نشان‌دهنده پردازش شنیداری سالم در این کودکان است [۳۵].

آشنایی شرکت‌کنندگان با تصاویر قبل از طراحی تکلیف توجه کرده‌اند [۹]. در مطالعه مذکور و سایر مطالعات در خصوص تکلیف حافظه روندی در پژوهش‌های خارج از کشور، پایایی تکلیف بررسی نده است [۹، ۲۲، ۲۳].

در مطالعات داخلی، صالحی و همکاران تکلیف زمان واکنش متوالی را برای ارزیابی حافظه روندی در حوزه حرکتی برای شرکت‌کنندگان ۱۵ تا ۱۹ ساله طراحی کردند و میزان پایایی آزمون بازآزمون تکلیف بر روی ۱۵ شرکت‌کننده را ۰/۹۳ گزارش کردند [۱۸]. جهانگیری و همکاران نیز تکلیف زمان واکنش متوالی را برای کودکان ۴/۵ تا ۶ ساله طراحی کردند، اما پایایی تکلیف را بررسی نکردند [۲۱].

موضوع دیگری که باعث اهمیت ارزیابی حافظه روندی می‌شود، ارتباط مستقیم مطرح‌شده بین حافظه روندی و دستور زبان در مدل اخباری‌روندی است. برخی شواهد در حمایت از این مدل، ارتباط بین مهارت‌های دستوری و حافظه روندی را در مرحله یادگیری اولیه در کودکان دارای روند رشد طبیعی نشان دادند [۹، ۲۴-۲۸]. به‌عنوان مثال، کید و آرکیولی ارتباط حافظه روندی را با درک ساختارهای نحوی در کودکان انگلیسی‌زبان بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد یادگیری در تکلیف حافظه روندی، پیش‌بینی‌کننده درک عبارات ربطی مجهول و مفعولی است و در مقابل، برخی مطالعات این ارتباط را در مرحله یادگیری اولیه گزارش نکردند [۲۹، ۳۰] که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه کید و کرجوانین اشاره کرد که ارتباطی بین حافظه روندی با عملکرد در تکلیف تولید زمان گذشته نیافتند [۳۰]. برخی مطالعات ارتباط را در مراحل تحکیم و حفظ بررسی کرده‌اند که نتایج این مطالعات نیز بی‌ثبات است [۱۰، ۱۹، ۳۱، ۳۲]. پژوهش‌های اخیر، یکی از علت‌های اصلی برای این بی‌ثباتی در نتایج را عدم بررسی پایایی تکلیف مورد استفاده برای ارزیابی حافظه روندی مطرح می‌کنند [۳۳].

باتوجه به مرور متون، تاکنون هیچ تکلیفی در داخل و خارج از کشور، حافظه روندی را به‌طور هم‌زمان در دو حوزه کلامی و حرکتی و در مراحل مختلف یادگیری بررسی نکرده است. مزیت چنین تکلیفی افزایش اعتبار نتایج و امکان مقایسه عملکرد در بین حوزه‌ها و مراحل یادگیری است. همچنین باتوجه به اینکه نتایج مطالعات صورت‌گرفته در زمینه مدل اخباری‌روندی یافته‌های باثبات و همگنی را نشان نداده است [۲۴، ۲۵، ۳۰، ۳۴]. طراحی تکلیفی پایا که یادگیری روندی در حوزه‌ها و مراحل مختلف را بررسی کند، می‌تواند برای ارزیابی دقیق حافظه روندی مورد استفاده قرار گیرد و به کسب دانش بیشتر در زمینه ارتباط حافظه روندی و دستور زبان منجر شود. همچنین این تکلیف می‌تواند برای ارزیابی حافظه روندی در پژوهش‌های حوزه آسیب‌شناسی گفتار و زبان و روان‌شناسی شناختی استفاده شود. بنابراین مطالعه حاضر قصد دارد تا تکلیفی روا و پایا برای ارزیابی

## روش اجرا

### مرحله اول

در این مرحله تکلیف جست‌وجوی متوالی طراحی شد و روایی و پایایی آن بررسی شد.

انتخاب محرک‌ها: روایی محتوایی این موضوع را بررسی می‌کند که آیتم‌های تکلیف چقدر به‌خوبی سازه یا مفهوم موردنظر را بررسی می‌کنند [۳۷]. برای در نظر گرفتن روایی محتوایی، ابتدا براساس نتایج مرور متون، مشخص شد که برای طراحی تکلیف بهتر است کلماتی انتخاب شوند که پایین‌ترین میانگین سن اکتساب و هجای آغازین متفاوت را داشته باشند. همچنین از طبقات معنایی مختلف باشند [۹]. هدف از انتخاب کلمات دارای هجای آغازین متفاوت و از طبقات معنایی مختلف این است که کلمات از نظر شبکه واجی و شبکه معنایی فاصله کافی را از هم داشته باشند [۹]. درواقع، داشتن هجای آغازین و طبقه معنایی متفاوت باعث می‌شود گویه‌ها از نظر واجی و معنایی، احتمال فراخوانی کمتری توسط همدیگر داشته باشند [۳۸، ۳۹]. هدف از انتخاب کلمات دارای پایین‌ترین میانگین سن اکتساب، اطمینان از این است که احتمال فراموشی آن‌ها کمتر است و این کلمات در مقایسه با کلمات دارای سن اکتساب بالاتر، به‌خوبی در حافظه تثبیت شده‌اند [۴۰]. با در نظر گرفتن این موارد، ۱۴ کلمه از مجموعه تصویری نامیدن انتخاب شد. مجموعه تصویری نامیدن مشتمل بر ۱۲۸ کلمه و تصاویر سیاه و سفید متناظر با آن‌هاست که داده‌های هنجار متغیرهای روان‌زبان‌شناختی تمامی این کلمات از جمله میزان توافق نام و سن اکتساب در پژوهش‌های پیشین تعیین شده است [۴۱]. سپس از ۳ آسیب‌شناس گفتار و زبان خواسته شد تا با در نظر گرفتن سن اکتساب که در جدول ارائه‌شده، موجود بود و سایر ویژگی‌های ذکرشده، ۱۰ کلمه را انتخاب کنند. درنهایت، ۱۰ کلمه با پایین‌ترین میانگین سن اکتساب، هجای آغازین متفاوت و مقوله‌های معنایی مختلف انتخاب شدند [۴۱].

باتوجه‌به اینکه در تکلیف جست‌وجوی متوالی، تصاویر در ۳۶۰ آزمایش ارائه می‌شوند، برای جلوگیری از خستگی کودکان حین اجرای آزمون و مشابه با مطالعات صورت‌گرفته [۹]، تصاویر رنگی متناظر با آن‌ها تعیین شد. در مرحله بعد ابتدا میزان آشنایی کودکان با تصاویر (براساس مقیاس ۳ امتیازی که در آن ۱ به معنای آشنا نبودن با تصویر مورد نظر، ۳ به معنای آشنایی با تصویر و ۵ به معنای آشنایی زیاد است) بررسی شد. در مرحله بعد توافق نام تصاویر (به معنای درصدی از شرکت‌کنندگان که نام موردانتظار را برای تصویر مورد نظر به کار بردند) بررسی شد. این ارزیابی‌ها بر روی ۲۰ کودک ۵ ساله که به روش نمونه‌گیری در دسترس از مهدکودک‌های شهر اصفهان انتخاب شدند، انجام شد. هدف از بررسی این موارد بر روی کودکان ۵ ساله، کسب اطمینان

[۳۶]. در مرحله بعد، به‌منظور بررسی نبود اختلالات گفتار و زبان، هر کودک توسط یک آسیب‌شناس گفتار و زبان با تجربه کار در حوزه کودکان به‌صورت غیررسمی از نظر مهارت‌های گفتار و زبان ارزیابی می‌شد. نتایج ارزیابی نشان داد تمامی شرکت‌کنندگان، از نظر مهارت‌های گفتار و زبان طبیعی بودند. به دلیل شیوع ویروس کرونا در اسفند سال ۱۳۹۸، ۷ نفر از نمونه‌های شرکت‌کننده در مرحله دوم پژوهش که مراحل اجرای تکلیف در حوزه کلامی را تکمیل کرده بودند، از شرکت در ادامه پژوهش و اجرای تکلیف در حوزه حرکتی منصرف شدند. درنهایت مجموعاً ۲۰ نفر (۱۳ دختر و ۷ پسر) با میانگین (برحسب ماه) و انحراف معیار  $95/22 \pm 8/04$  در مرحله دوم مطالعه شرکت کردند.

### ابزار

پرسش‌نامه اطلاعات جمعیت‌شناختی: پرسش‌نامه‌ای مشتمل بر ۲۸ پرسش است که تیم پژوهش برای بررسی تمامی معیارهای ورود و خروج طراحی‌اش کرد.

پرسش‌نامه غربالگری پردازش شنیداری: پرسش‌نامه‌ای مشتمل بر ۵۲ پرسش است که ۳۱ پرسش آن به بررسی شاخص پردازش شنیداری می‌پردازد و توسط والدین یا معلمان کودکان تکمیل می‌شود. در این پژوهش برای بررسی سالم بودن پردازش شنیداری به‌عنوان یکی از معیارهای ورود شرکت‌کنندگان، از این پرسش‌نامه استفاده شد.

### آزمون رشد زبان

برای بررسی رابطه بین حافظه روندی و مهارت‌های دستوری، آزمون رشد زبان<sup>۱</sup> بر روی شرکت‌کنندگان مرحله دوم تکلیف اجرا شد. آزمون رشد زبان شامل ۹ خرده‌آزمون است و به بررسی ابعاد مختلف زبان در ۲ حوزه درک و بیان می‌پردازد. ۳ خرده‌آزمون درک دستوری، تقلید جمله و تکمیل دستوری مجموعاً به ارزیابی بعد دستور زبان می‌پردازند. در خرده‌آزمون درک دستوری، شرکت‌کننده باید به یکی از ۳ تصویر که متناظر با جمله ارائه‌شده به‌صورت شنیداری است اشاره کند. در خرده‌آزمون تکمیل دستوری، باید جملات را با اشکال صرفی صحیح تکمیل کند و در خرده‌آزمون تقلید جمله، باید جملاتی که به‌تدریج بر طول و پیچیدگی‌شان افزوده می‌شود را تکرار کند [۳۶].

### تکلیف جست‌وجوی متوالی

تکلیف جست‌وجوی متوالی، حافظه روندی را در ۲ حوزه کلامی و حرکتی و در مراحل مختلف یادگیری ارزیابی می‌کند. ویژگی‌های روان‌سنجی که برای این تکلیف بررسی شدند در ادامه شرح داده خواهند شد.

1. Test of language development (TOLD-P:3)

در نظر گرفته شد که قبل از شروع تکلیف اجرا می‌شود. در این مرحله به هر شرکت‌کننده درمورد تعداد پاسخ‌های درستی که داشته، بازخورد داده می‌شود.

به‌منظور ارزیابی یادگیری روندی در مراحل تحکیم و حفظ، ۲ بلوک الگو، مشابه بلوک الگوی ۳ و ۴ مرحله یادگیری در نظر گرفته شد [۴۳]. انتظار می‌رود مدت‌زمان واکنش در مرحله تحکیم کمتر از بلوک‌های مشابه در مرحله یادگیری باشد و در مرحله حفظ نیز کمتر از مدت‌زمان واکنش در مرحله تحکیم باشد [۴۳]. مرحله تحکیم ۲۴ ساعت بعد از مرحله یادگیری اولیه و مرحله حفظ یک هفته بعد از مرحله یادگیری اولیه ارزیابی می‌شود. هر کودک ۳ بار در حوزه کلامی و ۳ بار در حوزه حرکتی تکلیف را اجرا می‌کند و بنابراین مجموعاً ۶ بار با این تکلیف مواجه می‌شود.

روایی صوری: به‌منظور شناسایی مشکلات احتمالی، تعیین بهترین طول زمان استراحت و تعداد دفعات استراحت، تکلیف طراحی شده در دو مرحله و هر بار بر روی ۵ کودک ۷ تا ۹ ساله اجرا شد. با توجه به عملکرد و بازخورد شرکت‌کنندگان تصمیم گرفته شد یک زمان استراحت ۳۰ ثانیه‌ای بعد از بلوک سوم در نظر گرفته شود. سپس مشکلات موجود از جمله قطع شدن صدای ارائه‌شده برای برخی محرک‌ها و ناقص پخش شدن محرک شنیداری در برخی محرک‌ها برطرف شد.

پایایی: برای کسب اطمینان از اینکه پاسخ شرکت‌کنندگان تحت تأثیر زمان دچار تغییرات معنادار نمی‌شود، پایایی تکلیف با استفاده از روش آزمون بازآزمون بر روی ۱۵ شرکت‌کننده بررسی شد. به همین منظور تکلیف جست‌وجوی متوالی (در مرحله اول یادگیری روندی) در هر ۲ حوزه با فاصله زمانی ۱ هفته، ۲ بار توسط شرکت‌کنندگان اجرا شد. بین اجرای تکلیف در ۲ حوزه، ۲ هفته فاصله زمانی وجود داشت. با توجه به اینکه، ۲ بلوک الگوی موجود در مرحله تحکیم و حفظ، ۲ بلوک الگوی ۳ و ۴ مرحله یادگیری اولیه بودند، پایایی مرحله تحکیم و حفظ نیز با استفاده از ضریب پایایی آزمون بازآزمون برای این ۲ بلوک در همان گروه شرکت‌کنندگان محاسبه شد. ضریب پایایی آزمون بازآزمون با استفاده از روش آماری ضریب همبستگی پیرسون بین نمرات ۲ بار اجرا در هر ۲ حوزه محاسبه شد.

### مرحله دوم

در این مرحله جهت بررسی رابطه بین وضعیت عملکرد در حافظه روندی و مهارت‌های دستوری ابتدا آزمون رشد زبان بر روی هر شرکت‌کننده در جلسه‌ای جداگانه، قبل از اجرای تکلیف انجام شد. سپس همه شرکت‌کنندگان، در محیطی ثابت در مدرسه و بدون صدای مزاحم، تکلیف جست‌وجوی متوالی را اجرا کردند. شرکت‌کنندگان در شرایط راحت می‌نشستند. برای اجرای تکلیف، از یک تبلت سامسونگ گلکسی مدل تب 10A

کامل از این بود که کودکان ۷ تا ۹ ساله که شرکت‌کنندگان اصلی مطالعه هستند، نیز حتماً توافق نام ۱۰۰ درصد و آشنایی کامل با این تصاویر را دارند. درنهایت اسامی ۴ تصویر (گربه، انگور، جوارب، خانه) که دارای توافق نام ۱۰۰ درصد و میزان آشنایی ۵ بودند، به‌عنوان محرک شنیداری تکلیف مطالعه حاضر در نظر گرفته شد. این اسامی با طول شنیداری ۳۵۰ میلی‌ثانیه توسط گوینده مؤنث و با نرم‌افزار Praat تولید شد. تصاویر متناظر با محرک شنیداری به‌عنوان محرک بینایی، در طراحی تکلیف جست‌وجوی متوالی استفاده شدند.

طراحی اولیه تکلیف: در مرحله بعد با استفاده از زبان برنامه‌نویسی جاوا مناسب برای برنامه‌اندروید، تکلیف جست‌وجوی متوالی مطالعه حاضر طراحی شد. این تکلیف شامل ۶ بلوک در هر ۲ حوزه است. بلوک‌های ۱ تا ۴ به‌عنوان بلوک‌های الگو، بلوک ۵ بلوک تصادفی و مجدداً بلوک ۶، بلوک الگوی نهایی است. هر بلوک یادگیری شامل ۶۰ نمونه آزمایشی (کوشش) است که به‌صورت یک توالی شش‌تایی ارائه شده و ۱۰ بار تکرار می‌شود. در بلوک تصادفی، هم توالی پاسخ‌ها و هم توالی نام تصاویر، متفاوت از بلوک الگو است [۹]. هر نمونه آزمایشی در این تکلیف با ارائه محرک بینایی که شامل ۴ تصویر در طرح دو در دو است، شروع می‌شود. تصاویر بر روی تبلت سامسونگ گلکسی تب 10A ارائه می‌شوند. دوره زمانی هر نمونه آزمایشی شامل تأخیر ۵۰۰ میلی‌ثانیه و سپس ارائه نام یکی از ۴ تصویر به‌صورت شنیداری از طریق هدفون است.

از هر کودک درخواست می‌شود تا حد ممکن سریع و دقیق، تصویر متناظر با محرک شنیداری را با دست برتر لمس کند. در این پژوهش، مشابه با مطالعه گابریل برای کاهش اضطراب‌های شناختی و حرکتی از صفحه لمسی برای انتخاب پاسخ استفاده شد [۴۲]. زمان واکنش و نوع پاسخ به هر آزمایش توسط برنامه ثبت می‌شود. زمان واکنش از شروع بیان کلمه تا زمان لمس تصویر متناظر در نظر گرفته می‌شود. پاسخ صحیح شامل لمس تصویر متناظر با محرک شنیداری ارائه‌شده است. فاصله بین ارائه محرک‌ها نیز ۵۰۰ میلی‌ثانیه است. از هر نمونه آزمایشی به نمونه آزمایشی دیگر در یک بلوک، مکان ۴ تصویر روی صفحه تغییر می‌کند و در نتیجه تکلیف حافظه روندی در ۲ حوزه بررسی می‌شود. در حوزه حرکتی، پاسخ‌های حرکتی که با لمس دست انجام می‌شود، از یک توالی تکراری تبعیت می‌کنند، اما توالی نام تصاویر به‌صورت نیمه‌تصادفی است. در حوزه کلامی نیز نام تصاویر از یک الگوی تکراری تبعیت می‌کند، درحالی‌که توالی پاسخ‌های حرکتی که با لمس دست صورت می‌گیرد، نیمه‌تصادفی است. بنابراین در توالی حرکتی، توالی تکرار شونده (۲-۴-۱-۳-۴-۲) است. در توالی کلامی توالی تکرار شونده (گربه، انگور، خانه، جوارب، خانه، انگور) است (تصویر شماره ۱). برای آشنایی شرکت‌کنندگان با تکلیف، ۱۰ نمونه آزمایشی تمرینی

متغیر صحت پاسخ در حوزه کلامی  $0/81$  ( $P=0/11$ )، و در حوزه حرکتی  $0/77$  ( $P=0/26$ ) بود. در مرحله تحکیم و حفظ، ضریب همبستگی برای متغیر زمان واکنش در حوزه کلامی  $0/737$  ( $P=0/02$ ) و در حوزه حرکتی  $0/743$  ( $P=0/01$ ) بود. همچنین ضریب همبستگی متغیر صحت پاسخ در حوزه کلامی  $0/624$  ( $P=0/13$ ) و در حوزه حرکتی  $0/916$  ( $P<0/01$ ) بود.

### یافته‌های مرحله رابطه بین حافظه روندی و دستور زبان

#### عملکرد شرکت کنندگان در تکلیف جست‌وجوی متوالی

قبل از تحلیل زمان واکنش، ابتدا کوشش‌های با پاسخ خطا حذف شدند و تنها کوشش‌هایی که پاسخ صحیح داشتند، وارد تحلیل زمان واکنش شدند. در مراحل یادگیری اولیه، تحکیم و حفظ، میانگین درصد پاسخ‌های صحیح در هر ۲ حوزه نزدیک به سقف بود و در تمامی مراحل یادگیری در حوزه کلامی، فقط  $4/17$  درصد و در حوزه حرکتی  $3/67$  درصد از کل کوشش‌ها پاسخ خطا داشتند. سپس شرکت‌کنندگانی که میانگین زمان واکنش آن‌ها ۲ انحراف معیار بالاتر و پایین‌تر از میانگین کل شرکت‌کنندگان بود، به‌عنوان داده پرت شناسایی و حذف شدند [۴۲]. براین اساس، داده‌های ۳ نفر از شرکت‌کنندگان (۲ پسر و ۱ دختر) از تحلیل خارج شدند. **تصویر شماره ۳**، میانگین زمان واکنش شرکت‌کنندگان در هر ۲ حوزه کلامی و حرکتی و در مراحل مختلف یادگیری را نشان می‌دهد.

#### تحلیل زمان واکنش در یادگیری روندی

برای بررسی معناداری تغییرات رخ داده در زمان واکنش بلوک ۱ تا ۴ یادگیری، نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر (آنووا) نشان داد اثر اصلی بلوک معنادار بود ( $\text{partial } \eta^2=0/740$ ;  $P<0/001$ ;  $F(3/14)=13/301$ ). ولی اثر اصلی حوزه معنادار نبود ( $\text{partial } \eta^2=0/188$ ;  $P=0/075$ ;  $F(1/16)=3/628$ ). نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر (آنووا) در بررسی اینکه آیا شرکت‌کنندگان تغییرات معناداری در زمان واکنش با تغییر بلوک الگو به تصادفی نشان می‌دهند یا خیر، نشان داد اثر اصلی بلوک معنادار بود ( $\text{partial } \eta^2=0/84$ ;  $P<0/001$ ;  $F(2/15)=41/034$ ). نتایج آزمون تی زوجی نشان داد افزایش معناداری در میانگین زمان واکنش بلوک ۵ در مقایسه با بلوک ۴ در حوزه کلامی ( $86/06$ =انحراف معیار،  $145/47$ =میانگین) و حوزه حرکتی ( $120/49$ =انحراف معیار،  $191/17$ =میانگین) وجود داشت، ولی اثر اصلی حوزه معنادار نبود ( $\text{partial } \eta^2=0/091$ ;  $P=0/224$ ;  $F(1/16)=1/603$ ).

#### تحلیل زمان واکنش در مراحل مختلف یادگیری و اثرات تحکیم و حفظ

نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر  $2 \times 3$  برای بررسی تغییرات رخ داده در میانگین زمان واکنش شرکت‌کنندگان در

برای نمایش محرک‌ها و ثبت پاسخ استفاده می‌شد. قبل از اجرای تکلیف، برای اطمینان از آشنایی کودکان با تصاویر، درک و بیان شرکت‌کنندگان از ۴ تصویر استفاده‌شده در تکلیف مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. همچنین کودکان، قبل از اجرای تکلیف ۱۰ نمونه آزمایشی را اجرا می‌کردند. سپس تمامی شرکت‌کنندگان تکلیف را در ۳ مرحله یادگیری اولیه، تحکیم (۲۴ ساعت بعد از یادگیری اولیه) و حفظ (۱ هفته بعد از یادگیری اولیه) ابتدا در حوزه کلامی و سپس با فاصله زمانی ۶ هفته‌ای در حوزه حرکتی اجرا کردند (**تصویر شماره ۲**) [۹]. اجرای تکلیف در مرحله یادگیری اولیه، ۱۵ دقیقه و در مرحله تحکیم و حفظ، ۵ دقیقه طول کشید. تمامی روند اجرا، توسط یک آسیب‌شناس گفتار و زبان، با تجربه کار در حوزه کودکان اجرا شد.

### تحلیل داده‌ها

در مرحله طراحی تکلیف، پایایی آزمون بازآزمون در مراحل مختلف با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. در مرحله رابطه‌سنجی، آماره‌های توصیفی (میانگین و انحراف معیار) برای ۲ متغیر زمان واکنش و صحت پاسخ در مراحل مختلف یادگیری و در هر ۲ حوزه محاسبه شد. یادگیری روندی در تکلیف جست‌وجوی متوالی به‌صورت کاهش زمان واکنش از بلوک ۱ تا ۴ و افزایش زمان واکنش در بلوک ۵ در مقایسه با بلوک‌های مجاور (۴ و ۶) نشان داده می‌شود. برای بررسی کاهش رخ داده در بلوک ۱ تا ۴ در ۲ حوزه از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر  $2 \times 2$  (بلوک×حوزه) استفاده شد. برای تعیین تغییرات رخ داده در بلوک ۵ در مقایسه با بلوک‌های مجاور در دو حوزه، تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر  $2 \times 3$  (بلوک×حوزه) اجرا شد. به‌منظور تعیین اثرات مراحل تحکیم و حفظ در دو حوزه، آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر  $2 \times 3$  با مراحل یادگیری و حوزه به‌عنوان متغیرهای درون‌فردی اجرا شد. متغیرهای وابسته این تحلیل شامل زمان واکنش در دو بلوک الگوی ۳ و ۴ در مرحله یادگیری، زمان واکنش در دو بلوک الگو در مرحله تحکیم و زمان واکنش در ۲ بلوک الگو در مرحله حفظ در هر دو حوزه بود. برای بررسی همبستگی حافظه روندی با مهارت‌های دستور زبان از روش آماری بوت استرپینگ (با هزار بار تکرار) استفاده شد. براساس نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها، از ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

### یافته‌ها

#### یافته‌های پایایی تکلیف

نتایج پایایی از نوع آزمون بازآزمون نشان داد ضریب همبستگی برای متغیر زمان واکنش در حوزه کلامی  $0/84$  ( $P<0/001$ ) و در حوزه حرکتی  $0/8$  ( $P<0/001$ )، همچنین ضریب همبستگی

جدول ۱. نمرات شرکت کنندگان در خرده‌آزمون‌های آزمون رشد زبان

متغیرها	میانگین $\pm$ انحراف معیار (تعداد=۲۰)
واژگان درکی <sup>۱</sup>	۱۴/۴۱ $\pm$ ۱/۵۴
واژگان ربطی <sup>۲</sup>	۱۳/۱۷ $\pm$ ۱/۱۳
واژگان شفاهی <sup>۲</sup>	۱۱/۹۴ $\pm$ ۱/۳۴
درک دستور <sup>۲</sup>	۱۲/۶۴ $\pm$ ۱/۲۲
تقلید جمله <sup>۲</sup>	۱۱/۱۷ $\pm$ ۲/۸۵
تکمیل دستور <sup>۲</sup>	۱۰/۴۱ $\pm$ ۱/۴۶

توانبخشی

۱. واژگان درکی ۲. واژگان بیانی ۳. درک دستور ۴. بیان دستور

در مرحله تحکیم از طریق فرمول «میانگین زمان واکنش در بلوک ۳ و ۴ مرحله یادگیری-میانگین زمان واکنش در مرحله تحکیم» و شاخص یادگیری در مرحله حفظ از طریق فرمول «میانگین زمان واکنش در مرحله تحکیم-میانگین زمان واکنش در مرحله حفظ» محاسبه شد. نمره بعد دستور با ترکیب نمرات استاندارد ۳ خرده‌آزمون درک دستور، تقلید جمله و تکمیل دستوری آزمون رشد زبان محاسبه شد. نتایج ارزیابی وضعیت زبانی شرکت کنندگان با استفاده از آزمون رشد زبان در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

همبستگی بین شاخص یادگیری در مراحل مختلف با نمرات استاندارد خرده‌آزمون‌های درک دستور، تقلید جمله، تکمیل دستور و بعد دستور به صورت کلی محاسبه شد. (جدول شماره ۲). نتایج نشان داد در حوزه حرکتی، ارتباط معناداری بین خرده‌آزمون‌های دستور و نمره دستور به صورت کلی با شاخص یادگیری در مراحل مختلف یادگیری دیده نشد. در حوزه کلامی، ارتباط معناداری بین شاخص یادگیری در مرحله یادگیری اولیه

مراحل مختلف یادگیری نشان داد اثر اصلی مراحل یادگیری اصلی حوزه  $(\text{partial } \eta^2 = 0/102; P = 0/448; F(2/15) = 0/848)$  و اثر اصلی حوزه  $(\text{partial } \eta^2 = 0/111; P = 0/177; F(1/16) = 1/993)$  معنادار نبود. این یافته نشان دهنده این است که هر چند شرکت کنندگان کاهش مدت زمان واکنش در مراحل بعدی یادگیری را نسبت به مرحله اولیه نشان دادند و کودکان علائمی از تحکیم و حفظ را نشان دادند، ولی این کاهش در ۲ حوزه از نظر آماری معنادار نبود (تصویر شماره ۴).

## ارتباط بین یادگیری روندی و مهارت‌های دستوری

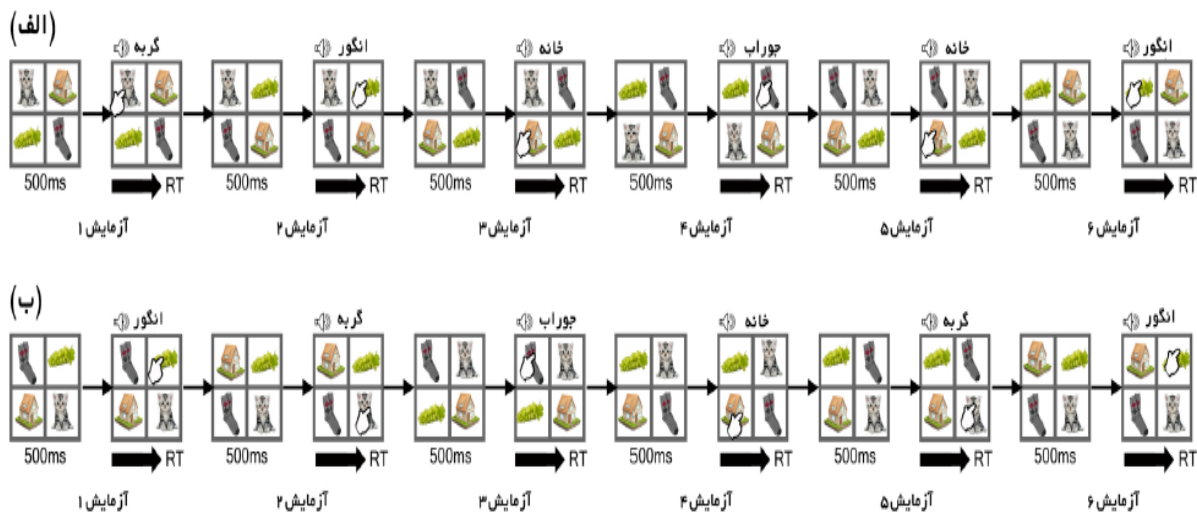
برای بررسی ارتباط بین حافظه روندی و مهارت‌های دستوری، ابتدا شاخص یادگیری توالی برای مراحل مختلف محاسبه شد. شاخص یادگیری توالی در مرحله یادگیری برای هر کدام از شرکت کنندگان و برای هر یک از حوزه‌ها با استفاده از فرمول «میانگین زمان واکنش بلوک ۵- (میانگین زمان واکنش بلوک ۴ + میانگین زمان واکنش بلوک ۶/۲) محاسبه شد. شاخص یادگیری

جدول ۲. ارتباط بین خرده‌آزمون‌های دستور و نمره دستور به صورت کلی و شاخص‌های یادگیری در مراحل مختلف تکلیف جست‌وجوی متوالی

خرده‌آزمون	مرحله یادگیری اولیه (تعداد=۱۷)		مرحله تحکیم (تعداد=۱۷)		مرحله حفظ (تعداد=۱۷)	
	حوزه کلامی*	حوزه حرکتی	حوزه کلامی	حوزه حرکتی	حوزه کلامی	حوزه حرکتی
دستور <sup>#</sup>	$r = -0/211$	$r = -0/093$	$r = -0/491$	$r = -0/156$	$r = -0/11$	$r = -0/211$
	$P = 0/416$	$P = 0/722$	$P = 0/045$	$P = 0/549$	$P = 0/966$	$P = 0/416$
درک دستور <sup>*</sup>	$r = -0/162$	$r = -0/187$	$r = -0/479$	$r = -0/059$	$r = -0/016$	$r = -0/111$
	$P = 0/513$	$P = 0/427$	$P = 0/028$	$P = 0/854$	$P = 0/919$	$P = 0/693$
تقلید جمله <sup>#</sup>	$r = -0/271$	$r = -0/059$	$r = -0/261$	$r = -0/137$	$r = -0/103$	$r = -0/228$
	$P = 0/292$	$P = 0/822$	$P = 0/154$	$P = 0/600$	$P = 0/694$	$P = 0/257$
تکمیل دستور <sup>#</sup>	$r = -0/057$	$r = -0/048$	$r = -0/454$	$r = -0/298$	$r = -0/229$	$r = -0/286$
	$P = 0/827$	$P = 0/854$	$P = 0/067$	$P = 0/245$	$P = 0/376$	$P = 0/265$

توانبخشی

\* همبستگی اسپیرمن  
# همبستگی پیرسون



## توانبخشی

تصویر ۱. طرح ۶ کوشش تکلیف جست‌وجوی متوالی. الف. در حوزه کلامی، کودکان به‌صورت ضمنی یاد می‌گیرند به ترتیب تصاویر (گربه، انگور، خانه، جوراب، خانه، انگور) را لمس کنند و توالی پاسخ حرکتی به‌صورت نیمه‌تصادفی است. در حوزه حرکتی، کودکان به‌صورت ضمنی یاد می‌گیرند به ترتیب جایگاه‌ها (۲-۴-۱-۳-۴-۲) را لمس کنند و توالی محرک‌های شنیداری ارائه‌شده به‌صورت نیمه‌تصادفی است.

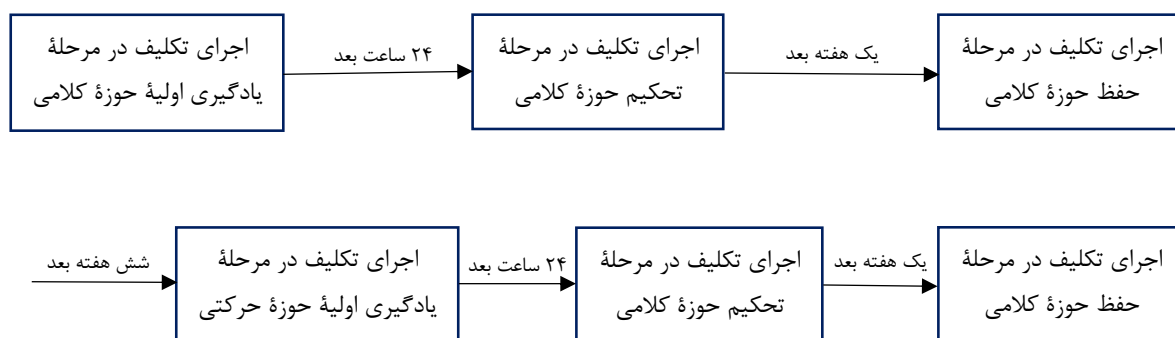
متوالی طراحی شد و سپس روایی صوری بررسی شد. بعد از رفع مشکلات، پایایی آزمون بازآزمون تکلیف بررسی شد. نتایج پایایی نشان داد مشابه با مطالعه صالحی و همکاران، تکلیف مطالعه حاضر در متغیرهای زمان واکنش و صحت پاسخ در هر ۲ حوزه کلامی و حرکتی و در مراحل مختلف یادگیری پایایی مطلوبی دارد [۱۸]. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تکلیف جست‌وجوی متوالی می‌تواند به‌عنوان تکلیفی روا و پایا برای ارزیابی مراحل مختلف یادگیری روندی در حوزه‌های کلامی و حرکتی در کودکان ۷ تا ۹ ساله فارسی‌زبان دارای روند رشد طبیعی استفاده شود. نکته مهم دیگر در استفاده از این تکلیف، نوع پاسخ شرکت‌کنندگان است که مشابه با مطالعه گابریل (۲۰۱۲) [۴۲]، با لمس دست صورت می‌گیرد. در اکثر تکالیف رایج، نوع پاسخ شرکت‌کنندگان به‌صورت فشار دادن کلید متناظر با محرک در صفحه کلید است [۲۰، ۴۴-۴۶]. این نحوه پاسخ، اضطراب‌های شناختی و حرکتی برای مراجع دارد که ممکن است به‌عنوان متغیر میانجی عمل کرده و نتایج ارزیابی حافظه روندی را تحت تأثیر قرار دهد.

و حفظ با دستور دیده نشد، ولی بین شاخص یادگیری در مرحله تحکیم حوزه کلامی و نمرات درک دستور ( $P < 0.05$ )،  $r = 0.772$  - و دستور به‌صورت کلی ( $P < 0.05$ )،  $r = 0.479$ ،  $CI = 0.069$  -  $r = 0.491$ ،  $CI = 0.016$  ارتباط معنادار وجود داشت.

## بحث

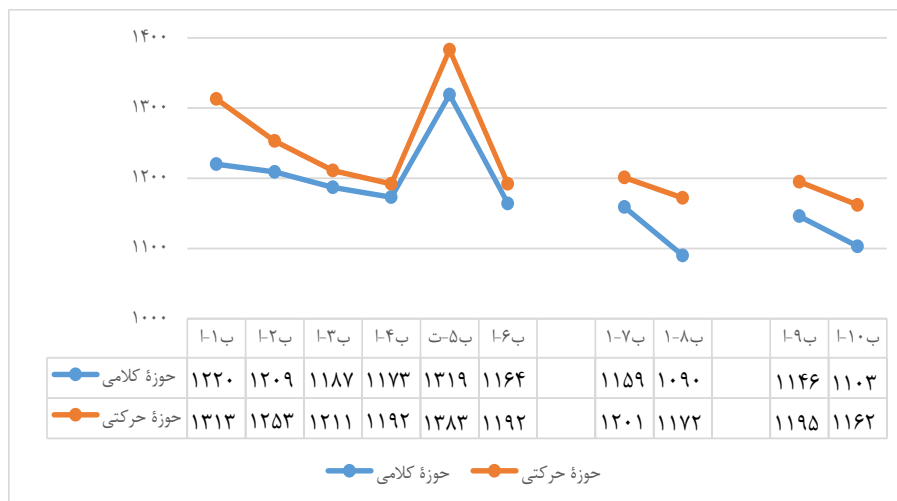
هدف اصلی مطالعه حاضر طراحی تکلیفی روا و پایا برای ارزیابی حافظه روندی بود. همچنین وضعیت عملکرد کودکان در حوزه‌ها و مراحل مختلف یادگیری حافظه روندی و ارتباط عملکرد این کودکان در تکلیف حافظه روندی با مهارت‌های دستور زبان آن‌ها بررسی شد.

ابتدا مشابه با مطالعه دسموتس [۹] با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از ویژگی‌های روان‌زبان‌شناختی و در نظر گرفتن نظرات ۳ متخصص، تصاویر انتخاب شدند. با استفاده از تصاویر دارای بالاترین توافق نام و میزان آشنایی، تکلیف جست‌وجوی



## توانبخشی

تصویر ۲. فرایند اجرای تکلیف جست‌وجوی متوالی



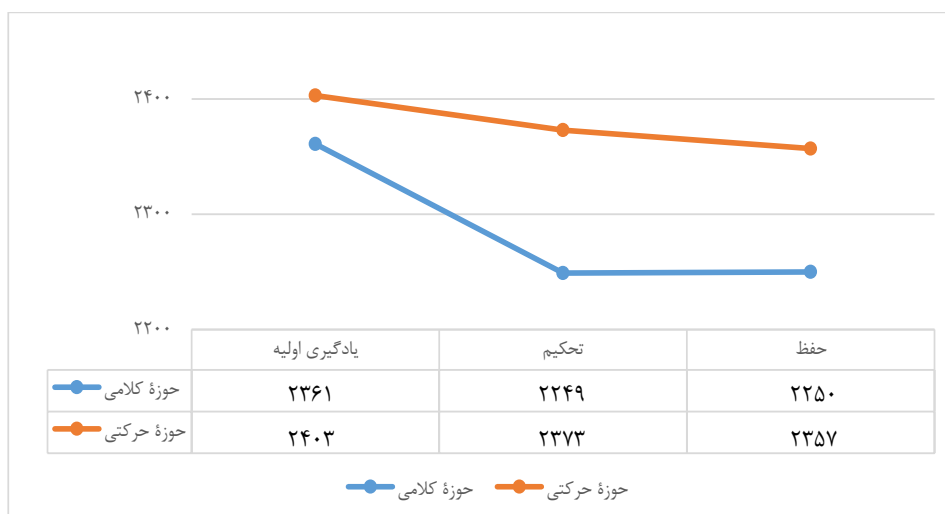
توانبخشی

تصویر ۳. میانگین زمان واکنش کودکان در حوزه‌های کلامی و حرکتی و در مراحل مختلف یادگیری  
ب: بلوک، ا: الگو، ت: تصادفی.

کودکان نشانه‌هایی از تحکیم را نشان دادند، ولی این اثرات معنادار نبود [۱۹] و با مطالعه آدی جافا که کودکان دارای روند رشد طبیعی کاهش معناداری را در مرحله حفظ در مقایسه با مرحله تحکیم نشان ندادند [۳۲] همسو است. باین حال یافته‌هایی مبنی بر وجود اثرات معنادار تحکیم و حفظ نیز گزارش شده است [۱۰]. یکی از علت‌های احتمالی برای معنادار نبودن اثرات تحکیم و حفظ در این مطالعه، تفاوت دامنه سنی شرکت‌کنندگان است. بازه سنی شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر ۷ تا ۹ سال بود، در حالی که شرکت‌کنندگان مطالعه دسموتس در بازه سنی ۷ تا ۱۲ سال بودند. با توجه به اینکه حجم ماده خاکستری مغز از سن ۶ تا ۱۰ سالگی، افزایش می‌یابد و پس از آن، روند کاهشی دارد، این کاهش، تا حدودی نتیجه افزایش کلی ماده سفید بافت مغز است. گاروی و همکاران فرض کردند افزایش در ماده سفید بافت مغز به کاهش زمان هدایت پیام عصبی منجر می‌شود که می‌تواند

نتایج اجرای تکلیف جست‌وجوی متوالی بر روی شرکت‌کنندگان در مرحله دوم مطالعه نشان داد کودکان فارسی‌زبان، یادگیری روندی را در هر ۲ حوزه نشان دادند که مشابه با نتایج مطالعات گذشته بود [۹]. یادگیری روندی به صورت کاهش معنادار مدت زمان واکنش در بلوک‌های الگو (۱ به ۴) و افزایش معنادار زمان واکنش در بلوک تصادفی [۵] در مقایسه با بلوک‌های مجاور (۴ و ۶) اتفاق افتاد. این یافته نشان‌دهنده این است که تکلیف طراحی شده، یادگیری روندی کودکان را به درستی بررسی می‌کند. همچنین اثر اصلی حوزه معنادار نبود، به این معنا که مشابه با مطالعه دسموتس [۹] این تغییرات در دو حوزه با سرعت مشابهی اتفاق افتاد.

در این مطالعه، کودکان نشانه‌هایی از تحکیم و حفظ را نشان دادند ولی این اثرات معنادار نبود. این نتایج با مطالعه هدنوس که



توانبخشی

تصویر ۴. میانگین زمان واکنش در بلوک ۳ و ۴ مرحله یادگیری اولیه و بلوک‌های الگوی مرحله تحکیم و حفظ



خود را به صورت کاهش زمان واکنش و افزایش کنترل حرکتی آشکار کند [۴۷، ۴۸].

احتمالاً به دلیل اینکه شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر در بازه سنی ۷ تا ۹ سال (با میانگین سنی ۸ سال) بودند، هنوز نتوانسته‌اند در زمان‌بندی حرکتی به بلوغ برسند و بنابراین در مرحله تحکیم و حفظ نمی‌توانند به صورت معناداری بهتر از مرحله یادگیری عمل کنند. علت احتمالی دیگر، نوع تکلیف استفاده شده در این پژوهش در مقایسه با مطالعه دسموتس است. در مطالعه دسموتس در هر بلوک، کوشش‌های الگو و تصادفی وجود داشت. تفاوت زمان واکنش کوشش‌های الگو و تصادفی برای اندازه‌گیری اثرات تحکیم و حفظ در نظر گرفته شد. در مطالعه حاضر ۲ بلوک الگو در مرحله حفظ و تحکیم ارائه شد و تفاوت زمان واکنش در مرحله تحکیم و حفظ نسبت به زمان واکنش در ۲ بلوک الگوی آخر (۳ و ۴) مرحله یادگیری اولیه به‌عنوان شاخص اثرات تحکیم و حفظ در نظر گرفته شد. تفاوت زمان واکنش بلوک الگو و تصادفی به علت تغییر ناگهانی توالی، بیشتر از تغییر رخ داده در بلوک‌های الگو است و این امر می‌تواند علت معنادار نبودن اثرات تحکیم و حفظ در مطالعه حاضر باشد. با توجه به اهمیت خواب در تثبیت و ارتقای یادگیری در حافظه روندی [۴۹] کمیت و کیفیت خواب افراد هم می‌تواند بر معنادار نشدن اثرات تحکیم و حفظ مؤثر باشد. در مطالعه حاضر وضعیت خواب شرکت‌کنندگان بررسی نشد. کاهش رخ داده در زمان واکنش در مرحله تحکیم و حفظ، نشان‌دهنده این است که تکلیف به‌درستی مراحل مختلف یادگیری را در کودکان دارای روند رشد طبیعی بررسی می‌کند.

ارتباطی بین عملکرد در حافظه روندی و دستور زبان در تمامی مراحل یادگیری در حوزه حرکتی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد نوع درون‌داد ارائه‌شده در نبود رابطه معنادار مؤثر باشد. براساس یافته‌های برخی مطالعات رفتاری [۲۳، ۵۰]، زمانی ارتباط معنادار بین عملکرد یادگیری روندی و پردازش زبان دیده می‌شود که توالی ارائه‌شده کلامی باشد.

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، ارتباطی بین حافظه روندی و مهارت‌های دستوری در حوزه کلامی در مرحله یادگیری اولیه و حفظ، وجود نداشت. این یافته هم‌راستا با برخی مطالعات گذشته است [۱۰، ۱۹، ۳۴، ۵۱]. باین حال برخی مطالعات، یافته‌های متناقضی گزارش کردند [۹، ۲۶، ۳۴، ۴۵]. یکی از علت‌های احتمالی که می‌توان برای تناقض موجود ارائه کرد، نوع تکلیف دستوری زبان استفاده‌شده در پژوهش حاضر است. در برخی از مطالعاتی که رابطه بین دستور زبان و عملکرد حافظه روندی را نشان دادند، ساختارهای دستوری خاص که پیچیده‌تر هستند و احتمال تسلط کامل شرکت‌کنندگان بر آن‌ها کمتر است استفاده شده است. به‌عنوان مثال، در مطالعه کید (۲۰۱۲) که رابطه بین حافظه روندی و مهارت‌های دستوری گزارش شده بود، از ساختار مجهول کامل استفاده شده است [۲۵]. نویسندگان این مطالعه

نتیجه گرفتند حافظه روندی با درک عبارات ربطی مجهول و مفعولی مرتبط است، ولی با درک عبارات ربطی معلوم و فاعلی مرتبط نیست [۲۴]. آزمون دستور زبان مورد استفاده در پژوهش حاضر، درک و بیان جملات دارای ساختارهای نحوی رایج و به‌کارگیری اشکال تکواژشناختی رایج را بررسی می‌کند و ساختار نحوی خاصی را به‌طور ویژه بررسی نمی‌کند. به نظر می‌رسد اگر از ساختارهای نحوی اختصاصی و پیچیده‌تر برای ارزیابی دستور استفاده شود، ممکن است نتایج متفاوتی در بررسی همبستگی به دست آید. از طرف دیگر باید توجه داشت که حجم نمونه شرکت‌کنندگان مطالعه و همچنین وضعیت خواب شرکت‌کنندگان نیز می‌تواند بر یافته اخیر مؤثر باشد.

از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر این بود که در مرحله تحکیم در حوزه کلامی، افزایش عملکرد در درک دستور و به‌طور کلی دستور زبان، با افزایش عملکرد در حافظه روندی مرتبط بود. این یافته با نتایج مطالعه هدنیوس که ارتباط بین گرامر و یادگیری توالی در مرحله تحکیم را با استفاده از تکلیف زمان واکنش متوالی متناوب نشان داد همسواست [۱۹]. این یافته بخش روندی مدل اخباری‌روندی را در مرحله تحکیم و تنها در حوزه کلامی تأیید می‌کند.

مدل اخباری‌روندی، چارچوبی نظری را فراهم می‌کند که بر مبنای آن، اگر بین حافظه روندی و مهارت‌های دستوری ارتباط وجود داشته باشد، می‌توان از تکنیک‌های ارتقای حافظه روندی برای یادگیری دستور استفاده کرد. این دیدگاه، چشم‌انداز جدیدی را در درمان کودکان با اختلالات دستور زبان در اختیار آسیب‌شناسان گفتار و زبان قرار می‌دهد [۵۲]. درمانگران می‌توانند از تکنیک‌هایی که یادگیری در حافظه روندی را ارتقا می‌بخشند، مانند تکرار با فاصله (داشتن فاصله زمانی بین ارائه مکرر یک آیتم) [۵۳] برای بهبود یادگیری ساختارهای دستوری و به‌خصوص حفظ آن ساختارها در حافظه استفاده کنند [۵۴].

### نتیجه‌گیری

تکلیف جست‌وجوی متوالی، تکلیفی روا و پایا برای ارزیابی حافظه روندی در کودکان فارسی‌زبان است. این تکلیف توانست یادگیری روندی کودکان را در ۲ حوزه نشان دهد. همچنین کاهش رخ داده در مراحل تحکیم و حفظ را نسبت به مرحله یادگیری اولیه نشان داد، هرچند که این کاهش معنادار نبود. همچنین نتایج مطالعه حاضر ارتباط بین دستور زبان و یادگیری روندی را در حوزه کلامی و در مرحله تحکیم نشان داد.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر، دامنه سنی محدود شرکت‌کنندگان و محدودیت سنی نمونه‌ها و ریزش حجم نمونه در مرحله دوم مطالعه بود. از محدودیت‌های دیگر پژوهش حاضر، عدم وجود آزمون رسمی ارزیابی زبان برای کودکان بالای ۹ سال

در داخل کشور بود که به دنبال آن شرکت کنندگان سنین بالاتر وارد مطالعه نشدند. براین اساس پیشنهاد می شود تکالیف زبانی که بتوانند مهارت‌های زبانی را در سنین بالاتر ارزیابی کنند، طراحی شوند تا بتوان مطالعه حاضر را در دامنه سنی گسترده‌تر نیز انجام داد. همچنین در مطالعه حاضر وضعیت خواب شرکت کنندگان در مراحل مختلف بررسی نشد. پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی وضعیت خواب شرکت کنندگان به عنوان متغیر مخدوش کننده مورد توجه و کنترل قرار گیرد. همچنین نویسندگان پژوهش حاضر پیشنهاد می کنند برای بررسی ارتباط بین حافظه روندی و دستور زبان از تکالیفی که به طور ویژه ساختارهای نحوی پیچیده تر را ارزیابی می کنند (مهارت‌های زبانی که در روند رشد دیرتر کسب می شوند)، در پژوهش‌های آینده استفاده شود. همچنین پیشنهاد می شود در طراحی تکالیف، در هر بلوک از کوشش‌های الگو و تصادفی به طور هم‌زمان استفاده شود تا یادگیری روندی شرکت کنندگان و اثرات تحکیم و حفظ بهتر مشخص شود.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش مورد تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی قرار گرفته است و دارای کد اخلاق (IR.USWR.REC.1397.164) است. پیش از انجام مطالعه، والدین تمامی شرکت کنندگان فرم رضایت آگاهانه را تکمیل و امضا کردند.

### حامی مالی

این مقاله برگرفته شده از رساله دکتری نویسنده اول، مریم ملکیان، در گروه گفتاردرمانی دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی است.

### مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی و روش‌شناسی: مریم ملکیان، طلایه ظریفیان، یلدا کاظمی؛ اعتبارسنجی و تحلیل داده‌ها: مریم ملکیان؛ تحقیق و بررسی: مریم ملکیان، اکرم احمدی؛ نگارش پیش‌نویس، ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: مریم ملکیان، طلایه ظریفیان، یلدا کاظمی، اکرم احمدی.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

## References

- [1] Koch FS, Sundqvist A, Thornberg UB, Nyberg S, Lum JAG, Ullman MT, et al. Procedural memory in infancy: Evidence from implicit sequence learning in an eye-tracking paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2020; 191:104733. [DOI:10.1016/j.jecp.2019.104733] [PMID]
- [2] Ullman MT, Pierpont EI. Specific language impairment is not specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex*. 2005; 41(3):399-433. [DOI:10.1016/S0010-9452(08)70276-4] [PMID]
- [3] Perruchet P, Pacton S. Implicit learning and statistical learning: One phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences*. 2006; 10(5):233-8. [DOI:10.1016/j.tics.2006.03.006] [PMID]
- [4] Ullman MT. A neurocognitive perspective on language: The declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience*. 2001; 2(10):717-26. [DOI:10.1038/35094573] [PMID]
- [5] Ullman MT. Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*. 2004; 92(1-2):231-70. [DOI:10.1016/j.cognition.2003.10.008] [PMID]
- [6] Ullman MT. The declarative/procedural model: A neurobiologically motivated theory of first and second language. In: VanPatten B, Williams J editors. *Theories in second language acquisition: An introduction*. New York: Routledge; 2015. [Link]
- [7] Ullman MT, Pullman MY. A compensatory role for declarative memory in neurodevelopmental disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2015; 51:205-22. [DOI:10.1016/j.neubiorev.2015.01.008] [PMID] [PMCID]
- [8] Romero-Munguía MÁ. Mnestic imbalance: a cognitive theory about autism spectrum disorders. *Annals of General Psychiatry*. 2008; 7:20. [DOI:10.1186/1744-859X-7-20] [PMID] [PMCID]
- [9] Desmottes L, Meulemans T, Maillart C. Implicit spoken words and motor sequences learning are impaired in children with specific language impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2016; 22(5):520-9. [DOI:10.1017/S135561771600028X] [PMID]
- [10] Desmottes L, Maillart C, Meulemans T. Memory consolidation in children with specific language impairment: Delayed gains and susceptibility to interference in implicit sequence learning. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2017; 39(3):265-85. [DOI:10.1080/13803395.2016.1223279] [PMID]
- [11] Plante E, Gomez R, Gerken L. Sensitivity to word order cues by normal and language/learning disabled adults. *Journal of Communication Disorders*. 2002; 35(5):453-62. [DOI:10.1016/S0021-9924(02)00094-1] [PMID]
- [12] Robertson EM. The serial reaction time task: implicit motor skill learning? *The Journal of neuroscience*. 2007; 27(38):10073-5. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.2747-07.2007] [PMID] [PMCID]
- [13] Evans JL, Saffran JR, Robe-Torres K. Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of speech, Language, And Hearing Research*. 2009; 52(2):321-35. [DOI:10.1044/1092-4388(2009/07-0189)] [PMID]
- [14] Hsu HJ, Bishop DV. Sequence-specific procedural learning deficits in children with specific language impairment. *Developmental Science*. 2014; 17(3):352-65. [DOI:10.1111/desc.12125] [PMID] [PMCID]
- [15] Lukács A, Kemény F. Domain-general sequence learning deficit in specific language impairment. *Neuropsychology*. 2014; 28(3):472-83. [DOI:10.1037/neu0000052] [PMID]
- [16] Robertson EM, Pascual-Leone A, Miall RC. Current concepts in procedural consolidation. *Nature reviews. Neuroscience*. 2004; 5(7):576-82. [DOI:10.1038/nrn1426] [PMID]
- [17] Doyon J, Benali H. Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current opinion in neurobiology*. 2005; 15(2):161-7. [DOI:10.1016/j.conb.2005.03.004] [PMID]
- [18] Salehi SK, Zarghami M, Humanian D. [The effect of consecutive stimuli method (blocked, random) on explicit and implicit of visual motor sequences learning (Persian)]. *Motor Behavior*. 2014; 5(14):67-90. [Link]
- [19] Hedenius M, Persson J, Tremblay A, Adi-Japha E, Verissimo J, Dye CD, et al. Grammar predicts procedural learning and consolidation deficits in children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*. 2011; 32(6):2362-75. [DOI:10.1016/j.ridd.2011.07.026] [PMID] [PMCID]
- [20] Lum JA, Bleses D. Declarative and procedural memory in Danish speaking children with specific language impairment. *Journal of Communication Disorders*. 2012; 45(1):46-58. [DOI:10.1016/j.jcomdis.2011.09.001] [PMID]
- [21] Jahangirir N, Ashrafzadeh F, Ghanaei A, Alam A. [Investigation of procedural memory in Persian-speaking children with specific language impairment (SLI) (Persian)]. *Speech and Language Pathology Journal*. 2014; 1(3):31-40. [Link]
- [22] Nissen MJ, Bullemer P. Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*. 1987; 19(1):1-32. [DOI:10.1016/0010-0285(87)90002-8]
- [23] Goschke T, Friederici AD, Kotz SA, van Kampen A. Procedural learning in Broca's aphasia: Dissociation between the implicit acquisition of spatio-motor and phoneme sequences. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2001; 13(3):370-88. [DOI:10.1162/08989290151137412] [PMID]
- [24] Kidd E, Arciuli J. Individual differences in statistical learning predict children's comprehension of syntax. *Child Development*. 2016; 87(1):184-93. [DOI:10.1111/cdev.12461] [PMID]
- [25] Kidd E. Implicit statistical learning is directly associated with the acquisition of syntax. *Developmental Psychology*. 2012; 48(1):171-84. [DOI:10.1037/a0025405] [PMID]
- [26] Tomblin JB, Mainela-Arnold E, Zhang X. Procedural learning in adolescents with and without specific language impairment. *Language Learning and Development*. 2007; 3(4):269-93. [DOI:10.1080/15475440701377477]
- [27] Clark GM, Lum JA. Procedural memory and speed of grammatical processing: Comparison between typically developing children and language impaired children. *Research in Developmental Disabilities*. 2017; 71:237-47. [DOI:10.1016/j.ridd.2017.10.015] [PMID]
- [28] Lammertink I, Boersma P, Wijnen F, Rispen J. Children with developmental language disorder have an auditory verbal statistical learning deficit: Evidence from an online measure. *Language Learning*. 2020; 70(1):137-78. [DOI:10.1111/lang.12373]

- [29] Lum JA, Kidd E. An examination of the associations among multiple memory systems, past tense, and vocabulary in typically developing 5-year-old children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2012; 55(4):989-1006. [DOI:10.1044/1092-4388(2011/10-0137)] [PMID]
- [30] Kidd E, Kirjavainen M. Investigating the contribution of procedural and declarative memory to the acquisition of past tense morphology: Evidence from Finnish. *Language and Cognitive Processes*. 2011; 26(4-6):794-829. [DOI:10.1080/01690965.2010.493735]
- [31] Desmottes L, Meulemans T, Maillart C. Later learning stages in procedural memory are impaired in children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*. 2016; 48:53-68. [DOI:10.1016/j.ridd.2015.10.010] [PMID]
- [32] Adi-Japha E, Strulovich-Schwartz O, Julius M. Delayed motor skill acquisition in kindergarten children with language impairment. *Research in Developmental Disabilities*. 2011; 32(6):2963-71. [DOI:10.1016/j.ridd.2011.05.005] [PMID]
- [33] West G, Vadillo MA, Shanks DR, Hulme C. The procedural learning deficit hypothesis of language learning disorders: We see some problems. *Developmental Science*. 2018; 21(2):e12552. [DOI:10.1111/desc.12552] [PMID] [PMCID]
- [34] Spit S, Rispens J. On the relation between procedural learning and syntactic proficiency in gifted children. *Journal of Psycholinguistic Research*. 2019; 48(2):417-29. [DOI:10.1007/s10936-018-9611-6] [PMID] [PMCID]
- [35] Ahmadi Z, Jarollahi F, Ahadi M, Hosseini AF. Normalization and validation of Auditory Processing Domain Questionnaire in normal 8-12 year-old children. *Auditory and Vestibular Research*. 2017; 26(2):93-8. [Link]
- [36] Hasanzadeh S, Minaei A. [Adaptation and standardization of the test of TOLD-P: 3 for Farsi-speaking children of Tehran (persian)]. *Journal of Exceptional Children*. 2002; 1(2):119-134. [DOI:10.1001.1.16826612.1380.1.2.1.1]
- [37] Cottrell R, McKenzie J. *health promotion & education research methods: Using the five chapter thesis/ dissertation model*. Canada: Jones & Bartlett Publishers; 2010. [Link]
- [38] Vitevitch MS, Ercal G, Adagarla B. Simulating retrieval from a highly clustered network: Implications for spoken word recognition. *Frontiers in Psychology*. 2011; 2:369. [DOI:10.3389/fpsyg.2011.00369] [PMID] [PMCID]
- [39] Boyle M. Semantic feature analysis treatment for aphasic word retrieval impairments: What's in a name? *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2010; 17(6):411-22. [DOI:10.1310/tsr1706-411] [PMID]
- [40] Marful A, Gómez-Ariza CJ, Barbón A, Bajo T. Forgetting “novel” but not “dragon”: the role of age of acquisition on intentional and incidental forgetting. *PLoS One*. 2016; 11(5):e0155110. [DOI:10.1371/journal.pone.0155110] [PMID] [PMCID]
- [41] Hassanati F, Nilipour R, Ghoreishi Z S, Pourshahbaz A, Momenian M. picture naming in children with and without specific language impairment: An error analysis study. *Iranian Rehabilitation Journal*. 2018; 16(3):289-296. [DOI:10.32598/irj.16.3.289]
- [42] Gabriel A, Stefaniak N, Maillart C, Schmitz X, Meulemans T. Procedural visual learning in children with specific language impairment. *American Journal of Speech-Language Pathology*. 2012; 21(4):329-41. [DOI:10.1044/1058-0360(2012/11-0044)] [PMID]
- [43] Salehi SK, Talebrokni FS, Miri-Lavasani N, Hajipour A. Explicit and implicit motor sequence learning: Motor learning analysis in children with Down syndrome. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 2019; 15(57):266-79. [DOI:10.5232/ri-cyde2019.05705]
- [44] Lum JA, Gelgic C, Conti-Ramsden G. Procedural and declarative memory in children with and without specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*. 2010; 45(1):96-107. [DOI:10.3109/13682820902752285] [PMID] [PMCID]
- [45] Lum JA, Conti-Ramsden G, Page D, Ullman MT. Working, declarative and procedural memory in specific language impairment. *Cortex*. 2012; 48(9):1138-54. [DOI:10.1016/j.cortex.2011.06.001] [PMID] [PMCID]
- [46] Lum JA, Conti-Ramsden G, Morgan AT, Ullman MT. Procedural learning deficits in specific language impairment (SLI): A meta-analysis of serial reaction time task performance. *Cortex*. 2014; 51(100):1-10. [DOI:10.1016/j.cortex.2013.10.011] [PMID] [PMCID]
- [47] Garvey MA, Ziemann U, Bartko JJ, Denckla MB, Barker CA, Wassermann EM. Cortical correlates of neuromotor development in healthy children. *Clinical Neurophysiology*. 2003; 114(9):1662-70. [DOI:10.1016/S1388-2457(03)00130-5] [PMID]
- [48] Savion-Lemieux T, Bailey JA, Penhune VB. Developmental contributions to motor sequence learning. *Experimental Brain Research*. 2009; 195(2):293-306. [DOI:10.1007/s00221-009-1786-5] [PMID]
- [49] Brawn TP, Nusbaum HC, Margoliash D. Sleep consolidation of interfering auditory memories in starlings. *Psychological Science*. 2013; 24(4):439-47. [DOI:10.1177/0956797612457391] [PMID]
- [50] Conway CM, Pisoni DB. Neurocognitive basis of implicit learning of sequential structure and its relation to language processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2008; 1145:113-131. [DOI:10.1196/annals.1416.009] [PMID] [PMCID]
- [51] GABRIEL A, Meulemans T, Parrisé C, Maillart C, Gabriel A, Meulemans T, et al. Procedural learning across modalities in French-speaking children with specific language impairment. *Applied Psycholinguistics*. 2015; 36(3):747-69. [DOI:10.1017/S0142716413000490]
- [52] Ullman MT, Lovelett JT. Implications of the declarative/procedural model for improving second language learning: The role of memory enhancement techniques. *Second Language Research*. 2018; 34(1):39-65. [DOI:10.1177/0267658316675195]
- [53] Cepeda NJ, Pashler H, Vul E, Wixted JT, Rohrer D. Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*. 2006; 132(3):354-80. [DOI:10.1037/0033-2909.132.3.354] [PMID]
- [54] Ambridge B, Theakston AL, Lieven EV, Tomasello M. The distributed learning effect for children's acquisition of an abstract syntactic construction. *Cognitive Development*. 2006; 21(2):174-93. [DOI:10.1016/j.cogdev.2005.09.003]