

## Research Paper

## The Effect of Combination of Motor Imagery and Action Observation on Learning of Badminton High Serve Skill in Different Age Groups with Emphasis on role of Mirror Neurons

F. Mohammadi<sup>1</sup>, M. RafeiBoroujeni<sup>2</sup>

1. MSc in Motor Behavior, Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan

2. Assistant Professor, Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan. (Corresponding Author)

Received: 2022/04/19

Accepted: 2022/09/11

---

---

### Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of combining motor imagery and action observation on retention and transfer of Badminton Long Service skill in different age groups with emphasis on the role of mirror neurons. This study was quasi-experimental research with non-equivalent pretest-posttest control group design. Thirty healthy females in adolescent ( $14\pm 2.2$  years), adult ( $34\pm 3.6$  years) and older adult ( $63\pm 1.4$  years) age groups conveniently selected and assigned in 10-person groups. Scott and Fox's Badminton Long Service was done during pre-test and then electroencephalography was used to record mirror neuron activation pattern from C3, C4 and CZ of brain areas during baseline and combination of motor imagery and action observation. Participants watched a video of the proper performance of the badminton long service containing six repetitions three times in each session, while simultaneously performing PETTLEP motor imagery. The intervention was performed three days a week for six weeks. Then, participants participated in retention test after three days without intervention and one day later, transfer test was administered. Data were analyzed using mixed analysis of variance and analysis of covariance. The results revealed that following the intervention, the performance of all intervention groups improved significantly. There were no significant differences between retention and transfer test of badminton long service and mirror neuron activation during combination of action observation and motor imagery between different age groups. Therefore, the age factor was not effective on learning of badminton long service when participant participated in the combination of motor imagery and action observation intervention.

**Keywords:** PETTLEP's Mental Imagery, Action Observation, Motor Imagery, Mirror Neurons.

---

---

1. Email: fatemeh.mohamadi72@yahoo.com

2. Email: m.rafei@spr.ui.ac.ir



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## Extended Abstract

### Background and Purpose

It has been reported that it is possible to combine motor imagery with action observation and this combination modulates neurophysiological and behavioral components of motor performance (1). The combination of action observation and motor imagery produces increased activity in motor-related brain areas, compared to action observation or motor imagery alone and that it can significantly modulate both neurophysiological and behavioral components of motor execution. These findings have been repeated in various studies but the research in the field of combining action observation and motor imagery is still in its initial stage. Although there may be potential benefits of combination of action observation and motor imagery on motor learning, these may present differently over the lifespan (2). The purpose of this study was to determine the effect of combining motor imagery and action observation on retention and transfer of Badminton Long Serve skill in different age groups with emphasis on the role of mirror neurons.

### Materials and Methods

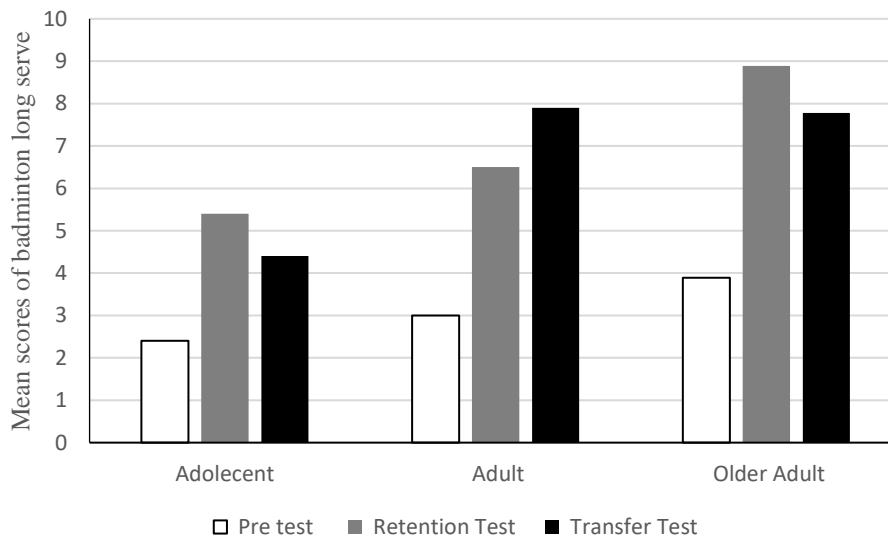
This study was quasi-experimental research with non-equivalent pretest-posttest control group design. Thirty healthy females in adolescent ( $14\pm 2.2$  years), adult ( $34\pm 3.6$  years) and old ( $63\pm 1.4$  years) age groups conveniently selected and assigned in 10-individual groups. All participants signed a consent form to participate in the study. Revised Motor imagery Questionnaire was used to determine their motor imagery ability. All participants were instructed in badminton long serve skill by a qualified coach so that all of them received the same instructions on how to perform this skill. Then, each participant practiced the long serve skill twenty times regardless of target lines. This enabled the participants to experience the physical sensation of holding a badminton racket and performing badminton short serve. During the pre-test, the participants were fully informed about the scoring system in the Scott and Fox's Badminton Long Service Test. Scott and Fox's Badminton Long Service was administered during pre-test and then electroencephalography was used to record mirror neuron activation pattern from C3, C4 and CZ of brain areas during baseline and combination of motor imagery and action observation. Participants watched a video of the proper performance of the badminton long service containing six repetitions three times in each session, while simultaneously performing PETTLEP motor imagery. Before watching the video, the participants were informed that they will watch a video of badminton long serve that had been performed by a skilled performer. Personalized imagery script and its audio were



used for PETTLEP imagery. The script contained all components of PETTLEP imagery. The intervention was performed three days a week for six weeks. Then, participants participated in retention test after three days without intervention like pretest and one day later, transfer test was done, which was different from the retention test. The data were analyzed using mixed analysis of variance and analysis of covariance.

### Findings

Figure 1 shows mean scores of Scott and Fox's badminton long serve in pretest, retention test and transfer test. It seems that all groups improved in performance of badminton high serve after intervention.



**Figure 1- Mean scores of Scott and Fox badminton high serve in pretest, retention test and transfer test**

The results of mixed analysis of variance revealed a significant main effect of time ( $F(1.63,37.61) = 13.351, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.339$ ), and revealed no significant main effect of group ( $F(2,26) = 0.959, p = 0.396, \eta_p^2 = 0.069$ ), and time  $\times$  group interaction ( $F(3.25,37.61) = 0.885, p = 0.495, \eta_p^2 = 0.062$ ). Between-groups Bonferroni post hoc test showed that there were significant differences between pretest and retention test and between pretest and transfer test.



The results of covariance analysis for retention test revealed a significant effect of pretest ( $F(1, 25) = 6.414, p = 0.01, \eta_p^2 = 0.204$ ) and revealed no significant effect of between groups ( $F(2, 25) = 0.614, p = 0.549, \eta_p^2 = 0.047$ ). The results of covariance analysis for transfer test revealed a significant effect of pretest ( $F(1, 25) = 8.414, p = 0.008, \eta_p^2 = 0.252$ ) and did not show a significant effect of between groups ( $F(2, 25) = 1.018, p = 0.376, \eta_p^2 = 0.075$ ).

The results of mixed analysis of variance for EEG scores from C3, C4, and CZ brain areas indicated no significant between-group effect ( $F(2, 26) = 3.013, p = 0.06, \eta_p^2 = 0.188$ ), a significant effect of brain area ( $F(2, 52) = 0.655, p = 0.524, \eta_p^2 = 0.025$ ) and a significant area and group interaction ( $F(4, 52) = 2.112, p = 0.093, \eta_p^2 = 0.140$ ). Thus, the results revealed that following the intervention, the performance of all experimental groups significantly improved. There were no significant differences between retention and transfer test of badminton long service and mirror neuron activation during combination of action observation and motor imagery between different age groups.

## Conclusion

The binary comparison between the pretest, retention test and transfer test revealed that the mean score of the participants in different groups in the retention and transfer test was significantly higher than the pre-test. These results were in line with Smith and Holms (2004) in golf putting performance (3), Lotfi et al. (2013) in soccer shoot skill (4), Romano-smith et al. (2018) in dart throw (5), and Wrigh et al. (2018) in basketball free throw (6). Romano-smith et al. (2018) suggested that the combination of action observation and motor imagery provides equivalent performance enhancements. They proposed the working memory as an influential factor in effectiveness of this combination. Wright et al. (2018) found that cortico-spinal excitability was facilitated by combining action observation and motor imagery. They argued this could help develop the mental representation. The combination of action observation and motor imagery intervention enhances the sequencing between the basic action concepts and the associated sensory consequences, which ultimately may lead to improvements in learning and performance of the motor skills.

Moreover, age had no significant effect on learning of badminton long service when participant participated in the combination of motor imagery and action observation intervention.

**Keywords:** PETTLEP's Mental Imagery, Action Observation, Motor Imagery, Mirror Neurons.



**References**

1. Vogt S, Di Rienzo F, Collet C, Collins A, Guillot A. Multiple roles of motor imagery during action observation. *Frontiers in human neuroscience*. 2013;7:807.
2. Eaves DL, Riach M, Holmes PS, Wright DJ. Motor imagery during action observation: a brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Frontiers in neuroscience*. 2016;10:514.
3. Smith D, Holmes P. The effect of imagery modality on golf putting performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2004;26(3):385-95.
4. Lotfi G, Tahmasbi F, Hasanzadeh M. The effects of observational learning, imagery and their combination on instruction of soccer shoot skill. *Journal of Physical Activity and Health*. 2013;1(1):15-22.
5. Romano-Smith S, Wood G, Wright D, Wakefield C. Simultaneous and alternate action observation and motor imagery combinations improve aiming performance. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018;38:100-6.
6. Wright DJ, Wood G, Eaves DL, Bruton AM, Frank C, Franklin ZC. Corticospinal excitability is facilitated by combined action observation and motor imagery of a basketball free throw. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018;39:114-21.



## تأثیر ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بر یادگیری سرویس بلند بدمینتون در رده‌های سنی مختلف با تأکید بر نقش نوروهای آینه‌ای

فاطمه محمدی<sup>۱</sup>، مهدی رافعی بروجنی<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد، گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان

۲. استادیار گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
(نویسنده مسئول)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰

### چکیده

هدف این پژوهش، تعیین تأثیر ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بر یادداری و انتقال مهارت سرویس بلند بدمینتون در رده‌های سنی مختلف با تأکید بر نقش نوروهای آینه‌ای بود. این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود. سی نفر خانم سالم در گروه‌های سنی نوجوانان ( $13 \pm 2/2$  سال)، بزرگسالان ( $34 \pm 3/6$  سال) و سالمندان ( $63 \pm 1/4$  سال) به‌صورت در دسترس انتخاب شدند و در گروه‌های ده نفری قرار گرفتند. تست سرویس بلند بدمینتون اسکات و فاکس در پیش‌آزمون اجرا شد و سپس فعالیت نوروهای آینه‌ای در سه ناحیه C3، C4 و CZ در حالت پایه و در حین ترکیب تصویرسازی و مشاهده عمل توسط دستگاه الکتروانسفالوگرافی ثبت شد. شرکت‌کنندگان هر جلسه سه بار یک ویدئو از اجرای صحیح حرکت را مشاهده می‌کردند که حاوی شش تکرار بود؛ درحالی‌که هم‌زمان به شیوه پتلپ تصویرسازی انجام می‌دادند. این مداخله سه روز در هفته در طول شش هفته اجرا شد. پس از سه روز بی‌تمرینی، در آزمون یادداری و یک روز پس از آن در آزمون انتقال شرکت کردند. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری تحلیل واریانس مختلط و تحلیل کوارایانس تجزیه و تحلیل شد. یافته‌های پژوهش نشان داد، همه گروه‌ها به‌طور معناداری پیشرفت کردند ( $P=0.001$ )، اما بین یادداری ( $P=0.549$ ) و انتقال ( $P=0.376$ ) سرویس بلند بدمینتون و فعالیت نوروهای آینه‌ای ( $P=0.067$ ) در ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در نوجوانان، بزرگسالان و سالمندان تفاوت معنادار وجود نداشت؛ در نتیجه سن تأثیر معنادار استفاده از ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بر یادگیری سرویس بلند بدمینتون نداشت و همه گروه‌ها در مقایسه با پیش‌آزمون در مرحله یادداری و انتقال پیشرفت کردند.

**واژگان کلیدی:** تصویرسازی حرکتی پتلپ، مشاهده عمل، ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده، نوروهای آینه‌ای.

1. Email: fatemeh.mohamadi72@yahoo.com

2. Email: m.rafei@spr.ui.ac.ir



## مقدمه

تصویرسازی حرکتی<sup>۱</sup> شامل تجسم یا مرور شناختی حرکت، بدون اجرای فیزیکی است که نمایش اثربخشی مکرر آن، این روش را راهکار مناسبی برای ارتقای عملکرد معرفی می‌کند (۱). این شیوه نوعی از تمرین ذهنی است که جنبه‌های بصری و جنبه‌های حرکتی را در بر می‌گیرد. در بسیاری از پژوهش‌ها توصیه می‌شود که تمرین‌کنندگان در محیط آموزش و توان‌بخشی می‌توانند از تصویرسازی حرکتی برای بهبود مهارت‌های حرکتی استفاده کنند و تصویرسازی حرکتی می‌تواند به همراه تمرین فیزیکی برای بهبود نتایج رفتاری و به‌عنوان جایگزین زمانی استفاده شود که حرکت به‌دلیل جراحت یا آسیب عصبی یا آسیب محدود می‌شود (۲).

با وجود گذشت سال‌های زیادی از ارائه پژوهش‌های مختلف در مورد فواید مداخلات تصویرسازی حرکتی، پژوهشگران به بسط یک مدل از مداخله تصویرسازی حرکتی که متغیرهای کارآمد و مهم در تصویرسازی حرکتی را به کار گیرد ادامه دادند؛ تاجایی که سرانجام هولمز و کالینز<sup>۲</sup>، مدل تصویرسازی حرکتی پتلتپ<sup>۳</sup> را گسترش دادند. تصویرسازی پتلتپ روش کارآمدتری از تصویرسازی سنتی است. این مدل دستورالعمل‌های تصویرسازی را ارائه می‌دهد و هفت عامل کلیدی فیزیکی<sup>۴</sup>، محیط<sup>۵</sup>، تکلیف<sup>۶</sup>، زمان‌بندی<sup>۷</sup>، یادگیری<sup>۸</sup>، عواطف<sup>۹</sup> و چشم‌انداز<sup>۱۰</sup> را شناسایی می‌کند که باید در هنگام ایجاد مداخلات برای به حداکثر رساندن همبستگی عملکردی گنجانده شوند (۳). تصویرسازی حرکتی در زمینه ورزش ممکن است به‌عنوان تولید یا اصلاح قسمت ارائه‌کننده شبکه عصبی مغز باشد که در درجه اول از بالا به پایین مشخصه‌های حسی، ادراکی و عاطفی را در بر می‌گیرد و عمدتاً در کنترل آگاهانه تصویرگر است و در غیاب ادراک عملکردی معادل با تجربه ورزشی واقعی رخ می‌دهد (۴). تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل<sup>۱۱</sup> به‌طور سنتی به‌عنوان دو تکنیک جداگانه مدنظر قرار گرفته‌اند که می‌توانند در کنار تمرین فیزیکی برای افزایش یادگیری و توان‌بخشی حرکتی نیز استفاده شوند. استفاده مستقل از آن‌ها

1. Motor Imagery
2. Holmes and Collins
3. PETTLEP
4. Physical
5. Environment
6. Task
7. Timing
8. Learning
9. Emotion
10. Perspective
11. Action Observation



تا حد زیادی اثبات شده که مؤثر است و شواهد واضحی وجود دارد که این دو فرایند می‌توانند فعالیت مشابهی را در سیستم عصبی-حرکتی ایجاد کنند (۲).

مشاهده عمل نیز در زمینه ورزش می‌تواند به‌عنوان ارائه مجموعه تحریکات عصبی از شبکه عصبی مغز از پایین به بالا تعریف شود که شامل ویژگی‌های حسی، ادراکی و عاطفی است که عمدتاً در کنترل ناخودآگاه شخص مشاهده‌کننده قرار می‌گیرد و در حضور ادراک عملکردی معادل با تجربه ورزشی واقعی رخ می‌دهد؛ بنابراین مشاهده عمل بیشتر یک فرایند مبتنی بر ادراک جزء به کل است (۴). مشاهده عمل برای درمان توان‌بخشی عصبی توصیه می‌شود. همچنین ابزار محبوب مؤثری برای افزایش یادگیری حرکتی است (۲) که بیشتر بر ورودی‌های حسی ناشی از محرک‌های خارج از بدن (یعنی پردازش محرک متمرکز) متمرکز می‌شود (۵). مطالعات نشان می‌دهند، انجام تصویرسازی حرکتی به همراه مشاهده عمل امکان‌پذیر است و اجزای نوروفیزیولوژیک و رفتاری اجرای حرکتی را تعدیل می‌کند؛ بنابراین آموزش تصویرسازی و مشاهده عمل به‌صورت هم‌زمان برای تمرین‌کنندگان مفید است (۶). تصویرسازی حرکتی همراه با مشاهده عمل باعث افزایش فعالیت در ناحیه‌های مختلف مغز می‌شود و رفتار حرکتی را به‌طور مستقیم بیشتر از حالت مستقل تصویرسازی یا مشاهده تحت تأثیر قرار می‌دهد. این یافته‌ها در پژوهش‌های مختلف تکرار شده‌است، اما انجام پژوهش در زمینه ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل هنوز در مرحله ابتدایی است (۲).

تعداد زیادی از مطالعات نوروفیزیولوژیک نشان داده‌اند، به‌طور معمول، ساختارهایی در کورتکس حرکتی شکمی و پشتی، در بخش دم‌دار مجاور و همچنین در کورتکس حسی در حین مشاهده عمل فعال می‌شوند (۷). در تعدادی از مطالعات که تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل را مقایسه کرده‌اند، مشاهده شده است که فرایندهای شبیه‌سازی حرکتی در تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، پایه و اساس مشترک دارند (۶). رایت<sup>۱</sup> و همکاران بیان کردند، در پرتاب آزاد بسکتبال تحریک‌پذیری کورتیکواسپینال با ترکیب مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی به‌طور معناداری در مقایسه با مشاهده عمل یا تصویرسازی حرکتی به‌تنهایی، تسهیل می‌شود (۸). گزارش شده است که تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل نه تنها می‌توانند هم‌زمان انجام شوند، بلکه اثرات تسهیل‌کننده و همچنین اثرات مثبت دراز مدت در یادگیری حرکتی را نشان می‌دهند (۹). اسمیت و هولمز<sup>۲</sup> دریافتند که تصویرسازی حرکتی همراه با مشاهده عمل، پس از شش هفته مداخله عملکرد گلف را بهبود می‌بخشد و این پیشرفت‌ها به میزان درخور توجهی بیشتر از مواردی بود که تنها تصویرسازی حرکتی حضور داشت؛

1. Wright

2. Smith & Holmes





بنابراین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تصویرسازی حرکتی به همراه مشاهده عمل می‌تواند تأثیر چشمگیری بر بهبود عملکرد داشته باشد (۱۰).

در مراحل اولیه یادگیری یک مهارت حرکتی نسبتاً ساده، بسته و مجرد، راهبرد ترکیبی مؤثرتر از یادگیری مشاهده‌ای و تصویرسازی حرکتی به‌تنهایی است (۱۱). همچنین ترکیب این دو نوع تمرین در بهبود تعادل و وضعیت قامت (۱۲)، افزایش قدرت عضلات همسترینگ و جلوگیری از آسیب و توان‌بخشی (۱۳)، بازتوانی عصبی بیماران سکته مغزی (۱۴)، شبیه‌سازی حرکتی در کودکان دچار اختلال هماهنگی رشدی و کودکان عادی (۱۵)، بهبود افراد دچار پارکینسون (۱۶)، اجرا و هماهنگی چشم-دست یک تکلیف جدید بینایی حرکتی (۱۷) و یادگیری مهارت‌های حرکتی مؤثرتر از تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل به‌تنهایی است (۲). رومانو-اسمیت<sup>۱</sup> و همکاران نشان دادند، ترکیب متوالی و هم‌زمان مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی می‌تواند اجرای تکلیف هدف‌گیری را بیش از انجام تمرینات مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی به‌تنهایی بهبود بخشد. این یافته‌ها دلایل رفتاری بیشتری برای حمایت از کارایی ترکیب مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی برای بهبود اجرا در ورزش فراهم می‌آورد. حضور مشاهده عمل همراه با تصویرسازی حرکتی در یادگیری و توان‌بخشی حرکتی مفید است و تمرین آن در تمام طول عمر مفید است (۱۸). هیس<sup>۲</sup> نشان داد، در انسان‌ها نورون‌های آینه‌ای<sup>۳</sup> یا به عبارت کلی‌تر، یک سیستم نورون‌های آینه‌ای وجود دارد. به نظر می‌رسد، نقش نورون‌های آینه‌ای آن است که عمل فرد مشاهده‌کننده را با عمل فرد موردمشاهده به هم نزدیک کند؛ به عبارت دیگر، می‌توان گفت که مطابقت‌دادن اساسی‌ترین ویژگی نورون‌های آینه‌ای است. این نورون‌ها فرد مشاهده‌گر را قادر می‌سازند تا از طریق مطابقت‌دادن رفتار خود با رفتار فرد موردمشاهده آن رفتار را بفهمد؛ زیرا فرد مشاهده‌گر در همان موقعیت قرار می‌گیرد که فرد عمل‌کننده قرار دارد (۱۹).

نورون‌های آینه‌ای موجود در قشر پیش‌حرکتی به‌عنوان مکانیسم عصبی اثرگذار بر الگوی فعالیت مغزی هستند که باعث بهبود تأثیر تصویرسازی مهارت حرکتی می‌شوند. همچنین این نورون‌ها زمانی که فردی عملی را انجام می‌دهد یا زمانی که یک نفر دیگر فعالیت را انجام می‌دهد و فرد دیگری آن را می‌بیند، فعال می‌شوند (۲۰). تأثیرگذاری این روش در پژوهش‌ها تأیید شده است (۲۱). یافته‌های اصلی مطالعات، ایجاد ادراک عمل را به‌عنوان عملکرد شناختی جدیدی از سیستم حرکتی میسر کرد

1. Romano-Smith
2. Heyes
3. Mirror neuron



و پیگیر پژوهش‌های مرتبط با آن از همان ابتدا بوده است (۲۲). درحالی‌که تعداد مناطق مغز انسان با ویژگی‌های آینه‌ای و عملکرد دقیق آن‌ها هنوز محل بحث است (۲۴، ۲۳)، در کودکان با سن کم، توانایی تصویرسازی حرکتی پس از پنج‌سالگی شروع می‌شود و در دوران نوجوانی و در اوایل دوران بلوغ رشد می‌کند (۲۵). سالمندان در فرایند دسترسی و فعال کردن خاطرات بصری ذخیره‌شده نسبتاً دچار اختلال هستند که به این موضوع اشاره دارد که ممکن است پیری توانایی حفظ تصاویر را مختل کند. درمقابل، سالمندان قادر به تشکیل و مرور تصاویر ذهنی همانند جوانان هستند؛ با این حال، هنگامی که پژوهشگران کارایی هر گروه سنی را در تمام تمرینات ذهنی بررسی کردند، دریافتند که زمان پاسخ‌دهی سالمندان کاملاً با عملکرد جوانان همخوانی دارد، اما میزان خطاها همبستگی ندارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که فرایندهای تصویرسازی فردی با روند پیری کاهش می‌یابد (۲۶)؛ برای مثال، بازنمایی‌های عملی در جمعیت‌های مسن کمتر می‌شود که با کاهش زمان‌بندی حرکت و پیش‌بینی دقیق همراه است (۲۷). به‌طور مشابه، توانایی تصویرسازی حرکتی در سالمندان به‌ویژه برای وظایف پیچیده حرکتی کاهش می‌یابد؛ هرچند این کاهش برای مؤلفه‌های زمانی و فضایی قابلیت‌های تصویری، متفاوت است (۲۸). با توجه به زیرساخت‌های عصبی مرتبط، تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل‌دربرگیرنده نواحی حرکتی مغز هستند. ساختارهای مغزی مجزا برای تصویرسازی حرکتی، مشاهده عمل و اجرا به‌صورت جداگانه قابل‌شناسایی هستند، اما درمورد استفاده از تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در یادگیری و توان‌بخشی حرکتی، تا حد زیادی بر میزان هم‌پوشانی عصبی با اجرای واقعی حرکت تأکید شده است (۲). همچنین در ادبیات پژوهش در حوزه تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، در بیشتر پژوهش‌ها به‌صورت مجزا به اثربخشی این روش‌ها در یادگیری مهارت‌ها توجه شده و شواهدی بیان شده است. در موارد اندکی به بررسی ترکیب دو روش پرداخته شده است (۳۰، ۲۹). درحالی‌که بیشتر منابع پیشین به‌طور انحصاری بر تصویرسازی یا مشاهده یا بر شباهت‌ها در مقابل تفاوت‌های میان این دو روش شبیه‌سازی متمرکز شده است و در پژوهش‌های گذشته تأثیر تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل به‌صورت جداگانه در رده سنی‌های مختلف انجام شده است، این موضوع مهم است که کشف کنیم تأثیر ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در رده سنی‌های مختلف چگونه است (۲)؛ بنابراین هدف این پژوهش، تعیین تأثیر ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بر یادداری و انتقال مهارت سرویس بلند بدمینتون در رده‌های سنی مختلف (نوجوانان، بزرگسالان و سالمندان) با تأکید بر نقش نورون‌های آینه‌ای بود.



## روش پژوهش

نمونه پژوهش شامل سی نفر خانم سالم بود که براساس پرسشنامه تصویرسازی حرکتی بازبینی شده توانایی تصویرسازی حرکتی داشتند. آن‌ها به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند و براساس رده سنی نوجوانان ( $13 \pm 2/2$  سال)، بزرگسالان ( $34 \pm 3/6$  سال) و سالمندان ( $63 \pm 1/4$  سال) (۳۱) در گروه‌های ده نفره قرار گرفتند. برای از بین بردن تأثیر تجربه ورزشی در پژوهش، تمامی شرکت‌کننده‌ها سابقه فعالیت در رشته بدمینتون نداشتند. براساس اعلام آن‌ها، تمامی شرکت‌کننده‌ها راست‌دست بودند که برای اطمینان از پرسشنامه ادینبورگ استفاده شد. فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت در پژوهش نیز امضا شد و کد اخلاق در پژوهش این مطالعه IR.UI.REC.1398.005 است.

روش اجرای پژوهش: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود. ابتدا مشارکت‌کنندگان فرم اطلاعات شخصی را تکمیل کردند. سپس با توجه به فرم اطلاعات شخصی، شرکت‌کنندگان چپ‌دست و افرادی که سابقه حضور مستمر در فعالیت‌هایی اعم از سطوح تفریحی و قهرمانی در رشته بدمینتون و سابقه بیماری خاص یا اختلال در عملکرد حرکتی به‌خصوص در اندام فوقانی داشتند، از پژوهش کنار گذاشته شدند. علاوه بر آن، نمرات تصویرسازی حرکتی کسب‌شده در پرسشنامه تجدیدنظرشده تصویرسازی حرکتی<sup>۱</sup> (MIQ-R) نیز در نظر گرفته شد و از بین این افراد ۳۰ نفر انتخاب شدند که در هر گروه سنی نوجوانان، بزرگسالان و سالمندان ۱۰ نفر قرار گرفتند. در این مرحله به آزمودنی‌ها توسط یک مربی صلاحیت‌دار مهارت سرویس بلند بدمینتون آموزش داده شد؛ به این صورت که همه شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌های یکسان از شیوه اجرای مهارت سرویس بلند بدمینتون دریافت کردند و درباره سیستم نمره‌دهی آگاه شدند. سپس امکان تمرین عملی مهارت آموزش داده‌شده، بدون امتیازدهی به‌منظور یادگیری مهارت به شرکت‌کنندگان داده شد. این امر شرکت‌کنندگان را قادر کرد تا از احساس فیزیکی گرفتن راکت بدمینتون و شرایط اجرایی مهارت برای انجام تصویرسازی حرکتی تجربه کسب کنند. پس از آن، طبق شیوه آزمون سرویس بلند بدمینتون اسکات و فاکس، امکان بیست بار اجرای سرویس بلند بدمینتون به شرکت‌کنندگان داده شد که می‌توانستند این عمل را به‌طور متوالی یا در دو سری ده‌تایی اجرا کنند و امتیاز آن‌ها ثبت شد. در هر سه گروه، مداخله به‌صورت یکسان اعمال شد؛ به این صورت که محیط ورزشی برای فرد آماده شد، شرکت‌کننده‌ها با لباس و کفش ورزشی بودند، روی یک صندلی روبه‌روی زمین بدمینتون نشستند و یک ویدئو از اجرای صحیح حرکت را مشاهده کردند که حاوی شش بلوک

### 1. Motor Imagery Questionnaire-Revised



ده تکرار بود. به آن‌ها گفته شده بود که خود را در حال اجرای سرویس بدمینتون تصویرسازی کنند. به منظور یکسان‌سازی شرایط آزمون، همه آزمودنی‌ها در یک سالن مشابه و زمین بدمینتون یکسان آزمون شدند و تمرینات را انجام دادند. زمان اجرای آزمون و تمرینات برای همه گروه‌ها بعد از ظهر از ساعت ۱۶ بود. در ضمن مربی، آزمون‌گیرنده و ابزارهای استفاده‌شده کاملاً مشابه بودند.

مداخله تصویرسازی حرکتی بر اساس مدل تصویرسازی پتلیپ و با تأکید بر هفت جنبه فیزیکی، محیط، تکلیف، زمان‌بندی، یادگیری، هیجان (احساس) و دیدگاه انجام گرفت (۳). مؤلفه فیزیکی این مدل به پاسخ‌های فیزیکی ورزشکار در شرایط رقابت برمی‌گردد و از مشارکت‌کننده‌ها خواسته شد که در تصویرسازی خود همان حس جنبشی اجرای مهارت را داشته باشند. محیط انجام تصویرسازی حرکتی شامل زمین بدمینتون در سالن ورزشی ویژه بدمینتون بود که همه مشارکت‌کننده‌ها برای انجام تمرینات به آن مراجعه می‌کردند. همچنین از مشارکت‌کننده‌ها درخواست شد که هنگام تصویرسازی تمرکزشان روی تفکرات، احساسات و اجرای مطابق با اجرای واقعی سرویس کوتاه بدمینتون باشد (تکلیف). سرعت اجرای تکلیف در تصویرسازی حرکتی با سرعت واقعی اجرای آن مشابه بود (زمان‌بندی) و پس از هر پنج جلسه تمرین، متن تصویرسازی با توجه به پیشرفتی که مشارکت‌کننده‌ها در اجرای مهارت سرویس کوتاه بدمینتون احساس می‌کردند، تغییر می‌کرد (یادگیری). در متن تصویرسازی احساسات مختلفی که در حین اجرا مشارکت‌کننده‌ها داشتند، بیان شده بود که عمدتاً مثبت بود (هیجان) و مشارکت‌کننده‌ها از تصویرسازی درونی یا اول شخص برای تصویرسازی استفاده کردند (دیدگاه) که بعد از هر جلسه مشارکت‌کننده‌ها مشخص می‌کردند که از چه نوع تصویرسازی استفاده کرده‌اند. به منظور کسب اطمینان از اینکه تصویرسازی توسط مشارکت‌کننده‌ها مطابق با آموزش‌ها انجام شده باشد، از یک پرسشنامه طبق پیشنهادهای گوگینسکی و کالینز<sup>۱</sup> استفاده شد (۳۲). این پرسشنامه دارای یک مقیاس لیکرت هفت ارزشی بود که مشخص می‌کرد مشارکت‌کننده‌ها با چه وضوحی تصویرسازی حرکتی را در مراحل مختلف مربوط به مهارت انجام داده‌اند. این مقیاس از نمره ۱ یک برابر با بسیار سخت برای مشاهده و احساس تا نمره ۷ هفت برابر با بسیار راحت برای مشاهده و احساس متغیر بود. علاوه بر آن، پس از هر جلسه از مشارکت‌کننده‌ها خواسته شد تا دفعتی که تصویرسازی حرکتی را انجام داده‌اند، بیان کنند.

برای گرفتن حالت پایه از فعالیت‌های نورون‌های آینه‌ای شرکت‌کننده‌ها، از دستگاه الکتروانسفالوگرافی دیجیتالی هشت‌کاناله Vilistus-4 ساخت شرکت Durham Systems کشور

## 1. Goginsky & Collins



انگلستان استفاده شد. الکترودهای دیسکی مخصوص ثبت استاندارد الکترومیوگرافی براساس سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ روی مجسمه و در سه ناحیه C3، C4 و CZ قرار گرفت؛ زیرا این سه نقطه نماینده نورون‌های آینه‌ای در مغز هستند. طی دو دقیقه از افراد در حالت آرامش تست الکتروانسفالوگرافی گرفته شد؛ به این صورت که روی یک صندلی نشسته بودند، به یک صفحه سفید نگاه می‌کردند و در حالت ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بودند. الکتروود مرجع روی گوش راست و الکتروود گراند روی گوش چپ نصب شد.

این دستگاه به وسیله فیلتر تنظیم شده امواج مزاحم و ناخواسته را حذف می‌کند. ثبت امواج در دو دقیقه انجام می‌گیرد؛ زیرا نویزها و آرتی‌فکت‌هایی در اطراف ما وجود دارد؛ مثل امواج بدن آزمون-گیرنده که در کنار آزمودنی قرار می‌گیرد، موبایل، سیم‌های برق، لپ‌تاپ، گردش خون روی پوست سر آزمودنی، تکان خوردن و... که باعث ایجاد نویز می‌شوند. از آنجاکه با یک موج خیلی ظریف و حساس کار داریم و الکتروودها نیز به هر چیزی بسیار حساس هستند، امواج را در دو دقیقه ثبت می‌کنیم. برای تشخیص و اینکه بتوانیم نتیجه‌گیری مفیدی براساس امواج مغز انجام دهیم، از بین این دو دقیقه به سی ثانیه رکورد نیاز داریم؛ بنابراین آرتی‌فکت‌ها توسط جعبه ابزار (EEGLAB) روی نرم‌افزار متلب حذف شدند و در ادامه یک سری باند‌مین (باند معنادار) که خالی از هرگونه نویز بودند، باقی ماند که حتماً باید سی ثانیه باشد. توان‌ها براساس تکنیک تغییر سریع فوریه محاسبه شدند. بعد از جمع‌آوری داده‌ها برای سنجش میزان افت موج میو و کنترل تفاوت‌های فردی به علت ضخامت استخوان مجسمه در هر فرد و تأثیر آن بر موج میوی ثبت شده، نخست نسبت توان موج میو هنگام فعالیت هر گروه به حالت پایه محاسبه شد و برای نرمال‌سازی داده‌ها از لگاریتم استفاده شد. اگر لگاریتم نسبت‌ها کمتر از صفر شود، حاکی از آن است که موج میو سرکوب شده است و اگر برابر با صفر شود، نشان‌دهنده سرکوب‌نشدن موج میو است. اگر بیشتر از صفر باشد، نشان‌دهنده افزایش قدرت موج میو است و سرکوب بیشتر موج میو نشان‌دهنده فعالیت بیشتر نورون‌های آینه‌ای است (۳۳).

شرکت‌کننده‌ها برای اجرای هر مداخله به مدت سه روز در هفته در طول شش هفته آموزش دیدند. در آخر برای تست پس‌آزمون، آزمون سرویس بلند بدمینتون اسکات و فاکس اجرا و امتیازات آن‌ها ثبت شد. شرکت‌کنندگان بعد از سه روز بی‌تمرینی همانند پیش‌آزمون در آزمون یادداری و یک روز پس از آزمون یادداری، در آزمون انتقال شرکت کردند؛ با این تفاوت که در آزمون انتقال، آزمودنی‌ها برای زدن سرویس یک متر عقب‌تر از جایی قرار گرفتند و سرویس زدند که قبلاً سرویس زده شد. برای گردآوری داده‌ها از ابزارهای زیر استفاده شد.



-پرسشنامه توانایی تصویرسازی حرکت تجدیدنظرشده: این پرسشنامه برای ارزیابی توانایی تصویرسازی حرکت آزمودنی‌ها استفاده شد. هدف از به‌کارگیری پرسشنامه توانایی تصویرسازی حرکت تجدیدنظر شده (MIQ-R)، ارزیابی توانایی تصویرسازی بینایی و حرکتی مشارکت‌کننده است. این پرسشنامه از هشت آیتم حاوی چهار آیتم بینایی و چهار آیتم حرکتی تشکیل شده است که نمره‌دهی آن براساس مقیاس لیکرت هفت‌ارزشی از نمره ۱ یک برابر با سخت برای دیدن یا احساس کردن تا نمره ۷ هفت برابر با راحت برای دیدن یا احساس کردن انجام می‌شود. نمرات بیشتر نشان‌دهنده توانایی تصویرسازی بیشتر است. همسانی درونی کل پرسشنامه ۰/۷۳ و در خرده‌مقیاس‌های حرکتی ۰/۷۲ و بینایی ۰/۷۴ و پایایی زمانی آن ۰/۷۷ گزارش شده است (۳۴).

آزمون سرویس بلند بدمینتون اسکات و فاکس: هدف از اجرای این آزمون، اندازه‌گیری توانایی انجام سرویس بلند بدمینتون تا انتهای زمین حریف و اندازه‌گیری دقت سرویس بلند بود. روایی این آزمون ۰/۵۴ و پایایی آن ۰/۷۰ گزارش شده است. برای اجرای آزمون، یک طناب کاملاً کشیده و محکم با ارتفاع ۲/۴۰ متر از زمین و به فاصله ۴/۲۰ متر از تور نصب شد. همچنین دایره‌هایی با نوار در گوشه انتهایی زمین با شعاع ۵۵، ۷۵، ۹۵ و ۱۲۵ سانتی‌متر از نقطه تقاطع خط طولی و عرضی زمین یک نفره رسم شد که خطوط دو سانتی‌متری جزو دایره‌ها محسوب می‌شد و به ترتیب دارای امتیازهای پنج، چهار، سه و دو برای دایره‌ها بود. اگر توپ در بقیه قسمت‌های منطقه سرویس فرود می‌آمد، یک امتیاز داشت. روش انجام آزمون به این صورت بود که مشارکت‌کننده‌ها در قطر زمین مخالف با دایره‌ها قرار می‌گرفتند و تلاش می‌کردند توپ را با سرویس بلند از روی طناب به سمت دایره‌ها بفرستند. هر دایره دارای امتیاز مشخص بود. برای این آزمون ۲۰ سرویس در نظر گرفته شد و مجموع امتیازهای به‌دست‌آمده از ۲۰ سرویس، امتیاز فرد محسوب می‌شد. آزمونگر باید در جایی قرار می‌گرفت که با عبور توپ از روی طناب و فرود، آن را روی دایره‌ها به‌خوبی مشاهده می‌کرد و امتیاز کسب‌شده را با صدای رسا و بلند اعلام می‌کرد. به توپ‌هایی که از روی طناب عبور نمی‌کردند، امتیازی تعلق نمی‌گرفت (۳۵).

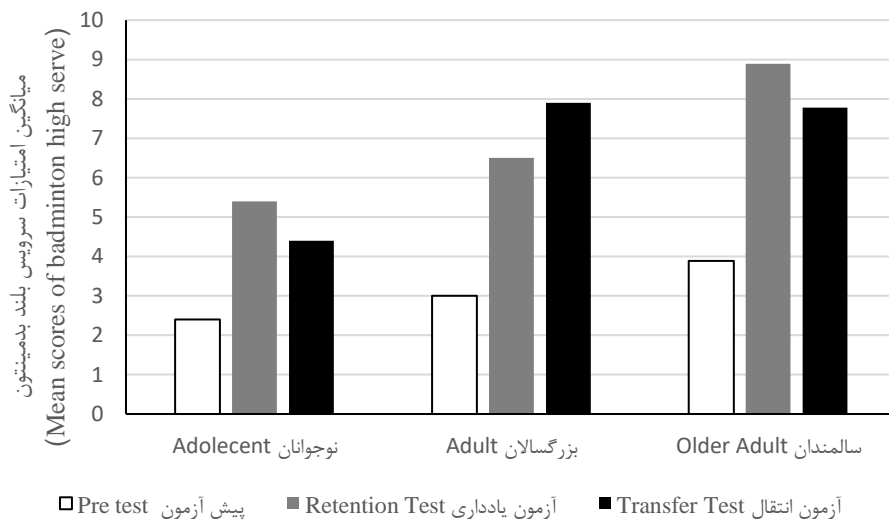
برای تجزیه و تحلیل آماری در سطح توصیفی از شاخص‌های میانگین و انحراف‌معیار و در سطح استنباطی از آزمون آنالیز واریانس مختلط ۳ گروه  $\times$  ۳ زمان و تحلیل کوارینانس استفاده شد. آزمون‌ها در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ۲۴ نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس<sup>۱</sup> انجام گرفت.

## 1. SPSS



## نتایج

نتایج تحلیل آماری پرسشنامه مربوط به همسانی تصویرسازی با آموزش‌های ارائه‌شده نشان‌دهنده تفاوت معناداری بین گروه‌ها در متغیرهای وضوح تصویرسازی ( $F(2,29)=0.128, P=0.884$ )، راحتی تصویرسازی بینایی ( $F(2,29)=0.546, P=0.566$ ) و حسی-حرکتی ( $F(2,29)=0.679, P=0.510$ ) وجود نداشت و در هر سه گروه تعداد تصویرسازی‌های حرکتی انجام‌شده کافی بود. میانگین امتیازهای شرکت‌کنندگان در آزمون سرویس بلند بدمینتون اسکات و فاکس در مراحل پیش‌آزمون، یادداری و انتقال، در شکل شماره یک و میانگین و انحراف معیار مقادیر سرکوب موج میوی سه ناحیه C3، C4 و CZ در شکل شماره دو در آزمودنی‌های سه گروه ارائه شده است.

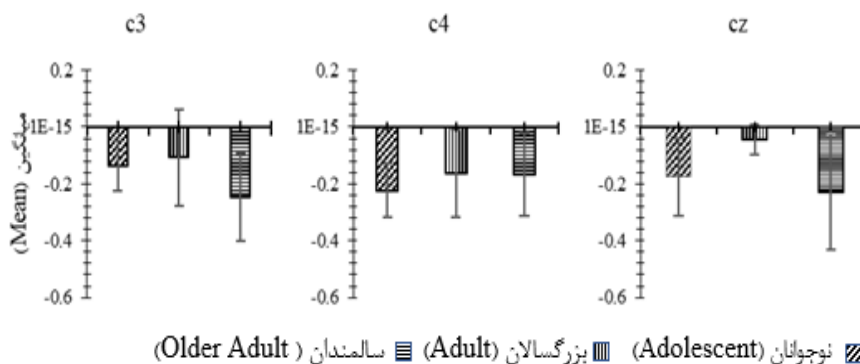


شکل ۱- میانگین امتیازات آزمون سرویس بلند اسکات و فاکس در پیش‌آزمون، آزمون یادداری و انتقال  
**Figure 1- Mean scores of Scott and Fox badminton high serve in pretest, retention test and transfer test**

همان‌طور که در شکل شماره یک مشاهده می‌شود، بر اثر استفاده از تمرینات ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، پیشرفت در همه گروه‌ها اتفاق افتاده است. برای تعیین اینکه بر اثر تمرین در گروه‌های مختلف آیا به‌طور کلی پیشرفتی حاصل شده است یا خیر، از آزمون آنالیز واریانس مختلط استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد، اثر زمان ( $F(1.63, 37.61) = 13.351, P < 0.001, \eta^2 = 0.339$ )



معنادار بود، ولی اثر تعاملی زمان و گروه ( $F(3.25, 37.61) = 0.885, p = 0.495, \eta^2 = 0.062$ ) و اثر بین‌گروهی در سطح خطای پنج درصد ( $F(2, 26) = 0.959, P = 0.396, \eta^2 = 0.069$ ) معنادار نبود. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد، این تفاوت‌ها بین پیش‌آزمون با آزمون یادداری و بین پیش‌آزمون با آزمون انتقال بود.



شکل ۲- میانگین و انحراف استاندارد مقادیر سرکوب موج میو در سه ناحیه CZ, C4, C3

Figure 2- Mean and Standard Deviation of mu rhythm suppression in C3, C4 and CZ areas

شکل شماره دو، تفاوت در سطح فعالیت مغزی در سه ناحیه C3, C4 و CZ را در نوجوانان، بزرگسالان و سالمندان نشان می‌دهد.

با توجه به طرح مطالعه برای مقایسه امتیازات سرویس در مراحل یادداری و انتقال بین سه گروه همراه با کنترل اثر امتیازات پیش‌آزمون، از مدل آنالیز کواریانس و برای مقایسه فعالیت ثبت‌شده در الکتروانسفالوگرافی سه نقطه از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. پذیره‌های زیربنایی هر دو مدل شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس بین گروه‌ها بود که به ترتیب به وسیله آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لون بررسی و تأیید شد. برای اثبات همگونی شیب رگرسیون، مقدار آماره تعامل بین متغیر کمکی (پیش‌آزمون) و متغیر مستقل (گروه آزمایشی) محاسبه شد که نتایج نشان داد، فرض همگونی شیب رگرسیون در همه موارد رعایت شده است.

جدول شماره یک، نتایج تحلیل کواریانس امتیازات سرویس بلند بدمینتون را بین سه گروه نوجوان، بزرگسال و سالمند در مراحل یادداری و انتقال نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مندرج در جدول، با



کنترل اثر پیش‌آزمون تفاوت معناداری در یادداری و انتقال سرویس بلند بدمینتون در ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بین سه گروه نوجوان، بزرگسال و سالمند وجود ندارد.

جدول ۱- مقایسه میانگین امتیازات سرویس بلند در سه گروه

Table 1- The comparison of mean scores of high serves between three groups

$\eta^2$	P	F	Mean Square	DF	Sum Square	منبع تغییر	
0.204	0.018	6.414	65.24	1	165.33	پیش‌آزمون Pretest	یادداری Retention
0.047	0.549	0.614	15.83	2	31.66	بین گروهی Between Groups	
			25.77	25	644.65	خطا Error	
0.252	0.008	8.414	68.28	1	209.21	پیش‌آزمون Pretest	انتقال Transfer
0.075	0.376	1.018	25.32	2	50.64	بین گروهی Between Groups	
			24.86	25	621.641	خطا Error	

جدول شماره دو، نتایج تحلیل واریانس مختلط را برای مقایسه مقادیر EEG در سه ناحیه C3، C4 و CZ و بین سه گروه نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تفاوت معناداری از نظر سطح فعالیت در این سه ناحیه بین رده‌های سنی مختلف وجود ندارد.



جدول ۲- نتایج تحلیل واریانس مختلط برای مقادیر الکتروانسفالوگرافی در سه ناحیه و بین سه گروه

Table 2- Mixed Analysis of variance for EEG in three areas and between three groups

$\eta^2$	P	F	Mean Square	DF	Sum Square		
0.188	0.067	3.013	0.090	2	0.181	گروه Group	بین گروهی Between Groups
			0.030	26	0.780	خطا Error	
0.025	0.524	0.655	0.009	2	0.018	ناحیه Area	درون گروهی
0.140	0.093	2.112	0.030	4	0.119	ناحیه*گروه Area*Group	Within Groups
			0.014	52	0.730	خطا Error	

### بحث و نتیجه‌گیری

در مقایسه دوتایی بین مراحل مختلف ثبت امتیاز سرویس بلند بدمینتون مشخص شد که میانگین امتیاز مشارکت‌کننده‌ها در گروه‌های مختلف در مراحل یادداری و انتقال، به‌طور معناداری بیشتر از پیش‌آزمون بود. این نتایج با یافته‌های مطالعات اسمیت و هولمز در ضربه گلف (۱۰)، لطفی و همکاران در شوت فوتبال (۱۱)، رومانو اسمیت و همکاران در پرتاب دارت (۱۸) و رایت و همکاران در پرتاب آزاد بسکتبال (۸) مشابه بود.

رومانو اسمیت و همکاران گزارش کردند، ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، به‌صورت هم‌زمان و متوالی باعث بهبود معنادار اجرای پرتاب دارت می‌شوند. آن‌ها بیان کردند، در شرایط ترکیب هم‌زمان تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل نیاز به منابع مربوط به حافظه کاری کاهش پیدا می‌کند که به‌علت نبود نیاز به یادآوری عمل مشاهده‌شده برای انجام تصویرسازی حرکتی است. همچنین آزمودنی‌ها در گروه ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل فعالیت افزایش‌یافته‌ای را در نواحی حرکتی مغزشان تجربه کردند که در مقایسه با انجام مجزای تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بیشتر بود (۱۸)؛ بنابراین فعالیت عصب-فیزیولوژیک بیشتری در شبکه عصبی مربوط به اجرای حرکت در ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل ایجاد می‌شود و در مقایسه با تصویرسازی حرکتی و



مشاهده عمل به‌تنهایی، برای یادگیری مفیدتر است (۲). در پژوهش مارشال و همکاران، مشارکت-کنندگان در گروه ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، بازنمایی حرکتی ویژه تکلیف حرکتی ایجاد کردند که بسیار به تمرین بدنی شبیه بود. علاوه بر آن، همراه کردن تصویرسازی حرکتی با مشاهده عمل می‌تواند قوانین مربوط به نقشه‌برداری حسی حرکتی را تسهیل کند که الگوی مربوط به گیرنده‌های عمقی کنترل‌کننده حرکت را بهبود می‌بخشد (۱۷). به نظر می‌رسد، در پژوهش حاضر نیز مشارکت‌کنندگان در گروه‌های سنی مختلف با بهره‌برداری از منافع مختلف مربوط به ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل توانستند عملکردشان را در اجرای سرویس بلند بدمینتون بهبود دهند. لطفی و همکاران به‌کارگیری محرک‌های درونی و بیرونی در ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل را عاملی برای یادگیری بهتر در افراد بیان کردند (۱۱). اسکات و همکاران نیز اعلام کردند که استفاده از تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل نیازمند توجه دقیق به حرکت مشاهده‌شده است که فرصت مداوم و مفیدی برای اصلاح و به‌روز کردن بازنمایی‌های حرکتی درونی است (۱۳). به‌طور کلی، بازبینی ادبیات پژوهش به‌طور روشن نشان می‌دهد که مشاهده عمل و تصویرسازی حرکتی می‌توانند استراتژی‌های مفیدی برای یادگیری یک تکلیف حرکتی یا بهبود اجرای آن باشند (۲۱، ۳۰).

در مراحل اولیه یادگیری مهارت‌های حرکتی، یادگیرنده برای اجرا و فهم حرکت باید الگوی صحیح حرکت را به دست آورد. یادگیرنده می‌تواند از مشاهده الگو اطلاعات لازم برای اجرای حرکت را به‌دست آورد؛ به‌عبارتی، مشاهده عمل می‌تواند در تولید بازنمایی روشن و دقیق از حرکت مؤثر باشد. همچنین در پژوهش‌های قبلی مشخص شده است که تمرین تصویرسازی در تولید بازنمایی حرکت مؤثر است و موجب تولید بازنمایی از حرکت در حافظه می‌شود (۳۶، ۳۷). به‌طور کلی، گزارش شده است که بازنمایی ذهنی در افراد مبتدی پس از تصویرسازی حرکتی، تمرین بدنی و یادگیری مشاهده‌ای به‌طور عملکردی سازماندهی بهتری خواهد داشت (۳۸)؛ بنابراین همراه کردن تصویرسازی حرکتی با مشاهده عمل باعث بازنمایی حرکتی ویژه عمل می‌شود که رمزگذاری بهتری در فرمان‌های بینایی حرکتی مربوط به برنامه‌ریزی و آمادگی حرکت ایجاد می‌کند (۳۹). همچنین بیان شده است که مشاهده عمل بازنمایی بینایی مربوط به حرکت را ایجاد می‌کند که به‌طور مشخص بدون تولید احساسات حسی-- حرکتی وابسته به آن است؛ بنابراین مشاهده عمل بر ساختار بازنمایی ذهنی از طریق ایجاد توالی و زمان‌بندی مفاهیم پایه‌ای مربوط به حرکت اثر می‌گذارد. درمقابل، تصویرسازی حرکتی درگیر در تولید جنبه‌های حسی- حرکتی و بینایی مربوط به حرکت است؛ بنابراین بر بازنمایی ذهنی افراد با ایجاد پیامدهای حسی وابسته به مفاهیم پایه‌ای مربوط به حرکت تأثیر می‌گذارد. با ترکیب این دو



تکنیک، ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل می‌تواند بازنمایی ذهنی از یک مهارت را با تأثیر بر توالی بین مفاهیم پایه‌ای حرکت و پیامدهای حسی وابسته به آن ایجاد کند؛ در نتیجه می‌تواند به بهبود اجرا و یادگیری مهارت حرکتی منجر شود (۸).

در پژوهش‌ها یکی از مشکلات برای اثربخشی تصویرسازی، نبود تصویر روشن در حافظه برای تولید و مقایسه تصویر در حافظه است (۴۰)؛ از این رو احتمالاً ترکیب تمرین مشاهده‌ای با تمرین تصویرسازی می‌تواند موثر باشد؛ زیرا با مشاهده یک حرکت، تصویر واضحی از الگوی حرکت در ذهن شکل می‌گیرد و این تصویر هنگام تصویرسازی به‌عنوان مقیاسی برای مقایسه تصویرسازی با حرکت مشاهده شده به کار می‌رود و موجب یادگیری می‌شود.

تأثیرگذاری ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در یادگیری مهارت‌های حرکتی، دست‌کم تاحدودی به‌علت فعال‌سازی و تقویت مسیرهای قشری است که در اجرای حرکت درگیر هستند. تسهیل تحریک‌پذیری قشری-خاعی هنگام ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، نشان‌دهنده افزایش فعالیت در قشر حرکتی است؛ پس این امکان وجود دارد که آموزش مشارکت‌کننده‌ها برای اجرای هم‌زمان تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، فعالیت بیشتر و گسترده‌تری در قشر پیش‌حرکتی در مقایسه با تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل به‌تنهایی، ایجاد می‌کند. براساس این یافته‌ها این امکان وجود دارد که بهبود بیشتری در اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی از طریق انجام تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل به‌طور هم‌زمان ایجاد شود (۸). علاوه بر آن، فعالیت افزایش‌یافته‌ای که هنگام ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل وجود دارد، ممکن است ارتباطات عملکردی و شکل-پذیری<sup>۱</sup> را در مغز افزایش دهد که اجرای کارآمدتر حرکت و پیشرفت یادگیری را تسهیل می‌کند (۴۱).

نتایج پژوهش نشان داد، سرکوب موج میو در اثر تمرین ترکیبی تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در همه گروه‌های سنی اتفاق افتاده است که نشان‌دهنده فعال‌شدن نورون‌های آینه‌ای است. سیستم نورون‌های آینه‌ای در کسب مهارت‌های حرکتی جدید نقش دارد. در یادگیری حرکتی که بر مبنای تقلیدکردن از حرکت ایجاد می‌شود، سیگنال‌های مغزی نهایی که برای شکل‌گیری حافظه حرکتی بلندمدت ضروری است، از طریق تمرین جسمانی حرکات به وجود می‌آید؛ بر این اساس، در یادگیری حرکتی که بر مبنای مشاهده یا تقلید از حرکات دیگران انجام می‌شود، سیستم نورون‌های آینه‌ای یادگیری حرکتی را از طریق تسهیل اجرای تمرینات جسمانی آسان می‌کند. همچنین حافظه حرکتی

## 1. Plasticity



ویژه به‌وسیله مشاهده ایجاد می‌شود که با حافظه‌ای مشابه است که از طریق تمرین جسمانی ایجاد می‌شود؛ بنابراین سیستم نورون‌های آینه‌ای در تولید بازنمایی حافظه‌ای بادوام حرکات مؤثر بوده که پیش‌نیاز یادگیری حرکتی است (۴۲)؛ از این رو یکی دیگر از دلایل مشاهده تفاوت معنادار بین پیش-آزمون با آزمون یادداری و انتقال، فعال‌شدن نورون‌های آینه‌ای در اثر مداخله است. از دیگر یافته‌های این پژوهش این بود که بین یادداری و انتقال سرویس بلند بدمینتون و فعالیت نورون‌های آینه‌ای در ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در نوجوانان، بزرگسالان و سالمندان تفاوت معنادار وجود نداشت. تصویرسازی همراه با مشاهده در یادگیری و توان‌بخشی حرکتی مفید بوده و تمرین آن در تمام طول عمر مفید است (۴۳)، اما به نظر می‌رسد، تغییراتی در اثر افزایش سن در آن ایجاد می‌شود؛ برای مثال، بازنمایی‌های عملی در جمعیت‌های مسن کمتر می‌شود که با کاهش زمان‌بندی حرکت و پیش‌بینی دقیق همراه است (۲۷). طبق پژوهش کالیسنسکی<sup>۱</sup> و همکاران، توانایی تصویرسازی حرکتی در سالمندان به‌ویژه برای وظایف پیچیده حرکتی کاهش می‌یابد؛ هرچند این کاهش برای مؤلفه‌های زمانی و فضایی قابلیت‌های تصویری متفاوت است (۴۴). طبق پژوهش درور<sup>۲</sup> و همکاران، سالمندان در فرایند دسترسی و فعال‌کردن خاطرات بصری ذخیره‌شده نسبتاً دچار اختلال هستند که به این موضوع اشاره دارد که ممکن است پیری توانایی حفظ تصاویر را مختل کند. درمقابل، سالمندان قادر به تشکیل و مرور تصاویر ذهنی همانند جوانان هستند؛ با این حال، هنگامی که پژوهشگران کارایی هر گروه سنی را در تمام تمرینات ذهنی بررسی کردند، دریافتند که زمان پاسخ-دهی سالمندان با عملکرد جوانان کاملاً همخوانی دارد، اما میزان خطاها همبستگی ندارد. این یافته‌ها حاکی است که فرایندهای تصویرسازی فردی با روند پیری کاهش می‌یابد (۴۵). طبق نظر دی‌بنی<sup>۳</sup> و همکاران، توانایی توسعه بازنمایی اجرای تکلیف با افزایش سن کاهش می‌یابد (۴۶). اتصال مؤثر در نیمکره مغزی غالب در بزرگسالان هنگام تصویرسازی حرکتی کاهش پیدا می‌کند که نشان می‌دهد ایجاد تعامل بین نورون‌های حرکتی قشری که به‌وسیله تصویرسازی حرکتی ایجاد می‌شوند، با افزایش سن سخت می‌شود (۴۷). نتایج پژوهش حاضر در راستای نتایج این پژوهش‌ها نبود. نتایج این پژوهش بیان کرد، سن عامل اثرگذار بر استفاده از تصویرسازی و مشاهده عمل نیست؛ یعنی افراد مسن شرکت‌کننده در پژوهش حاضر مانند دیگر آزمودنی‌ها از آن سود بردند. فوسکو<sup>۴</sup> و همکاران گزارش

1. Kalicinski
2. Dror
3. De Beni
4. Fusco



کردند، برای بزرگسالان با میانگین سنی ۶۵/۹ سال اجرای تصویرسازی حرکتی پویا تفاوتی با جوانان نداشت و نزدیک به اجرای واقعی حرکت بود (۴۸). احتمال دارد که توانایی بهره‌برداری از تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بعد از ۶۵ سالگی رو به افت باشد و هنوز آزمودنی‌های این پژوهش به آن سطح نرسیده باشند؛ برای مثال، در پژوهش سیمپونت<sup>۱</sup> و همکاران، میانگین سنی آزمودنی‌ها ۷۸ سال بود و نتایج نشان داد، توانایی این افراد برای شبیه‌سازی ذهنی حرکات اندام فوقانی کاهش پیدا کرد و این کاهش برای حرکات سمت غیر غالب بیشتر از سمت غالب بود (۴۹). همچنین گزارش شده است، توانایی تصویرسازی حرکتی در افراد مسن با میانگین سنی ۷۱ سال به‌طور معناداری در مقایسه با افراد جوان افت پیدا کرد. به نظر می‌رسد، این افت در تصویرسازی حرکتی بازتابی از تغییرات عملکردی در مغز در حال پیرشدن باشد (۵۰).

با مقایسه یک گروه از افراد جوان و سالمند هنگام تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل، ندلکو<sup>۲</sup> و همکاران نشان دادند که فعالیت سیستم نورون‌های آینه‌ای به سن وابسته نیست، اما نواحی دیگر مربوط به سیستم بینایی حرکتی تغییراتی را بر اثر سن نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش، فعالیت بیشتر در نواحی حرکتی شرکت‌کننده‌های مسن را نشان داد که از این ادعا حمایت می‌کند که نواحی بیشتری از مغز به‌منظور دسترسی به سطح مشخصی از اجرا در افراد مسن فعال می‌شود. علاوه بر آن، نه تنها تغییرات به‌علت افزایش فعالیت، بلکه به‌علت تغییر در اتصالات عصبی نیز در اثر افزایش سن اتفاق می‌افتد. همه این تغییرات نشان می‌دهد، از دست دادن مواد مغز در اثر افزایش سن به‌وسیله افزایش اتصالات و فعالیت بیشتر در چند ناحیه از مغز جبران می‌شود تا عملکرد حرکتی را حفظ کند (۵۱)؛ بنابراین نتایج پژوهش حاضر در رابطه با نبود تفاوت در فعالیت نورون‌های آینه‌ای بین گروه‌ها با نتایج پژوهش ندلکو و همکاران (۵۱) هم‌راستاست و به نظر می‌رسد، فعالیت جبرانی در نواحی دیگر مغز در گروه‌های سنی مختلف متفاوت است.

محدودیت‌هایی در انجام این پژوهش وجود داشت؛ به این صورت که افراد بیشتر از ۶۵ سال در پژوهش شرکت نکردند؛ بنابراین توصیه می‌شود سطح فعالیت نورون‌های آینه‌ای هنگام ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در افراد مسن‌تر از شرکت‌کننده‌های این پژوهش نیز اندازه‌گیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی ترکیب هم‌زمان و متوالی تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل در گروه‌های سنی مختلف مقایسه شود.

---

1. Saimpont

2. Nedelko



با توجه به نتایج پژوهش حاضر، انجام تمرینات ترکیبی تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل به‌طور هم‌زمان، موجب بهبود در عملکرد حرکتی شرکت‌کننده‌ها شده است. همچنین بین گروه‌های سنی مختلف تفاوت معناداری در یادداری و انتقال سرویس بلند بدمینتون مشاهده نشد؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد، هر سه گروه می‌توانند از اثرات ترکیب تمرین ذهنی و مشاهده‌ای سود ببرند و سن عامل اثرگذار بر آن نیست.

### پیام مقاله

به مربیان توصیه می‌شود که از ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل به‌طور هم‌زمان، برای آموزش مهارت‌های حرکتی به گروه‌های سنی مختلف استفاده کنند.

### منابع

1. Jeannerod M. Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*. 1995;33(11):1419-32.
2. Eaves DL, Riach M, Holmes PS, Wright DJ. Motor imagery during action observation: a brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Frontiers in Neuroscience*. 2016;10:514.
3. Holmes PS, Collins DJ. The PETTLEP approach to motor imagery: a functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology*. 2001;13(1):60-83.
4. Holmes P, Calmels C. A neuroscientific review of imagery and observation use in sport. *Journal of Motor Behavior*. 2008;40(5):433-45.
5. Springer A, Parkinson J, Prinz W. Action simulation: time course and representational mechanisms. *Frontiers in Psychology*. 2013;4:387-98.
6. Vogt S, Di Rienzo F, Collet C, Collins A, Guillot A. Multiple roles of motor imagery during action observation. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013;7:807-21.
7. Keysers C, Kaas JH, Gazzola V. Somatosensation in social perception. *Nature Reviews Neuroscience*. 2010;11(6):417-30.
8. Wright DJ, Wood G, Eaves DL, Bruton AM, Frank C, Franklin ZC. Corticospinal excitability is facilitated by combined action observation and motor imagery of a basketball free throw. *Psychology of Sport Exercise*. 2018;39:114-21.
9. Ertelt D, Hemmelmann C, Dettmers C, Ziegler A, Binkofski F. Observation and execution of upper-limb movements as a tool for rehabilitation of motor deficits in paretic stroke patients: protocol of a randomized clinical trial. *BMC Neurology*. 2012;12(1):42-60.
10. Smith D, Holmes P. The effect of imagery modality on golf putting performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2004;26(3):385-95.



11. Lotfi G, Tahmasbi F, Hasanzadeh M. The effects of Observational Learning, Imagery and Their Combination on Instruction of Soccer Shoot Skill. *Physical activity and health instruction* 2012;1(1):15-22.
12. Taube W, Lorch M, Zeiter S, Keller M. Non-physical practice improves task performance in an unstable, perturbed environment: motor imagery and observational balance training. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8:972-82.
13. Scott M, Taylor S, Chesterton P, Vogt S, Eaves DL. Motor imagery during action observation increases eccentric hamstring force: an acute non-physical intervention. *Disability and Rehabilitation*. 2017;40(12):1443-51.
14. Sun Y, Wei W, Luo Z, Gan H, Hu X. Improving motor imagery practice with synchronous action observation in stroke patients. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2016;23(4):245-53.
15. Scott MW, Emerson JR, Dixon J, Tayler MA, Eaves DL. Motor imagery during action observation enhances automatic imitation in children with and without developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2019;183:242-60.
16. Bek J, Gowen E, Vogt S, Crawford TJ, Poliakoff E. Combined action observation and motor imagery influences hand movement amplitude in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2019;61:126-31.
17. Marshall B, Wright DJ, Holmes PS, Wood G. Combining action observation and motor imagery improves eye-hand coordination during novel visuomotor task performance. *Journal of Motor Behavior*. 2020;52(3):333-41.
18. Romano-Smith S, Wood G, Wright D, Wakefield C. Simultaneous and alternate action observation and motor imagery combinations improve aiming performance. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018;38:100-6.
19. Heyes C. Where do mirror neurons come from? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2010;34(4):575-83.
20. Parsayi S, Abedanzadeh R, Shetab Boushehri N, Shojaee M. The role of mirror neuron on different speeds of basketball dribbling's mental imagery. *Journal of Neuropsychology*. 2016;2(4):57-74.
21. Gatti R, Tettamanti A, Gough P, Riboldi E, Marinoni L, Buccino G. Action observation versus motor imagery in learning a complex motor task: a short review of literature and a kinematics study. *Neuroscience Letters*. 2013;540:37-42.
22. Rizzolatti G, Sinigaglia C. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nature Reviews Neuroscience*. 2010;11(4):264-74.
23. Rizzolatti G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V. 14 From mirror neurons to imitation: facts and speculations. *The imitative mind: Development, Evolution, and Brain Bases*. 2002;6:247-66.
24. Gallese V, Gernsbacher MA, Heyes C, Hickok G, Iacoboni M. Mirror neuron forum. *Perspectives on Psychological Science*. 2011;6(4):369-407.
25. Molina M, Tijus C, Jouen F. The emergence of motor imagery in children. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2008;99(3):196-209.





26. Dror IE, Kosslyn SM. Mental imagery and aging. *Psychology and Aging*. 1994;9(1):90-103.
27. Diersch N, Jones AL, Cross ES. The timing and precision of action prediction in the aging brain. *Human Brain Mapping*. 2016;37(1):54-66.
28. Kalicinski M, Kempe M, Bock O. Motor imagery: effects of age, task complexity, and task setting. *Experimental Aging Research*. 2015;41(1):25-38.
29. SooHoo S, Takemoto KY, McCullagh P. A comparison of modeling and imagery on the performance of a motor skill. *Journal of Sport Behavior*. 2004;27(4):349-61.
30. Kim T, Cruz A, Ha J. Differences in learning facilitatory effect of motor imagery and action observation of golf putting. *J Appl Sci*. 2011;11:151-6.
31. Goodway JD, Ozmun JC, Gallahue DL. Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults. 8<sup>th</sup> ed. Michigan: Jones & Bartlett Learning; 2019.
32. Goginsky AM, Collins D. Research design and mental practice. *Journal of Sports Sciences*. 1996;14(5):381-92.
33. Oberman LM, Hubbard EM, McCleery JP, Altschuler EL, Ramachandran VS, Pineda JA. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research*. 2005;24(2):190-8.
34. Sohrabi M, Farsi A, Fuladian J. Validation of The Iranian translation of the Movement Imagery Questionnaire-Revised. *Motor Behavior (Research On Sport Science)*. 2010;2(5):13-23.
35. Hadavi F, Farahani A. Measurement and evaluation in physical education. 3<sup>rd</sup> ed. Tehran: Hatmi; 2016.
36. Ong NTT. Visuomotor adaptation and observational practice. Vancouver: University of British Columbia; 2010.
37. Ashford D, Bennett SJ, Davids KJJomb. Observational modeling effects for movement dynamics and movement outcome measures across differing task constraints: a meta-analysis. *Journal of motor behavior*. 2006;38(3):185-205.
38. Buccino G, Binkofski F, Riggio L. The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language*. 2004;89(2):370-6.
39. Romano Smith S, Wood G, Coyles G, Roberts JW, Wakefield CJ. The effect of action observation and motor imagery combinations on upper limb kinematics and EMG during dart-throwing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2019;29(12):1917-29.
40. Olsson CJ, Jonsson B, Nyberg LJSjop. Internal imagery training in active high jumpers. 2008;49(2):133-40.
41. Ruffino C, Papaxanthis C, Lebon F. Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: review and perspectives. *Neuroscience*. 2017;341:61-78.
42. Stefan K, Cohen LG, Duque J, Mazzocchio R, Celnik P, Sawaki L, et al. Formation of a motor memory by action observation. *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society for Neuroscience*. 2005;25(41):9339-46.
43. Eaves DL, Riach M, Holmes PS, Wright DJ. Motor imagery during action observation: a brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Frontiers in Neuroscience*. 2016;10:514-26.



44. Kalicinski M, Kempe M, Bock O. Motor imagery: effects of age, task complexity, and task setting. *Experimental Aging Research*. 2015;41(1):25-38.
45. Dror IE, Kosslyn SM. Mental imagery and aging. *Psychology Aging*. 1994;9(1):90-103.
46. De Beni R, Pazzaglia F, Gardini S. The generation and maintenance of visual mental images: evidence from image type and aging. *Brain and Cognition*. 2007;63(3):271-8.
47. Wang L, Zhang Y, Zhang J, Sang L, Li P, Yan R, et al. Aging changes effective connectivity of motor networks during motor execution and motor imagery. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2019;11:312-22.
48. Fusco A, Iasevoli L, Iosa M, Gallotta MC, Padua L, Tucci L, et al. Dynamic motor imagery mentally simulates uncommon real locomotion better than static motor imagery both in young adults and elderly. *PLoS One*. 2019;14(6):e0218378.
49. Saimpont A, Pozzo T, Papaxanthis C. Aging affects the mental rotation of left and right hands. *PloS One*. 2009;4(8):e6714.
50. Personnier P, Kubicki A, Laroche D, Papaxanthis C. Temporal features of imagined locomotion in normal aging. *Neuroscience Letters*. 2010;476(3):146-9.
51. Nedelko V, Hassa T, Hamzei F, Weiller C, Binkofski F, Schoenfeld MA, et al. Age-independent activation in areas of the mirror neuron system during action observation and action imagery: a fMRI study. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2010;28(6):737-47.

### استناد به مقاله

محمدی فاطمه، رافعی بروجنی مهدی. تأثیر ترکیب تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بر یادگیری سرویس بلند بدمینتون در رده‌های سنی مختلف با تأکید بر نقش نوروهای آینه‌ای. پاییز ۱۴۰۱؛ ۱۴(۴۹): ۳۸-۱۱۳. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2022.12031.2014

Mohammadi F, RafeiBoroujeni M. The Effect of Combination of Motor Imagery and Action Observation on Learning of Badminton High Serve Skill in Different Age Groups with Emphasis on role of Mirror Neurons. *Motor Behavior*. Fall 2022; 14 (50): 113-38. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2022.12031.2014

