



Article Type: Research

Dynamic Motor Imagery (dMI): A Novel Approach to Motor Imagery and Its Impact on Temporal Accuracy, Learning, and Football Dribbling Performance

Saeed Naghizadeh¹, Hassan Mohammadzadeh^{1*}

1. Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: 02/06/2024, **Accepted:** 23/07/2025, **Published:** 22/06/2026

* Corresponding Author: Hassan Mohammadzadeh E-mail: h.mohammadzadeh@urmia.ac.ir

How to Cite: Naghizadeh, S; Mohammadzadeh, H. (2026) Dynamic Motor Imagery (dMI): A Novel Approach to Motor Imagery and Its Impact on Temporal Accuracy, Learning, and Football Dribbling Performance. *Motor Behavior*, 18(64), 86-108. [In Persian]. <https://doi.org/10.22089/mbj.2025.16844.2162>

Extended Abstract

Background and Purpose

Motor imagery (MI), defined as the mental simulation of a movement without physical execution, has garnered significant attention within sports sciences, performance psychology, and motor rehabilitation. MI activates neural pathways overlapping those engaged during actual movement, stimulating neuromuscular circuits to enhance motor skill acquisition, precision, and performance efficiency. In complex sports like football, MI is particularly valuable for mastering skills such as dribbling, which demand coordinated speed, accuracy, ball control, and rapid decision-making.

Recent advances have led to dynamic motor imagery (dMI), a refined technique combining limited physical movement with mental imagery to more closely emulate real movement experiences. Unlike traditional static motor imagery (sMI), which relies solely on cognitive rehearsal, dMI engages sensory-motor processes concurrently, activating neural networks responsible for motor coordination, timing, and control. This dual engagement improves the vividness and clarity of mental representations, strengthens cognitive-motor coupling, and promotes long-term motor skill encoding. Though preliminary research has documented dMI's efficacy in domains like skiing, gymnastics, and rehabilitation, its impact on sport-specific skills such as football dribbling is less well established. Given the limitations of physical practice—e.g., fatigue, spatial constraints, injury risk—and the shortcomings of static imagery in capturing temporal dynamics, investigating dMI's effectiveness as a hybrid training modality is timely. This study aimed to compare the effects of dMI, sMI, and



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

physical practice on three critical facets of football dribbling skill: actual performance, temporal congruence between imagery and execution, and skill retention. It hypothesized that dMI's integrated activation of cognitive, sensory-motor, and perceptual processes would yield superior outcomes versus sMI and physical practice alone.

Methods

A quasi-experimental pre-test-post-test design with independent groups and retention testing was employed. Participants were 45 right-footed male amateur football players aged 18–20 years (mean = 19.7, SD = 0.7), each with a minimum of six years' experience and no injuries or musculoskeletal issues, verified by a corrective movement specialist. Mental imagery ability was screened using the revised Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R).

Participants were randomized into three equal groups: physical practice, sMI, and dMI. The standardized football dribbling test required dribbling through a zigzag course around five cones spaced one meter apart, returning to start. Completion times were recorded, with penalties for cone contact or deviation. Video-recorded qualitative analysis assessed movement initiation, direction change fluidity, readiness, and upper body efficiency by two blinded expert coaches using a 0–10 scale.

Following baseline testing, participants underwent 12 sessions over three weeks, each comprising 10 physical dribbling repetitions and 10 mental imagery trials. The physical practice group performed only actual dribbling. The sMI group executed sMI immediately after each physical trial without movement. The dMI group, after a one-minute rest post-physical trial, performed dMI involving leg movements simulating dribbling initiation while maintaining upper body stillness, enhancing sensorimotor and spatiotemporal representation.

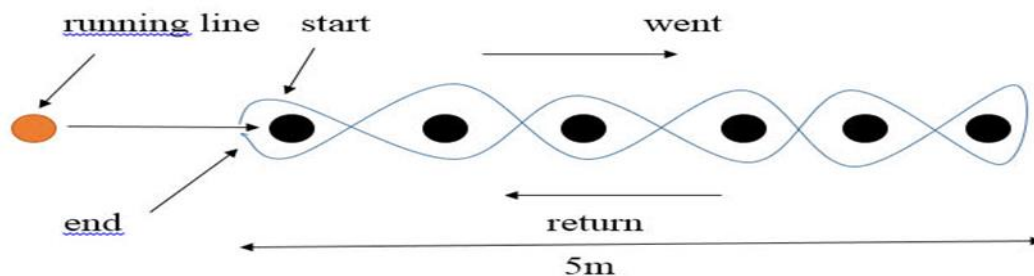


Figure 1: control dribble test

Post-tests involved measuring actual dribbling times and self-timed mental imagery durations. A retention test 24 hours later assessed learning durability. No feedback was provided during training or testing to maintain consistency. Data normality and variance homogeneity were confirmed (Shapiro–Wilk, Levene tests). Group comparisons used one-way ANOVA with Bonferroni post hoc corrections (SPSS v20, significance at $P \leq 0.05$). Additionally, qualitative aspects of performance were analyzed via video recordings of each trial. Two expert coaches, blinded to group assignments, evaluated performance using a 0–10 Likert scale based on four criteria: movement initiation, direction change, physical readiness, and upper body efficiency. In the pre-test phase, after a general warm-up, all participants performed the dribbling test. No feedback regarding performance outcomes was provided to avoid bias. Over the following three weeks, each group underwent four training sessions per week. Each session included 10 physical

dribbling executions and 10 mental imagery trials. The physical practice group performed only actual dribbling trials. The sMI group, after each physical execution, performed static mental imagery of the skill without physical movement. In contrast, the dMI group, after a one-minute relaxation period following the physical execution, stood behind the first cone and performed dynamic mental imagery while mimicking dribbling initiation movements with their legs, keeping the upper body still. This approach focused on enhancing sensorimotor engagement and spatiotemporal representation, as proposed by Guillot et al. (2013). Post-training, participants completed a post-test. Actual execution times were recorded by the experimenter, and mental imagery durations were recorded by participants themselves using a handheld stopwatch, activated at the start and stopped at the end of imagery. A retention test, without prior practice, was administered 24 hours later to assess long-term learning. No feedback or encouragement was provided during the intervention or testing phases to ensure uniform conditions. Finally, data on actual performance time, mental imagery duration, dribbling success, and coaches' evaluation scores were collected and analyzed. Normality of data distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test, and homogeneity of variances was checked using Levene's test. Group differences were analyzed using one-way ANOVA followed by Bonferroni post hoc tests. All analyses were performed using SPSS version 20, with a significance level set at $P \leq 0.05$.

Results

All groups showed significant post-test improvements relative to pre-test. However, dMI participants exhibited markedly greater performance gains, executing the dribble faster and with enhanced precision and control. ANOVA revealed significant group differences post-intervention, with dMI outperforming physical practice in execution time. Though differences between dMI and sMI or sMI and physical practice were not statistically significant, effect trends favored dMI. Temporal congruence analyses revealed dMI participants' mental imagery durations closely matched physical execution times, indicating superior cognitive representation and motor memory consolidation. The sMI group exhibited less temporal alignment.

Table 1: Ben Ferroni test results for pairwise comparison of dribbling post-test scores

p	Standard error of the standard deviation	difference in group means	groups
0/16	0/45	0/89	physical practice & static motor imagery
0/001	0/45	1/86	physical practice & static motor imagery
0/11	0/45	0/98	dynamic motor imagery

In the retention test conducted 24 hours after the conclusion of the training phase, significant group differences were again observed. The dMI group maintained superior performance, showing a more stable reduction in dribbling time.

Qualitative evaluations corroborated these findings; dMI subjects scored higher in technical components such as movement initiation, agility in directional changes, body control, limb positioning, and inter-segment coordination. These gains likely reflect somatosensory feedback from limited physical movement during imagery, enhancing proprioceptive and spatial awareness.

Overall, results affirm dMI's superiority in enhancing motor performance, timing accuracy, and skill retention through integrated cognitive and motor activation.

Table 2: Bonferroni test results for pairwise comparison of dribbling retention scores

p	Standard error of the standard deviation	difference in group means	groups
0.053	0.55	1.36	physical practice & static motor imagery
0/001	0/55	2/32	physical practice & static motor imagery
0/27	0/55	0/96	dynamic motor imagery

These results indicated that participants who engaged in dMI not only executed the dribbling task more quickly but also retained the technical quality of their performance more effectively. Another key finding concerned the temporal congruence between mental imagery and actual execution. In the dMI group, the duration of mental imagery closely matched the time of real performance, indicating higher accuracy in cognitive representation and better consolidation of the skill's temporal algorithm in motor memory. This temporal alignment suggests that dMI participants were able to synchronize their mental imagery with the rhythm, speed, and sequence of actual performance. In contrast, the sMI group showed greater discrepancies and inconsistencies in this regard. In addition to timing measures, qualitative data collected through video analysis by two expert coaches revealed that the dMI group received higher scores across technical performance components—including movement initiation, agility during direction changes, body control, limb positioning, and coordination between lower and upper body movements. These findings suggest that dMI participants not only performed faster but also executed the skill with greater technical proficiency. Overall, the results indicate that dynamic motor imagery (dMI) has a significantly more positive effect than static imagery (sMI) and physical practice alone on performance enhancement, temporal accuracy, and technical quality in football dribbling. This advantage was also sustained in the retention test, indicating that learning in the dMI group was more durable. The findings support the idea that combining mental imagery with limited physical movement plays a critical role in fostering sensorimotor integration and facilitating the storage and retrieval of motor skills in long-term memory.

Conclusion

This study demonstrates that dynamic motor imagery is a highly effective, advanced method to improve learning, execution, and temporal precision of complex motor skills like football dribbling. The dMI group consistently outperformed sMI and physical practice groups across execution speed, imagery timing, technical quality, and retention stability.

The findings align with cognitive-motor frameworks asserting that combined mental and physical rehearsal activates overlapping brain regions (motor cortex, cerebellum, basal ganglia), strengthening motor representations and predictions. Producing multisensory encoding via limited movement enhances imagery vividness and motor learning effectiveness.

Practically, dMI offers a valuable tool for athletes facing constraints such as injury, fatigue, or limited training space. Its accessibility requires minimal equipment and can be applied by coaches, psychologists, or athletes independently. Beyond performance, dMI may boost motivation and immersion.

However, careful adaptation is necessary for populations with cognitive or motor limitations. Future research should clarify neurophysiological mechanisms, long-term effects, and efficacy across sports, ages, and skill levels. Developing standardized protocols will facilitate dMI's application in real-world settings.

Keywords: Dynamic Motor Imagery, Static Motor Imagery, Football Dribbling.

Article Message

Dynamic motor imagery, by integrating subtle physical movements with mental rehearsal, significantly enhances motor skill acquisition, technical performance, and temporal accuracy beyond static imagery or physical practice alone. dMI represents an innovative, practical training approach that can complement traditional methods, particularly when physical execution is constrained.

Ethical Considerations

The study was approved by the institutional ethics committee. Participants provided informed consent and were informed of the study's objectives. Confidentiality and anonymity were maintained.

Authors' Contributions

Both authors contributed equally to conceptualization. The first author led data collection and manuscript drafting. The second author supervised data analysis, critically reviewed, and managed the project. Both approved the final manuscript.

Data Collection: The first author was responsible for collecting the data with support from the second author.

Data Analysis: Both authors collaborated in the analysis and interpretation of the data.

Manuscript Writing: The initial draft of the manuscript was prepared by the first author.

Review and Editing: The second author reviewed and revised the manuscript critically for intellectual content.

Responsible for funding: This study was conducted without external funding; both authors managed resources internally.

Literature Review: The first author conducted the literature review with input and suggestions from the second author.

Project Manager: The second author supervised the project and coordinated all research stages.

Any other Contributions: Both authors approved the final version of the manuscript and accept full responsibility for its content.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments

The authors gratefully thank the participating athletes for their dedication to the study



تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) نوع جدیدتر از تصویرسازی حرکتی و تأثیر آن بر تناسب زمانی، یادگیری و عملکرد در بیل فوتبال

سعید نقی زاده^۱، حسن محمدزاده^{۱*}

۱. گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۰۱

*نویسنده مسئول: دکتر حسن محمدزاده (E-mail: h.mohammadzadeh@urmia.ac.ir)

How to Cite: Naghizadeh, S; Mohammadzadeh, H. (2026) Dynamic Motor Imagery (dMI): A Novel Approach to Motor Imagery and Its Impact on Temporal Accuracy, Learning, and Football Dribbling Performance. *Motor Behavior*, 18(64), 86-108. [In Persian]. <https://doi.org/10.22089/mbj.2025.16844.2162>

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) به عنوان رویکردی نوین در تمرینات ذهنی بر سه مؤلفه کلیدی یادگیری، عملکرد و تناسب زمانی مهارت در بیل فوتبال طراحی شد. در این مطالعه تجربی، ۴۵ ورزشکار آماتور مرد، در بازه سنی ۱۸ تا ۲۰ سال و با سابقه فعالیت ورزشی مشابه، به صورت تصادفی به سه گروه تمرین جسمانی، تصویرسازی حرکتی ایستا (sMI) و تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) تقسیم شدند. پس از اجرای پیش‌آزمون در بیل، شرکت‌کنندگان به مدت سه هفته و در چهار جلسه تمرینی در هفته، تمرینات اختصاصی گروه خود را انجام دادند. ارزیابی عملکرد شامل ثبت زمان اجرای واقعی، تصویرسازی ذهنی، موفقیت در اجرای در بیل و نمره‌دهی مربیان به کیفیت اجرا بود. نتایج تحلیل‌های آماری با استفاده از آزمون‌های آنوا و بونفرونی نشان داد، گروه‌های sMI و dMI به طور معناداری عملکرد بهتری نسبت به گروه تمرین جسمانی در پس‌آزمون و آزمون یادداری داشتند ($P < 0.05$). همچنین گروه dMI با ثبت نتایج بهتر از نظر تناسب زمانی و نمرات کیفیت فنی، نسبت به sMI برتری نسبی نشان داد. یافته‌ها از این فرضیه حمایت می‌کند که ترکیب تصویرسازی ذهنی با حرکات بدنی جزئی در dMI موجب تقویت پیوندهای شناختی-حرکتی، بهبود دقت زمانی در بازنمایی ذهنی و ارتقای اثربخشی یادگیری مهارت‌های حرکتی می‌شود. این مطالعه نشان می‌دهد، dMI می‌تواند به عنوان روشی مکمل و مؤثر در برنامه‌های تمرینی ورزشی، به‌ویژه در شرایط محدودیت جسمانی یا برای تقویت عملکرد ذهنی-حرکتی ورزشکاران به کار رود.

واژگان کلیدی: تصویرسازی حرکتی ایستا (sMI)، تصویرسازی حرکتی پویا (dMI)، در بیل فوتبال.

مقدمه



تصویرسازی حرکتی^۱ (MI) یکی از توانمندی‌های برجسته ذهن انسان به شمار می‌رود که به فرد این امکان را می‌دهد تا بدون درگیر شدن در اجرای واقعی یک عمل، آن را به صورت ذهنی بازنمایی کند. این ظرفیت شناختی نقش مهمی در یادگیری، بهبود عملکرد حرکتی و بازتوانی ایفا می‌کند (۱). تحقیقات قبلی، مبانی نوروفیزیولوژیک تجربه تصویرسازی حرکت را با مجموعه‌ای از توضیحات نظری از جمله نظریه شبیه‌سازی حرکت در نظر گرفته‌اند (۲). MI و تمرین فیزیکی از بستر عصبی مشابهی استفاده می‌کنند. شبکه‌های عصبی مربوط کاملاً با هم همپوشانی ندارند، اما از اصل تعادل عملکردی پشتیبانی می‌کنند (۳، ۴).

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که فعال‌سازی تصویرسازی حرکتی (MI) در سطح عصبی می‌تواند به افزایش همپوشانی عملکردی میان تصویرسازی و اجرای واقعی حرکت منجر شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که فرایندهای عصبی درگیر در MI مشابه با آن‌هایی هستند که در اجرای واقعی حرکت فعال می‌شوند، که این امر گواه بر اشتراک زیرلایه‌های نوروفیزیولوژیک در این دو فرایند است. در این راستا، رویکردهای مختلفی برای درک مکانیسم‌های کنترل عمل پیشنهاد شده‌اند. یکی از رویکردهای برجسته، مدل اتوحرکتی است که بر نقش ترکیبی پردازش‌های حرکتی و شناختی در تولید و بازنمایی عمل تأکید دارد. این مدل در امتداد دیدگاه‌های ادراکی-شناختی قرار می‌گیرد که تصویرسازی حرکتی را نه صرفاً بازنمایی ذهنی، بلکه به عنوان فرایندی شناختی با مؤلفه‌های ادراکی فعال در نظر می‌گیرد. در سال‌های اخیر، مدل حرکتی-شناختی تصویرسازی حرکتی توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است. این مدل، تصویرسازی حرکتی را به عنوان فرایند شناختی-عملی در نظر می‌گیرد که از طریق درگیری هم‌زمان شبکه‌های عصبی مرتبط با برنامه‌ریزی، بازنمایی و کنترل حرکت تحقق می‌یابد. چنین نگاهی می‌تواند درک عمیق‌تری از نقش تصویرسازی در آموزش مهارت‌های حرکتی، توان بخشی عصبی و بهبود عملکرد ورزشی ارائه دهد (۵-۷). تصویرسازی حرکتی زمانی بیشترین اثربخشی را دارد که توسط افراد خبره نظیر ورزشکاران، جراحان و نوازندگان برای آمادگی پیش از اجرا استفاده شود. گزارش‌های متعدد نشان داده‌اند که این تکنیک ذهنی می‌تواند به بهینه‌سازی عملکرد، کاهش اضطراب و افزایش دقت در اجرای مهارت‌های پیچیده کمک کند؛ به‌ویژه در حوزه‌هایی که نیازمند هماهنگی دقیق بین شناخت و حرکت هستند، تصویرسازی حرکتی به عنوان ابزاری کارآمد در فرایند آماده‌سازی ذهنی و تسهیل انتقال از برنامه‌ریزی شناختی به اجرای عملی نقش ایفا می‌کند (۸-۱۰).

یافته‌های تجربی متعددی گردآوری شده‌اند که شواهد محکمی در حمایت از نقش مؤثر تصویرسازی حرکتی در بهبود عملکرد حرکتی و تسهیل فرایند یادگیری مهارت‌های حرکتی ارائه می‌دهند. این مطالعات نشان می‌دهند که تمرین ذهنی از طریق تصویرسازی، به‌ویژه زمانی که با تمرین فیزیکی همراه باشد، می‌تواند منجر به تقویت هماهنگی عصبی-عضلانی، افزایش دقت در اجرای حرکات و تسریع در اکتساب مهارت‌های حرکتی شود. چنین نتایجی بیانگر آن است که تصویرسازی حرکتی نه تنها جایگزینی برای تمرین فیزیکی در شرایط خاص است، بلکه مکملی مؤثر برای ارتقای یادگیری و عملکرد در حوزه‌های گوناگون نیز محسوب می‌شود (۱۱، ۱۲). همچنین شواهد پژوهشی نشان داده‌اند که آموزش تصویرسازی حرکتی می‌تواند به طور مؤثری موجب ارتقای یادگیری مهارت‌های حرکتی در گروه‌های مختلفی از جمله کودکان، نوجوانان، ورزشکاران رقابتی و دانش‌آموزان در محیط‌های آموزشی شود. در زمینه آموزش‌های فیزیکی مدارس، استفاده از تکنیک‌های تصویرسازی ذهنی به بهبود درک فضایی، افزایش تمرکز و ارتقای اجرای حرکات پیچیده کمک کرده است. در حوزه ورزش‌های رقابتی نیز آموزش هدفمند تصویرسازی حرکتی با بهبود برنامه‌ریزی حرکتی، کاهش خطاهای عملکردی و

افزایش اعتماد به نفس همراه بوده است. این یافته‌ها بر اهمیت گنجاندن آموزش تصویرسازی حرکتی در برنامه‌های تمرینی و آموزشی در سطوح مختلف تأکید دارند (۱۴، ۱۳). تاکنون چندین مدل MI طراحی شده‌اند تا توصیف دقیقی از اجزای کلیدی محتوای MI برای تعیین کارایی آن ارائه دهند و به توسعه مداخلات تصویرسازی مؤثرتر کمک کنند؛ به عنوان مثال، مدل PETTLEP و مدل MIIMS (گیلوت و کولت ۲۰۰۸). گذشته از همه این‌ها، اجرای حرکت در طول MI باید به اجرای واقعی نزدیک باشد؛ یعنی ویژگی‌های فضایی و زمانی باید در طول MI حفظ شوند (۱۵)؛ به عنوان مثال، حفظ دقت زمانی در طول تمرین ذهنی برای جلوگیری از تغییرات مضر زمان‌بندی حرکت واقعی ضروری است.

شواهد نشان می‌دهند که تصویرسازی حرکتی، توالی حرکتی با سرعتی کندتر یا سریع‌تر نسبت به اجرای واقعی، می‌تواند بر سرعت اجرای واقعی همان حرکت تأثیر بگذارد. این پدیده حاکی از آن است که زمان‌بندی در فرایند تصویرسازی نقش مهمی در شکل‌دهی به ویژگی‌های دینامیکی حرکت واقعی ایفا می‌کند؛ به بیان دیگر، تصویرسازی حرکتی نه تنها بازنمایی ذهنی ساختار فضایی یک حرکت است، بلکه مؤلفه‌های زمانی آن نیز در سیستم عصبی بازآفرینی می‌شود و می‌تواند به تنظیم سرعت و ریتم حرکت‌های آینده کمک کند (۱۷، ۱۶). در مقابل، زمانی که تصویرسازی حرکتی با هدف یا نتیجه انگیزشی ادغام می‌شود، سرعت انجام تصویرسازی (MI) دیگر به عنوان عاملی تعیین‌کننده تلقی نمی‌شود. در چنین شرایطی، ورزشکاران ممکن است بسته به اهداف خاص خود از شیوه‌های متنوعی از جمله تصویرسازی سریع، آنی (بی‌درنگ) یا آگاهانه آهسته بهره بگیرند. این انعطاف‌پذیری در انتخاب سرعت تصویرسازی نشان می‌دهد که جنبه‌های انگیزشی می‌توانند بر نحوه پردازش ذهنی حرکت تأثیر بگذارند و تصویرسازی را به ابزاری سازگار با نیازهای روانی و عملکردی فرد تبدیل کنند. چنین کاربردهایی به‌ویژه در بهبود تمرکز، افزایش انگیزه و ایجاد حس تسلط بر عملکرد موردانتظار اهمیت می‌یابند (۱۸)؛ به همین ترتیب، ورزشکاران اغلب عملکرد موردانتظار خود را در ذهن مجسم می‌کنند و از همان عوامل و پارامترهایی که در اجرای واقعی حرکت به کار می‌برند، در تصویرسازی حرکتی نیز بهره می‌گیرند. این هماهنگی میان تصویرسازی ذهنی و اجرای عملی حرکت، عاملی کلیدی در تسهیل فرایند MI محسوب می‌شود. باور بر این است که استفاده از ویژگی‌های واقعی حرکت نظیر زمان‌بندی، نیرو و الگوهای حرکتی خاص، در تصویرسازی ذهنی باعث افزایش دقت بازنمایی شناختی و در نتیجه بهبود اثربخشی تمرین‌های ذهنی می‌شود. این تطابق شناختی-حرکتی نقش مهمی در انتقال مؤثر تصویرسازی به عملکرد واقعی ایفا می‌کند (۲۰، ۱۹). محیط یا زمینه‌ای که در آن MI اجرا می‌شود نیز احتمالاً عملیات ذهنی موردنیاز برای ایجاد تصویرسازی ذهنی دقیق و واضح را تسهیل می‌کند (۲۱). با توجه به تعریفی که ارائه دادیم، معمولاً از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود که در غیاب حرکت در طول توالی تمرین ذهنی، MI را اجرا کنند (۲۲)؛ بنابراین بیشتر مداخلات تصویرسازی حرکتی (MI) را از عمل جدا می‌کنند. در پژوهش‌های تجربی که با استفاده از الکترومیوگرافی (EMG) انجام شده‌اند، معمولاً زمانی بررسی می‌شوند که شرکت‌کنندگان در طول تصویرسازی حرکتی (MI) هیچ‌گونه انقباض عضلانی آشکاری از خود نشان نمی‌دهند.

گیلوت و همکاران (۲۳) و لبون و همکاران (۲۴) گزارش کردند که پاسخ‌های عضلانی زیرآستانه‌ای که در حین MI و در شرایط انقباضات کانسنتریک، ایزومتریک و اکسنتریک ثبت شده‌اند، به طور معمول الگوی فعالیت عضلانی مشاهده‌شده در اجرای واقعی همان حرکات را بازتاب می‌دهند. این یافته‌ها از این فرضیه حمایت می‌کنند که بازنمایی ذهنی حرکت، شباهت زیادی به اجرای واقعی دارد و امکان وقوع حرکت هم‌زمان با تصویرسازی ذهنی وجود دارد. افزون بر این، نظریه نوین شناخت حرکت MI را بخشی از یک پیوستار در نظر می‌گیرد که در یک سوی آن حرکت واقعی و در سوی دیگر، بازنمایی

ذهنی قرار دارد (۲۵). ورگ و رابرتز^۱ در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تصویرسازی حرکتی (MI) هم‌زمان با کشش پرداختند. در این پژوهش، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا در حین انجام تمرینات کششی، حرکات پا را به صورت ذهنی تصور کنند. یافته‌ها نشان داد، بین MI و بهبود انعطاف‌پذیری پویا ارتباط مثبت وجود دارد (۲۶)؛ بر این اساس، پژوهشگران نتیجه‌گیری کردند که ترکیب MI با تمرینات کششی ممکن است به گسترش دامنه حرکتی و یا افزایش مدت زمان مؤثر کشش کمک کند. در پژوهشی برجسته، کالو و همکاران شواهدی ارائه کردند که نشان می‌دهد اسکی‌بازان حرفه‌ای، زمانی که در حین تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) بدن خود را به طور فیزیکی از یک طرف به طرف دیگر حرکت می‌دادند، گویی در حال اجرای واقعی مهارت بودند و تجربه‌ای نزدیک به اجرای واقعی حرکت را از طریق تصویرسازی ذهنی به‌دست آوردند (۲۱). این فرایند نه تنها بازنمایی ذهنی واقعی‌تری از فعالیت را فراهم کرد، بلکه منجر به افزایش اعتمادبه‌نفس ورزشکاران در انجام موفقیت‌آمیز تکلیف مدنظر نیز شد. سایر پژوهش‌ها نیز از جنبه پویایی تصویرسازی حرکتی حمایت کرده‌اند و نشان داده‌اند که اجرای حرکت هم‌زمان با فرایند تصویرسازی ممکن است در مقایسه با حالت سکون، منجر به بهبود بیشتری در عملکرد شود. (۲۷). چندین چارچوب نظری به‌منظور تعیین روش‌های بهینه برای اجرای تصویرسازی حرکتی و طراحی مداخلات مؤثر در این حوزه ارائه شده‌اند. این چارچوب‌ها تلاش دارند تا با در نظر گرفتن عوامل فردی، زمینه‌ای و شناختی، اثربخشی تصویرسازی را در بهبود عملکرد حرکتی افزایش دهند. (۲۵، ۲۴، ۱۸، ۱۷). از نظر عملی، تصویرسازی حرکتی باید با پارامترهای فضایی و زمانی عمل مربوط مطابقت داشته باشد تا به انتقال بهینه از نمایش ذهنی به عملکرد واقعی دست یابد (۲۸، ۲۹). اینکه تصویرسازی حرکتی (MI) نقش مهمی در بهبود عملکرد ورزشی و یادگیری مهارت‌های حرکتی ایفا می‌کند، به‌کارگیری آن در شرایط تمرینی واقعی، به‌ویژه زمانی که خستگی جسمانی به طور طبیعی رخ می‌دهد، کمتر بررسی شده است. طبق تعریف کلاسیک، MI باید به صورت ذهنی و بدون انجام حرکات بدنی هم‌زمان انجام شود؛ با این حال، در دهه‌های اخیر رویکردهای نوینی در تمرینات MI مطرح شده‌اند که در آن‌ها تصویرسازی ذهنی با اجرای حرکات واقعی بدن ترکیب می‌شود (۳۰).

حرکات بدنی همراه با تصویرسازی حرکتی معمولاً دارای دامنه حرکتی محدودی هستند و توانایی بازنمایی کامل عمل مورد تصور را ندارند، اما همین حرکات محدود می‌توانند در بازآفرینی ویژگی‌های زمانی حرکت مؤثر باشند؛ به عنوان نمونه، در ورزش اسکی، ورزشکاران با استفاده از حرکات دست، زمان‌بندی عبور از مسیرهای مارپیچ (اسلalom) را متناسب با شیب و پیچ‌وخم مسیر بازنمایی می‌کنند؛ در حالی که به طور هم‌زمان در حال تصویرسازی ذهنی از عملکرد خود هستند. این هم‌زمانی به تثبیت ابعاد زمانی حرکت کمک می‌کند و موجب تقویت انسجام شناختی میان تصویر ذهنی و اجرای واقعی می‌شود. گیلوت و ماسچبرگر^۲ اثربخشی تمرین تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) مطابق با الگوهای پرش ارتفاع را بررسی کردند. مداخله dMI هم کیفیت تصویرسازی و هم عملکرد حرکت را بهبود بخشید (۳۱). این آزمایش به طور مستقیم از طریق dMI به رابطه متقابل بین فرایندهای ذهنی و حرکتی برای افزایش نتیجه مداخلات تصویرسازی می‌پردازد. سایر مطالعات تجربی نشان دادند، dMI ممکن است به بهبود عملکرد حرکتی، پویایی و اعتمادبه‌نفس ورزشکاران (۲۱) و همچنین تناسب زمانی بین اقدامات واقعی و خیالی کمک کند (۳۲). به طور خاص، نویسندگان شواهدی ارائه کردند مبنی

1. Vergeer & Roberts
2. Guillot & Moschberger

بر اینکه انجام حرکات خود به خودی دست در طول چرخش ذهنی، عملکرد را بهبود می‌بخشد. پژوهشگران استدلال کردند که تولید حرکات مشترک مشابه می‌تواند سایر انواع وظایف ذهنی هم‌زمان مانند MI را نیز تسهیل کند. هدف پژوهش حاضر، تعیین تأثیر هم‌زمان تصویرسازی ذهنی (MI) و فعالیت جسمانی بر بهبود یادگیری، عملکرد و تناسب زمانی ورزشکاران است. برخلاف دیدگاه‌های سنتی که این دو مؤلفه را به صورت مجزا در نظر می‌گیرند، این مطالعه در پی آن است تا با ایجاد پیوند مؤثر میان این دو، نشان دهد که ترکیب تصویرسازی ذهنی با تمرینات بدنی می‌تواند به شکلی معنادار در ارتقای ابعاد مختلف عملکرد ورزشی مؤثر باشد. اهمیت این موضوع در ورزش حرفه‌ای امروزی دوچندان است؛ جایی که حتی کوچک‌ترین عوامل می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در دستیابی به موفقیت ایفا کنند. مطالعه حاضر برای تعیین اینکه آیا ترکیب MI با حرکت واقعی (تصویرسازی حرکتی پویا) به میزان بیشتری از انجام تصویرسازی حرکتی ایستا^۱ (sMI) بر یادگیری و عملکرد حرکت تأثیر می‌گذارد یا خیر، طراحی شده است و بیشتر به دستیابی به تناسب زمانی بین MI و تمرین جسمانی، یادگیری و عملکرد حرکت کمک می‌کند. این تحقیق بر این فرض استوار است که بین تصویرسازی ذهنی و حرکت آشکار، همبستگی معناداری در سطوح رفتاری (۲۵، ۲۸) و نوروفیزیولوژی وجود دارد؛ بر این اساس، فرضیه ما بر آن است که هم‌زمان‌سازی تصویرسازی ذهنی با حرکت واقعی می‌تواند نسبت به استفاده صرف از sMI، به بهبود جنبه‌های فنی اجرای حرکت، هماهنگی زمانی بهتر میان MI و اجرای واقعی و درنهایت ارتقای اثربخشی یادگیری و عملکرد منجر شود.

روش پژوهش

در این مطالعه از طرحی پژوهشی استفاده شد که امکان کنترل و کاهش واریانس خطای ناشی از تفاوت‌های فردی را فراهم می‌کرد؛ با این حال، به‌منظور جلوگیری از اثر تداخل میان شرایط مختلف تصویرسازی ذهنی و پیشگیری از تأثیرگذاری شرکت در یک وضعیت بر عملکرد در وضعیت‌های دیگر، تمامی آزمون‌های مربوط به تصویرسازی ذهنی به صورت تصادفی زمان‌بندی و اجرا شدند.

شرکت‌کننده‌ها

نمونه‌ای از دانشجویان پسر فوتبالیست آماتور برای پژوهش انتخاب شدند. در مجموع، ۴۵ ورزشکار آماتور سالم راست‌پا با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۰ سال (میانگین سن: $19.07 \pm$ سال و انحراف معیار: 0.7) در سه گروه همگن ۱۵ نفری (الف. تمرین جسمانی، ب. تصویرسازی حرکتی ایستا (sMI)، ج. تصویرسازی حرکتی پویا (dMI)) شرکت کردند که توسط کمیته اخلاق پژوهش دانشکده تأیید شدند. همه ورزشکاران از شش تا هشت سال پیش به صورت آماتور فوتبال بازی می‌کردند. هیچ‌کدام از آن‌ها آسیب‌دیدگی نداشتند و توسط انجمن آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده از لحاظ اسکلتی، به‌خصوص ناهنجاری‌های پا بررسی شدند و نرمال بودند. روند تمرینات برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد، اما اطلاعات مربوط به اهداف مطالعه یا متغیرهای وابسته موردانتظار توضیح داده نشد.

در راستای آماده‌سازی شرکت‌کنندگان برای مداخله پژوهشی، جلسه‌ای مقدماتی یک هفته پیش از آغاز مطالعه برگزار شد. هدف این جلسه، انتخاب ورزشکاران مناسب و سنجش میزان دانش آن‌ها درباره تصویرسازی ذهنی (MI) بود. به طور خاص، ارزیابی‌هایی به‌منظور بررسی نحوه استفاده و ماهیت بهره‌گیری آن‌ها از توانایی تصویرسازی صورت گرفت. در این جلسه، تعاریف مربوط به تصویرسازی بصری داخلی، تصویرسازی بصری خارجی و تصویرسازی ذهنی پویا (dMI) به

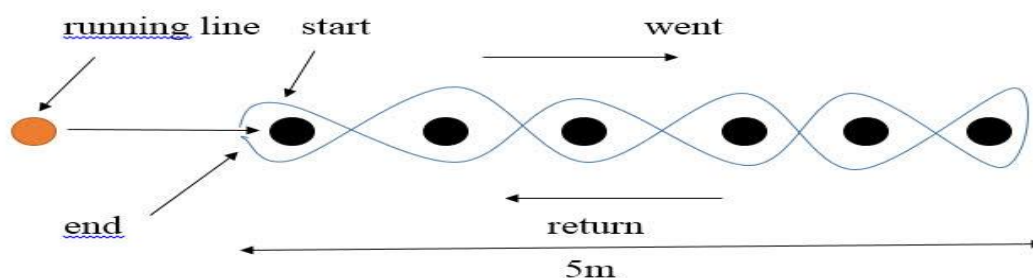
1. Static Motor Imagery

شرکت کنندگان ارائه شد. تمامی ورزشکاران شرکت کننده، تجربه مکرر و احساس راحتی در استفاده از تصویرسازی بصری داخلی همراه با dMI را گزارش کردند. به منظور کنترل همگنی نمونه، توانایی تصویرسازی ذهنی شرکت کنندگان ارزیابی شد تا از حضور نداشتن افراد با توانایی بسیار زیاد یا بسیار کم در تصویرسازی، اطمینان حاصل شود؛ چراکه چنین مواردی می توانند بر دقت و اثربخشی تصویرسازی ذهنی در زمان واقعی تأثیرگذار باشند.

ابزار پژوهش

نسخه تجدیدنظر شده پرسشنامه تصویرسازی حرکتی^۱ (MIQ-R): به منظور سنجش توانایی افراد در تشکیل تصویرسازی ذهنی حرکتی و بصری، این پرسشنامه تکمیل شد. پرسشنامه‌ای شامل خودگزارش دهی هشت موردی است که در آن شرکت کنندگان وضوح نمایش ذهنی خود را با استفاده از دو مقیاس هفت نقطه‌ای ارزیابی می کنند. توانایی افراد برای تشکیل تصویرسازی بصری را با استفاده از اولین سری از موارد اندازه گیری کردیم (از ۱=خیلی سخت برای دیدن تا ۷=خیلی آسان برای دیدن). توانایی درک احساسات معمولاً ناشی از حرکت در طول تصویرسازی پویا در قسمت دوم (از ۱=خیلی سخت برای احساس کردن تا ۷=خیلی آسان برای احساس کردن) انجام می شود. قابلیت اطمینان و اعتبار کافی این پرسشنامه با ضرایب آلفا تأیید شده است. با توجه به نمرات کسب شده در پرسشنامه، توانایی تصویرسازی حرکتی شرکت کنندگان به صورت همگن به سه گروه پانزده نفری تقسیم شد.

پروتکل تمرینی آزمون دربیال فوتبال (ویژه سرعت و کنترل): این پروتکل پنج مخروطی است که در ۵ متر و با فاصله ۱ متری از هم قرار داشتند. آزمودنی از فاصله چندمتری با علامت شروع آغاز می کند و با رسیدن به اولین مخروط کرونومتر شروع به کار می کند و به صورت زیگزاگ از بین مخروطها عبور می کند و با دور زدن از آخرین مخروط و رسیدن دوباره به اولین مخروط تمام می شود. این آزمون میزان مهارت در فوتبال را براساس شاخصههایی مانند تعداد گامهای برداشته شده بین هر تماس با توپ، وضعیت سر و چشم، میزان وضعیت توپ و سرعت حرکت می سنجد. دامنه نمره بین صفر تا ۱۶ ثانیه به دست می آید. نمره ۱۰ تا ۱۶ نشان دهنده مناسب و عالی بودن توانایی در دربیال فوتبال است که به عنوان مرحله پیشرفته در این تکلیف معرفی شده است. یکی از معیارهای ورود شرکت کنندگان به مطالعه، به دست آوردن نمره مذکور بود. در این پروتکل به ازای هر بار از دست دادن کنترل توپ یا برخورد توپ به مخروطها، یک خطا (برابر با دو ثانیه) محاسبه شد (۳۳).



شکل ۱- آزمون دربیال کنترلی
Figure 1- Control Dribble Test پیش آزمون

ورزشکاران هر سه گروه بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن، در مرحله پیش‌آزمون دربیال فوتبال شرکت کردند و نمره‌های آن‌ها توسط آزمون‌گیرنده ثبت شد.

دوره تمرینی

در این مطالعه، ورزشکاران پس از گرم‌کردن، طی سه هفته (چهار جلسه در هفته) در هر جلسه به طور تصادفی ۱۰ دربیال واقعی و ۱۰ تصویرسازی حرکتی انجام دادند. برای اطمینان از تجربه عملی، اولین اجرای هر جلسه همیشه به صورت فیزیکی انجام می‌شد. شرکت‌کنندگان به سه گروه تقسیم شدند: گروه کنترل که تنها دربیال واقعی انجام می‌دادند، گروه sMI که پس از هر اجرای واقعی، پس از یک دقیقه آرام‌سازی مهارت را به صورت ایستا تصویرسازی می‌کردند و گروه سوم که بعد از انجام هر دربیال طبق پروتکل به صورت جسمانی بعد از آرام‌سازی یک دقیقه‌ای و دویدن تا اولین مخروط، پشت مخروط می‌ایستادند، در حالی که درجا پاهای خود را تکان می‌دادند (درست مثل لحظات اولیه دربیال کردن)، هم‌زمان تصویرسازی پویا (dMI) را انجام می‌دادند (۳۱)؛ یعنی از ورزشکاران خواسته شد تا آزادانه مراحل دربیال واقعی را با پاهای خود تقلید کنند. در این پژوهش، تمامی شرکت‌کنندگان تمرین تصویرسازی حرکتی (MI) را در وضعیتی اجرا کردند که با ماهیت حرکتی مدنظر تطابق داشت؛ به عبارتی، شرکت‌کنندگان در حالت ایستاده قرار گرفتند تا شرایط واقعی حرکت بازتولید شود. در چارچوب این پژوهش، تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) به‌عنوان توالی خاصی از MI تعریف شد که با تصویرسازی بیرونی همراه بود. حرکاتی که به صورت ذهنی بازنمایی می‌شوند، به‌ویژه ویژگی‌های حرکتی خاصی نظیر تغییرناپذیری زمانی و مکانی را حفظ می‌کنند. در همین راستا، از ورزشکاران خواسته شد تا حرکات واقعی را از طریق تقلید حرکات ساده اندام تحتانی بازآفرینی کنند، بدون آنکه درگیر اجرای واقعی حرکت شوند و در عین حال اندام فوقانی خود را ثابت نگه دارند. هدف عملکردی اصلی از این طراحی، ایجاد پیوندی میان حرکت و تصویرسازی ذهنی بود تا از طریق فراهم آوردن بازخوردهای حسی، به‌ویژه ورودی‌های حسی-پیکری، فرایند بازنمایی ذهنی حرکت دربیال تسهیل شود. این بازخوردها به شرکت‌کنندگان کمک می‌کرد تا بهتر بتوانند پیکربندی فضایی-زمانی حرکات را دنبال کنند.

پس‌آزمون

بعد از دوره تمرینی از ورزشکاران پس‌آزمون گرفته شد و زمان تمرین جسمانی توسط آزمون‌گیرنده‌ها (ورزشکاران از زمان ثبت‌شده اطلاع نداشتند) و زمان تصویرسازی حرکتی توسط خود ورزشکاران ثبت شد. یافته‌ها نشان داد، حرکات انجام‌شده در طول تصویرسازی حرکتی (MI) شامل نشانگرهای زمانی مشخصی بودند که نشان‌دهنده وجود تابع زمانی در فرایند تصویرسازی ذهنی است. این تابع زمانی نقش مهمی در تسهیل دقت و صحت زمانی تصویرسازی ایفا می‌کند. برای کاهش دخالت حرکات واقعی و محدودسازی شدت فعالیت حرکتی در حین تصویرسازی ذهنی، حرکات اندام فوقانی به طور کامل حذف شدند. در چارچوب طراحی این مطالعه، از ورزشکاران خواسته شد تا بدن خود را به‌عنوان منبع تولید نیرو در نظر بگیرند و از این طریق تصویرسازی بصری درونی را با تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) تلفیق کنند. به‌منظور جمع‌آوری داده‌های مربوط به زمان تصویرسازی ذهنی، شرکت‌کنندگان یک کرومومتر را در دست غیرغالب خود نگه می‌داشتند. این روش تضمین می‌کرد که داده‌های زمانی تنها منعکس‌کننده نمایش ذهنی حرکت باشند و مراحل اضافی مانند آماده‌سازی حرکتی را در بر نگیرند. پیش از اجرای آزمایش، بررسی شد که شرکت‌کنندگان نسبت به این روش اندازه‌گیری احساس ناراحتی یا محدودیت نداشته باشند. برای ارزیابی اثربخشی MI، سه معیار پیامدی به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. مهم‌ترین آن‌ها، میزان تطابق زمانی میان تصویرسازی ذهنی و اجرای واقعی حرکت بود که به‌عنوان شاخصی معتبر

برای سنجش دقت تصویرسازی ذهنی تلقی شد. (۳۵، ۳۴)؛ بنابراین زمان‌های واقعی و MI برای آزمایش توانایی فرد برای تصویرسازی در زمان واقعی ثبت شدند. زمان‌های واقعی توسط همان آزمونگر ثبت شدند؛ در حالی که MI توسط خود ورزشکاران ثبت شد؛ بدین صورت که تایمر را در اولین حرکت ثبت کرده و تایمر را در انتهای دریل متوقف می‌کردند. برای جلوگیری از تأثیر احتمالی بازخورد بر نتایج آزمون‌ها، شرکت‌کنندگان در هیچ‌یک از مراحل جلسات تمرینی تصویرسازی حرکتی (MI) بازخوردی دریافت نکردند. این تصمیم با هدف حفظ یکنواختی شرایط آزمایش و جلوگیری از سوگیری در آزمون‌های بعدی گرفته شد. در ارزیابی اثربخشی MI، سه شاخص اصلی به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند: نخست، تناسب زمانی میان MI و اجرای واقعی حرکت که پیش‌تر به‌عنوان شاخصی قابل‌اعتماد برای دقت تصویرسازی معرفی شد؛ دوم، تعداد موفقیت‌های ثبت‌شده در دریل برای دو وضعیت مختلف تصویرسازی، یعنی تصویرسازی ذهنی ایستا و تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) مقایسه شد؛ سومین شاخص، ارزیابی کیفی عملکرد حرکتی بود که شامل تحلیل دقیق اجزای فنی مهارت دریل بود. این تحلیل با استفاده از نمره‌دهی کارشناسی انجام گرفت. برای ثبت عملکرد شرکت‌کنندگان، از دوربین دیجیتال فیلم‌برداری (Sony FX6) استفاده شد. تصاویر ضبط‌شده بدون دخالت یا مشاهده مستقیم از سوی ارزیاب‌ها در طول MI، در اختیار دو مربی خبره قرار گرفت. این مربیان از جزئیات شرایط آزمایشی بی‌اطلاع بودند و برای شبیه‌سازی شرایط زنده، هر ویدئو را تنها یک‌بار مشاهده کرده و سپس با استفاده از مقیاس لیکرت صفر تا ۱۰ (از ضعیف‌ترین تا بهترین عملکرد)، هر آزمون را ارزیابی کردند. چهار مؤلفه کلیدی برای ارزیابی عملکرد انتخاب شدند: ۱. کیفیت آغاز حرکت قبل از رسیدن به موانع مخروطی شامل سرعت، تعداد گام‌ها و ریتم دویدن؛ ۲. کیفیت تغییر جهت بین موانع به‌عنوان شاخصی از چابکی و کنترل؛ ۳. وضعیت آمادگی بدنی شامل نحوه قرارگیری اندام‌ها، زاویه زانو و آرنج، و تنظیم بخش‌های مختلف بدن؛ ۴. کارایی حرکات بالاتنه و اندام‌ها شامل شانه‌ها، کمر، پاها و وضعیت دست‌ها. این اقدامات نه‌تنها بهبود تناسب زمانی میان تصویرسازی ذهنی و اجرای واقعی را تسهیل می‌کردند، بلکه امکان مقایسه چشمی دقیق‌تری از کیفیت عملکرد و جنبه‌های زیبایی‌شناختی اجرای مهارت را نیز فراهم می‌کردند. چنین ارزیابی‌هایی برای تحلیل دقیق‌تر هماهنگی، کنترل حرکتی و کارایی فنی اجرای دریل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بودند.

آزمون یادداری

بعد از ۲۴ ساعت، ورزشکاران در محل تمرین آماده شدند و بعد از گرم کردن بدون تمرین آزمون مهارت دریل تکرار شد و نتایج ثبت شد (دقیقاً مانند پس‌آزمون).

نتایج

در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. (جدول ۱). برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون شاپیرو-ویلک به کار رفت. براساس نتایج این آزمون، توزیع داده‌های اندازه‌گیری‌شده طبیعی بود؛ چراکه مقدار P در تمامی متغیرها بیش از مقدار بحرانی ۰/۰۵ گزارش شد. برای بررسی همگنی واریانس‌ها بین گروه‌ها، از آزمون لوین استفاده شد که نتایج حاکی از رعایت پیش‌فرض همگنی واریانس‌ها بود. همه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

در بخش آمار توصیفی، شاخص‌هایی نظیر میانگین مدت انجام پروتکل تمرینی دریل ۱۵ نفر (ثانیه)، انحراف استاندارد و جدول مرتبط محاسبه و ترسیم شد (جدول ۱).

جدول ۱- اطلاعات توصیفی

Table 1- Descriptive information

انحراف معیار SD	میانگین (ثانیه) Average (second)	تعداد Number	مرحله زمانی Test Period	گروه Group
1.83	15.80	15	پیش آزمون Pre-test	تمرین جسمانی Physical exercise
1.81	14.10	15	پس آزمون Post-test	
1.62	14.93	15	آزمون یادداری Retention- test	
1.62	15.91	15	پیش آزمون Pre-test	تصویرسازی حرکتی ایستا (sMI) Static motor imagery
1.30	13.21	15	پس آزمون Post-test	
1.56	13.57	15	آزمون یادداری Retention- test	
2.08	15.88	15	پیش آزمون Pre-test	تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) Dynamic motor imagery
1.20	12.24	15	پس آزمون Post-test	
1.32	12.61	15	آزمون یادداری Retention- test	

به منظور بررسی فرضیه‌های پژوهش، از تحلیل واریانس یک‌طرفه (آنوا) و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر بهره گرفته شد. سطح معناداری آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و همه بازه‌های اطمینان در سطح ۹۵ درصد تعیین شد. ابتدا مقایسه نمرات پیش‌آزمون دریل گروه‌ها با آزمون تحلیل واریانس (آنوا) یک‌طرفه بررسی شد (جدول ۲). با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس، بین گروه‌های تحقیق در نمرات پیش‌آزمون دریل تفاوت معناداری وجود نداشت؛ بنابراین می‌توان گفت که گروه‌ها در متغیر دریل در مرحله پیش‌آزمون همسان بودند.

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس (آنوا) برای مقایسه گروه‌ها در نمرات پیش‌آزمون دربیبل

Table 2- The results of the analysis of variance (ANOVA) test to compare the groups in the dribble pre-test scores

متغیر	Variable	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره	معناداری
Effect	Indicator	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Squares	F-Value	P-Value
بین گروهی	Between groups	0.10	2	0.05	0.01	0.98
درون گروهی	Within groups	144.28	42	3.43	-	-
مجموع	Totals	144.38	44	-	-	-

نتایج آزمون تحلیل واریانس تک‌متغیری نشان می‌دهد، در نمرات پس‌آزمون دربیبل بین سه گروه تمرین جسمانی، تصویرسازی حرکتی ایستا و گروه تصویرسازی حرکتی پویا تفاوت معنادار وجود داشت ($P < 0.05$) (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای بررسی تفاوت نمرات پس‌آزمون دربیبل در سه گروه

Table 3- The results of the one-way ANOVA test in order to investigate the difference in scores after the dribble test in three groups

متغیر	Variable	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره	معناداری
Effect	Indicator	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Squares	F-Value	P-Value
بین گروهی	Between groups	26.10	2	13.05	8.60	0.001
درون گروهی	Within groups	63.69	42	1.52	-	-
مجموع	Totals	89.79	45	-	-	-

در ادامه به منظور مقایسه جفتی نمرات پس‌آزمون دربیبل در گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد (جدول ۴). نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه جفتی نشان می‌دهد که بین نمرات پس‌آزمون دربیبل در سه گروه تمرین جسمانی ($M=14/10$) با نمرات پس‌آزمون دربیبل در گروه نمرات پس‌آزمون دربیبل در گروه تصویرسازی حرکتی پویا ($M=12/24$) تفاوت معنادار وجود داشت ($P \leq 0.05$)؛ یعنی گروه تصویرسازی حرکتی پویا نمرات کمتری

رفتار حرکتی، تابستان ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۶۴

نسبت به گروه تمرین جسمانی به دست آوردند. بین گروه تصویرسازی حرکتی پویا و گروه تصویرسازی حرکتی ایستا و همچنین بین گروه تمرین جسمانی و تصویرسازی حرکتی ایستا تفاوت معناداری مشاهده نشد، ولی همبستگی مثبت وجود داشت؛ به این معنی که گروه تصویرسازی حرکتی پویا نسبت به گروه تصویرسازی حرکتی ایستا و همچنین گروه تصویرسازی حرکتی ایستا نسبت به گروه تمرین جسمانی نمرات کمتری کسب کردند.

جدول ۴- نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه جفتی نمرات پس آزمون در بیل

Table 4- Bonferroni test results for pairwise comparison of dribbling post-test scores

معناداری P- Value	خطای استاندارد انحراف معیار Standard Error of the Standard Deviation	تفاوت میانگین گروه‌ها Difference in Group Means	گروه‌ها Groups
0.16	0.45	0.89	تمرین جسمانی و تصویرسازی حرکتی ایستا Physical practice & static motor imagery
0.001	0.45	1.86	تمرین جسمانی و تصویرسازی حرکتی پویا Physical practice & static motor imagery
0.11	0.45	0.98	تصویرسازی حرکتی ایستا و تصویرسازی حرکتی پویا Dynamic motor imagery

نتایج آزمون تحلیل واریانس تک متغیری نشان می‌دهد، در نمرات یادداری در بیل بین سه گروه تمرین جسمانی تصویرسازی حرکتی ایستا و گروه تصویرسازی حرکتی پویا تفاوت معنادار وجود داشت ($P < 0.05$) (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه به منظور بررسی تفاوت نمرات یادداری در بیل در سه گروه

Table 5- One-way ANOVA test results in order to investigate the difference in dribbling retention scores in three groups

معناداری P-Value	مقدار آماره F F- Value	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	Indicator Effect
0.001	8.95	20.35	2	40.71	بین گروهی Between groups
-	-	2.27	42	95.48	درون گروهی Within groups

-	-	-	45	136.19	مجموع Totals
---	---	---	----	--------	-----------------

در ادامه برای مقایسه جفتی نمرات یادداری در بیل در گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده می‌شود (جدول ۶). نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه جفتی نشان می‌دهد، بین نمرات یادداری در بیل در گروه تمرین جسمانی ($M=14/93$) با نمرات یادداری در بیل در گروه تصویرسازی حرکتی پویا ($M=12/61$) تفاوت معنادار وجود داشت ($P \leq 0/05$)؛ یعنی گروه دارای تصویرسازی حرکتی پویا نمرات کمتری نسبت به گروه تمرین جسمانی به دست آوردند. همچنین بین گروه تمرین جسمانی و گروه تصویرسازی حرکتی ایستا، با لحاظ چشم‌پوشی و ارفاق، تفاوت معناداری مشاهده شد ($P=0/053$) ($P \leq 0/05$). بین گروه تصویرسازی حرکتی پویا و گروه تصویرسازی حرکتی ایستا تفاوت معناداری مشاهده نشد؛ ولی همبستگی مثبت وجود داشت؛ به این معنی که گروه تصویرسازی حرکتی پویا نسبت به گروه تصویرسازی حرکتی ایستا نمرات کمتری کسب کردند.

جدول ۶- نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه جفتی نمرات یادداری در بیل

Table 6- Bonferroni test results for pairwise comparison of dribbling retention scores

معدناداری P-Value	خطای استاندارد انحراف معیار Standard Error of the Standard Deviation	تفاوت میانگین گروه‌ها Difference in Group Means	گروه‌ها Groups
0.053	0.55	1.36	تمرین جسمانی و تصویرسازی حرکتی ایستا Physical practice & static motor imagery
0.001	0.55	2.32	تمرین جسمانی و تصویرسازی حرکتی پویا Physical practice & static motor imagery
0.27	0.55	0.96	تصویرسازی حرکتی ایستا و تصویرسازی حرکتی پویا Dynamic motor imagery

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نقش درخور توجه تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) را در ارتقای عملکرد، یادگیری و تناسب زمانی مهارت در بیل در ورزش فوتبال تأیید می‌کند. تحلیل نتایج در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری نشان داد، گروه‌های

تصویرسازی حرکتی، به‌ویژه گروه dMI، عملکردی به‌مراتب بهتر از گروه تمرین جسمانی ارائه دادند. این برتری در تمامی شاخص‌های ارزیابی شده از جمله زمان اجرای واقعی، دقت در تصویرسازی ذهنی، موفقیت در دریل، و کیفیت فنی اجرا مشهود بود. بررسی نتایج آزمون یادداری نیز نشان داد، یادگیری در گروه dMI پایدارتر از سایر گروه‌ها باقی ماند. این یافته‌ها اهمیت رویکرد dMI را به‌عنوان ابزاری مؤثر بر یادگیری مهارت‌های حرکتی پیچیده مانند دریل در فوتبال برجسته می‌کند. از منظر شناختی، dMI از طریق درگیر کردن هم‌زمان کانال‌های حسی، حرکتی و شناختی، موجب تقویت انسجام ذهنی-عملی میان تصور ذهنی حرکت و اجرای آن می‌شود. برخلاف تصویرسازی ایستا که تنها بر تجسم ذهنی صرف مبتنی است، تصویرسازی پویا زمینه‌ای شبه‌واقعی ایجاد می‌کند که هم در سطح حسی و هم در سطح عصبی، بازنمایی دقیق‌تری از حرکت را فراهم می‌آورد. در همین راستا، یافته‌های پژوهش فرانک^۱ و همکاران نشان داد، تصویرسازی حرکتی فراتر از رمزگذاری اطلاعات حرکتی است و جنبه‌های چندحسی و شناختی آن همچون درگیری حافظه کاری، تمرکز و ادراک بدنی، در فرایند یادگیری نقش دارد (۳۶). همچنین یافته‌های پژوهش‌های گیلوت و همکاران (۳۱) و ساچلی^۲ و همکاران (۳۷، ۳۸) نیز به‌صراحت نشان داد، اجرای dMI می‌تواند فعالیت‌های عصبی مرتبط با قشر حرکتی و منچه را به‌گونه‌ای تحریک کند که بسیار مشابه اجرای واقعی باشد. در بیماران دارای محدودیت حرکتی، استفاده از dMI باعث تقویت شبکه‌های حرکتی بنیایی-حرکتی و همچنین مغز میانی می‌شود و بدین‌ترتیب نوعی داربست شناختی برای بازنمایی ذهنی مهارت ایجاد می‌کند. یافته‌های پژوهش حاضر همچنین بر اهمیت هماهنگی زمانی میان تصویرسازی و اجرای واقعی حرکت تأکید دارد. شواهد حاکی از آن است که شرکت‌کنندگان در گروه dMI قادر بودند ریتم و سرعت حرکات خود را حتی در غیاب بازخورد بیرونی، به‌درستی بازآفرینی کنند. این تطابق زمانی نه‌تنها موجب بهبود هماهنگی ذهنی-جسمی شده، بلکه احتمالاً منجر به تثبیت بهتر الگوهای حرکتی در حافظه بلندمدت نیز شده است (۳۹، ۴۱، ۴۲). یکی از وجوه تمایز این پژوهش با سایر مطالعات مشابه، ارزیابی عملکرد نه صرفاً براساس زمان اجرای دریل، بلکه با استفاده از مؤلفه‌های فنی تأثیرگذار بر مهارت دریل نیز بود. نتایج نشان داد، زمانی که MI با حرکت واقعی همگام می‌شود، میزان موفقیت در اجرای دریل بیشتر و کیفیت فنی آن ارتقا می‌یابد. این یافته‌ها بیانگر آن است که حتی حرکات محدود و ساده مانند تکان دادن پاها می‌توانند بازخورد حسی مؤثری برای تقویت بازنمایی ذهنی فراهم کنند. از جنبه کاربردی، dMI این قابلیت را دارد که در شرایطی که تمرین فیزیکی به دلایل مختلفی مانند آسیب، خستگی یا محدودیت فضایی امکان‌پذیر نیست، جایگزین یا مکملی مناسب باشد. همچنین این روش با بهره‌گیری از ابزارهای ساده و بدون نیاز به تجهیزات تخصصی، قابلیت استفاده در محیط‌های آموزشی، کلینیک‌های توان‌بخشی و حتی در منزل را دارد. مربیان ورزشی و روان‌شناسان می‌توانند با طراحی برنامه‌هایی مبتنی بر dMI، فرایند یادگیری مهارت‌های حرکتی را در ورزشکاران تسریع و تثبیت کنند. در عین حال، یافته‌ها نشان داد، تصویرسازی حرکتی پویا حتی در غیاب تمرین فیزیکی کامل نیز می‌تواند مزایایی فراتر از تصویرسازی ایستا ایجاد کند. وضوح بیشتر تصویرسازی، دقت زمانی بیشتر، هماهنگی بهبودیافته و بازنمایی ذهنی مؤثرتر از جمله این مزایا بودند. نکته مهم آن است که ورزشکاران شرکت‌کننده در گروه dMI، وضوح بیشتری در تصویرسازی گزارش دادند و همبستگی مثبت میان وضوح تصویر ذهنی و کیفیت اجرای فیزیکی مشاهده شد؛ با این حال، لازم است درخصوص استفاده از dMI در برخی جمعیت‌های خاص، از جمله سالمندان یا افرادی با محدودیت

1. Frank
2. Sacheli

شناختی، احتیاط شود. نتایج پژوهش ساچلی و همکاران نشان داد، انجام dMI ممکن است برای این گروه‌ها به دلیل پیچیدگی ذهنی و نیاز به هماهنگی هم‌زمان شناختی و حرکتی، چالش‌برانگیز باشد و کارایی آن کاهش یابد (۳۸)؛ بنابراین لازم است در طراحی مداخلات آموزشی مبتنی بر dMI به سطح شناختی، تجربه قبلی و ویژگی‌های فردی توجه ویژه شود. در مجموع، نتایج این مطالعه از اثربخشی زیاد تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) بر بهبود مهارت دریبل فوتبال پشتیبانی می‌کند. این روش می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در برنامه‌های تمرینی ورزشی، توان‌بخشی عصبی-حرکتی و آموزش‌های مهارتی استفاده شود. به‌منظور بهره‌برداری حداکثری از ظرفیت‌های dMI، توصیه می‌شود که تحقیقات آینده به بررسی اثرات بلندمدت، سازوکارهای عصبی دقیق و اثر بخشی در رشته‌های ورزشی گوناگون و سطوح مختلف عملکردی بپردازند. همچنین توسعه پروتکل‌های تمرینی اختصاصی برای dMI در سنین مختلف می‌تواند موجب گسترش کاربرد این روش در حوزه آموزش و تمرین ورزشی شود.

پیام مقاله

این پژوهش با معرفی تصویرسازی حرکتی پویا (dMI) به‌عنوان رویکردی نوین در تمرینات ذهنی، نشان داد که ترکیب تصویر ذهنی با حرکات فیزیکی خفیف می‌تواند به طور مؤثری موجب بهبود یادگیری، عملکرد فنی و تناسب زمانی در مهارت‌های حرکتی مانند دریبل فوتبال شود. براساس یافته‌ها، dMI با درگیرسازی هم‌زمان فرایندهای شناختی و حرکتی، بازنمایی ذهنی دقیق‌تری ایجاد می‌کند و عملکرد ورزشی را حتی در غیاب تمرین فیزیکی کامل، بهبود می‌بخشد؛ بنابراین dMI می‌تواند در شرایط محدودیت جسمانی یا برای ارتقای تمرکز و هماهنگی، راهکاری کاربردی و مکمل باشد.

ملاحظات اخلاقی

تمامی مراحل این پژوهش با رعایت اصول اخلاق پژوهشی و براساس دستورالعمل‌های کمیته اخلاق دانشگاه انجام شد. شرکت‌کنندگان پس از دریافت توضیحات کامل درباره روند مطالعه، به صورت داوطلبانه و با رضایت آگاهانه در پژوهش شرکت کردند. همچنین اطمینان حاصل شد که اطلاعات فردی آن‌ها محرمانه باقی بماند و تنها برای اهداف علمی استفاده می‌شود.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: هر دو نویسنده به صورت مشترک در شکل‌گیری ایده پژوهش و چارچوب مفهومی آن مشارکت داشتند.
جمع‌آوری داده‌ها: جمع‌آوری داده‌ها توسط نویسنده اول با همراهی و پشتیبانی نویسنده دوم انجام شد.
تحلیل داده‌ها: تحلیل و تفسیر داده‌ها به صورت مشترک توسط هر دو نویسنده انجام گرفت.
نوشتن مقاله: پیش‌نویس اولیه مقاله توسط نویسنده اول تهیه شد.
بازبینی و ویرایش: نویسنده دوم مقاله را از نظر علمی و محتوایی مورد بازبینی و اصلاح قرار داد.
تأمین مالی: این پژوهش بدون دریافت حمایت مالی خارجی انجام شد و منابع موردنیاز توسط هر دو نویسنده مدیریت گردید.
مرور ادبیات: مرور و بررسی پیشینه پژوهش توسط نویسنده اول و با مشورت نویسنده دوم انجام شد.

مدیر پروژه: مدیریت و نظارت کلی بر پروژه توسط نویسنده دوم انجام گرفت. هرگونه مشارکت دیگر: هر دو نویسنده نسخه نهایی مقاله را تأیید می کنند و مسئولیت کامل محتوای علمی آن را می پذیرند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی دانشجویانی که در این پژوهش همکاری داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می کنیم.

منابع

1. Moran A, Guillot A, MacIntyre T, Collet C. Re-imagining motor imagery: Building bridges between cognitive neuroscience and sport psychology. *Br J Psychol.* 2011;103:224–7. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2011.02068.x>
2. O'Shea H, Moran A. Does motor simulation theory explain the cognitive mechanisms underlying motor imagery? A critical review. *Front Hum Neurosci.* 2017;11:72. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00072>
3. Lotze M, Halsband U. Motor imagery. *J Physiol.* 2006;99(4):386–95. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.03.012>
4. Guillot A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards C, Doyon J. Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery ability. *Neuroimage.* 2008;41(4):1471–83. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.03.042>
5. Koch I, Keller PE, Prinz W. The ideomotor approach to action control: Implications for skilled performance. *Int J Sport Exerc Psychol.* 2004;2(4):362–75. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.02.033>
6. Frank C, Schack T. The representation of motor (inter)action, states of action, and learning: Three perspectives on motor learning by way of imagery and execution. *Front Psychol.* 2017;8:678. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00678>
7. Glover S, Baran M. The motor-cognitive model of motor imagery: Evidence from timing errors in simulated reaching and grasping. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2017;43(7):1359–75. <https://doi.org/10.1037/xhp0000389>
8. Collet C, Hajj ME, Chaker R, Bui-Xuan B, Lehot JJ, Hoyek N. Effect of motor imagery and actual practice on learning professional medical skills. *BMC Med Educ.* 2021;21(1):59. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02424-7>
9. Guillot A, Collet C. Construction of the motor imagery integrative model in sport: A review and theoretical investigation of motor imagery use. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* 2008;1(1):31–44. <https://doi.org/10.1080/17509840701823139>
10. Schuster C, Hilfiker R, Amft O, Scheidhauer A, Andrews B, Butler J, et al. Best practice for motor imagery: A systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med.* 2011;9(1):75. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-75>
11. Driskell JE, Copper C, Moran A. Does mental practice enhance performance? *J Appl Psychol.* 1994;79(4):481–92. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.4.481>
12. Toth AJ, McNeill E, Hayes K, Moran A, Campbell M. Does mental practice still enhance performance? A 24-year follow-up and meta-analytic replication and extension. *Psychol Sport Exerc.* 2020;48:101672. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101672>

13. Li-Wei Z, Qi-Wei M, Orlick T, Zitzelsberger L. The effect of mental-imagery training on performance enhancement with 7–10-year-old children. *Sport Psychol.* 1992;6(3):230–41. <https://doi.org/10.1123/tsp.6.3.230>
14. Frank C, Bekemeier K, Menze-Sonneck A. Imagery training in school-based physical education improves the performance and the mental representation of a complex action in comprehensive school students. *Psychol Sport Exerc.* 2021;56:101972. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.101972>
15. Roure R, Collet C, Deschaumes-Molinario C, Delhomme G, Dittmar A, Vernet-Maury E. Imagery quality estimated by autonomic response is correlated to sporting performance enhancement. *Physiol Behav.* 1999;66:63–72. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(99\)00026-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(99)00026-8)
16. Boschker MSJ, Bakker FC, Rietberg MB. Retroactive interference effects of mentally imagined movement speed. *J Sports Sci.* 2000;18(9):593–603. <https://doi.org/10.1080/02640410050082305>
17. Guillot A, Hoyek N, Louis M, Collet C. Understanding the timing of motor imagery: Recent findings and future directions. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* 2012;5(1):3–22. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2011.623787>
18. O’J, Hall C. A quantitative analysis of athletes’ voluntarily use of slow-motion, real-time and fast-motion images. *J Appl Sport Psychol.* 2009;21:15–30. <https://doi.org/10.1080/10413200802541892>
19. Vargas CD, Olivier E, Craighero L, Fadiga L, Duhamel JR, Sirigu A. The influence of hand posture on corticospinal excitability during motor imagery: A transcranial magnetic stimulation study. *Cereb Cortex.* 2004;14(11):1200–6. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh080>
20. Fourkas AD, Ionta S, Aglioti SM. Influence of imagined posture and imagery modality on corticospinal excitability. *Behav Brain Res.* 2006;168(2):190–6. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.10.015>
21. Callow N, Roberts R, Fawkes JZ. Effects of dynamic and static imagery on vividness of imagery, skiing performance and confidence. *J Imagery Res Sport Phys Act.* 2006;1(1):1–13. <https://doi.org/10.2202/1932-0191.1001>
22. Lotze M, Zentgraf K. Contribution of the primary motor cortex to motor imagery. In: Collet C, Guillot A, editors. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery.* Oxford University Press; 2010. p. 31–46. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199546251.003.0003>
23. Guillot A, Lebon F, Rouffet D, Champely S, Doyon J, Collet C. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *Int J Psychophysiol.* 2007;66(1):18–27. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.05.009>
24. Lebon F, Guillot A, Rouffet D, Collet C. EMG correlates different types of muscular contraction during motor imagery. *Neurosci Lett.* 2008;435:181–5. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.02.033>
25. Jeannerod M. *Motor cognition: What actions tell the self.* Oxford University Press; 2006. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198569657.001.0001>
26. Vergeer E, Roberts J. Movement and stretching imagery during flexibility training. *J Sports Sci.* 2006;24(2):197–208. <https://doi.org/10.1080/02640410500131811>
27. Smith D, Wright C, Allsopp A, Westhead H. It’s all in the mind: PETTLEP-based imagery and sports performance. *J Appl Sport Psychol.* 2007;19:80–92. <https://doi.org/10.1080/10413200600944132>
28. MacIntyre T, Moran A. Meta-imagery processes among elite sports performers. In: Collet C, Guillot A, editors. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery.* Oxford University Press; 2010. p. 227–244. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199546251.003.0016>
29. Gould D, Voelker DK, Damarjian N, Greenleaf C. Imagery training for peak performance. In: Van Raalte JL, Brewer BW, editors. *Exploring sport and exercise psychology.* 3rd ed. American Psychological Association; 2014. p. 55–82. <https://doi.org/10.1037/14251-004>
30. Schwartz DL, Holton DL. Tool use and the effect of action on the imagination. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2000;26(6):1655–1665. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.26.6.1655>
31. Guillot A, Moschberger K, Collet C. Coupling movement with imagery as a new perspective for motor imagery practice. *Behav Brain Funct.* 2013;9(1):8. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-9-8>

32. Fusco A, Iosa M, Gallotta MC, Paolucci S, Baldari C, Guidetti L. Different performances in static and dynamic imagery and real locomotion: An exploratory trial. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:760. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00760>
33. Zamani H, Farsi A, Abdoli B. Effect of motor imagery speeds on football dribbling among skilled players. *Sports Psychol Stud*. 2014. <https://doi.org/10.1001.1.23452978.1392.2.6.1.0> [In Persian]
34. Collet C, Guillot A, Lebon F, MacIntyre T, Moran A. Measuring motor imagery using psychometric, behavioral, and psychophysiological tools. *Exerc Sport Sci Rev*. 2011;39(2):85–92. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31820ac5e0>
35. Malouin F, Richards CL, Desrosiers J, Doyon J. Bilateral slowing of mentally simulated actions after stroke. *NeuroReport*. 2004;15:1349–53. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127465.94899.72>
36. Frank C, Kraeutner SN, Rieger M, Boe SG. Learning motor actions via imagery—Perceptual or motor learning? *Psychol Res*. 2023;1–13. <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01787-4>
37. Sacheli LM, Zapparoli L, Preti M, De Santis C, Pelosi C, Ursino N, et al. A functional limitation to the lower limbs affects the neural bases of motor imagery of gait. *NeuroImage Clin*. 2018;20:177–87. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.07.003>
38. Sacheli LM, Zapparoli L, Bonandrini R, Preti M, Pelosi C, Sconfienza LM, et al. How aging affects the premotor control of lower limb movements in simulated gait. *Hum Brain Mapp*. 2020;41(7):1889–903. <https://doi.org/10.1002/hbm.24919>
39. Malouin F, Richards C, Durand A, Doyon J. Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89:311–9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.006>