

The Effect of Intrinsic Visual Feedback on Mental Representation Structure and Motor Skill Learning

Hossein Taghizade¹ , Mohammadjavad Parvizi² , and Davoud Fazeli³  

1. Department of Sports Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz.
2. Department of Sports Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz.
3. Corresponding Author, Department of Sports Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 24 August 2025

Received in revised
form 13 October
2025

Accepted 19 April
2026

Available online 22 June
2026

Keywords:

*Mental representation,
intrinsic feedback, motor
learning*

ABSTRACT

Objective: Action outcome is considered essential for motor learning, yet its specific influence on the structure of mental representations of action remains unclear. Grounded in the cognitive architecture approach of action, this study investigated the effect of action outcome availability during practice on both motor performance and the functional organization of mental representations during acquisition and retention of a golf putting task.

Methods: Twenty right-handed novice students (age 23.6 ± 3.6 years) with no prior golf experience were randomly assigned to two groups: (1) intrinsic visual feedback group ($n=10$) who could see the ball trajectory and outcome during practice, and (2) no-visual-feedback group ($n=10$) whose vision was occluded immediately after ball-club contact using crystal glasses. Participants performed 150 practice trials (10 blocks $\times$ 15 trials) and were tested in pre-test, acquisition, and 24-hour retention phases. Putting accuracy (radial error in cm) and mental representation structure were assessed.

Results: The visual feedback group exhibited significantly lower error during acquisition and retention ($p < .001$) compared to the no-feedback group. Both groups developed more structured mental representations after practice, but the visual feedback group showed functionally meaningful clustering and significantly higher similarity to the expert structure.

Conclusion: Availability of action outcome during practice is crucial not only for performance improvement but also for developing a functionally well-organized mental representation of the movement. These findings strongly support the cognitive architecture approach of action.

Cite this article: Taghizade, H., Parvizi, M. J., Fazeli, D. The Effect of Intrinsic Visual Feedback on Mental Representation Structure and Motor Skill Learning. *Functional Research in Sport Psychology*, 2026;3(2):81-95. [10.22091/frs.2026.14617.1130](https://doi.org/10.22091/frs.2026.14617.1130)



© The Author(s).

DOI: [10.22091/frs.2026.14617.1130](https://doi.org/10.22091/frs.2026.14617.1130)

Publisher: University of Qom.

Extended Abstract**Introduction**

Mental representation refers to internal images reflecting the external world. In motor actions, it is a significant concept debated among theories. Cognitive theories regard it as crucial for motor learning. Schmidt's (1975) schema theory introduces recall and recognition schemas that provide parameters and verify movement accuracy. The generalized motor program controls movement classes with fixed relative timing, force, and sequence.

Ecological perspectives deny mental representations. Dynamical systems theory holds that perception is direct, and individuals explore the environment to perceive affordances without interpretation or long-term memory.

A third perspective—the cognitive architecture approach to action—posits that mental representation is a cognitive structure formed from perceptual consequences of actions and develops through practice. It introduces "basic action concepts" (BACs), representing important movement components. The organization of BACs in memory reflects the functional structure of movement and guides subsequent executions. The closer the sequence resembles the actual biomechanical structure, the stronger the mental representation and performance. This approach has created a unique experimental method for measuring mental representation. Which variables influence mental representation structure remains open. Since mental representation is fundamental to motor learning, variables affecting motor learning can influence it. Practice type (blocked vs. random) affects mental representation structure, with random practice leading to more structured

representations.

Feedback is extensively studied in motor learning. Feedback is divided into extrinsic and intrinsic categories, with intrinsic feedback also called inherent feedback. Sensory feedback, particularly action outcome feedback, is crucial for motor learning and error correction. According to internal models, feedback updates internal models during practice, enhancing learning. Although the importance of feedback is well-established, the effect of action outcome feedback on mental representation structure has not been investigated.

Methods**Participants**

Twenty right-handed male non-physical education students (mean age 23 ± 3.6 years) with no prior golf experience participated. Physical education students were excluded due to possible advanced motor experience. Participants had no history of fractures or neurological disorders, confirmed by self-report. They were randomly assigned to a feedback group ($n=10$) and a no-feedback group ($n=10$).

Task

The task was golf putting from different distances toward a target at 244 cm. Standard golf clubs and balls were used. A circular paper target (diameter 10.8 cm) served as the goal.

Data Collection Procedure

Upon entering the laboratory, each participant was randomly assigned to a group. After resting, they received a consent form and personal information questionnaire. A video of an expert performing the golf putting task was shown from a sagittal view at 50% normal speed. To assess initial mental representation structure, a structural dimensional analysis of mental representation (SDA-M) was performed.

The task was objectively divided into components, each recognized as a basic

action concept. These concepts for golf putting were: (1) shoulder alignment parallel to target line, (2) head balance, (3) club grip method, (4) focus on target, (5) square clubface relative to target line, (6) maintaining triangle formed by arms and shoulders, (7) distance between ball and shoulders, (8) shoulder rotation toward ball, (9) increasing club speed, (10) accuracy of hitting ball, (11) directing square clubface toward target at impact, (12) tracking ball, (13) shoulder rotation after ball contact, (14) decreasing club speed, (15) directing clubhead toward ball, and (16) observation.

These BACs can be assigned to four movement phases: preparation (concepts 1-4), backswing (concepts 5-7), forward swing (concepts 8-11), and follow-through (concepts 12-16). The SDA-M process consists of four stages: (1) splitting the task into BACs, (2) hierarchical cluster analysis to identify expert group structure, (3) factor analysis to reveal dimensions of BACs, and (4) examining stability of cluster solution.

To reveal distances between BACs in memory, a splitting task was used on a computer system displaying golf putting-related BACs. One BAC was presented as an anchor, while others were presented sequentially in random order. Participants judged whether each BAC was related to the anchor concept during movement execution. After completing the list, the next concept was selected as anchor, and the process continued.

The experimenter explained BACs to ensure understanding. Instructions on the monitor guided participants to determine whether BACs were related during movement. After explanations, participants performed the splitting task to determine their initial cognitive representation structure.

After determining initial mental structure, participants participated in a pre-test of 15 trials, putting toward the target with the goal

of stopping the ball on target. After each putt, distance between ball edge and target edge was measured in centimeters as movement accuracy.

Participants then entered practice, performing 150 putts in 10 blocks of 15 trials (2-minute rest between blocks). The feedback group stood at the starting point and putted toward the target. To match conditions with the no-feedback group, they wore vision-occluding glasses, but in the feedback group, the glasses did not block vision. In the no-feedback group, participants wore similar glasses. A laser gate was placed after the ball position; as soon as the ball passed, the glasses closed, preventing seeing where the ball stopped. During practice, putting accuracy was measured.

One day (24 hours) after practice, participants returned to the laboratory. Similar to the pre-test, they first performed the mental representation structure test, followed by 15 retention trials.

Data Analysis

For movement accuracy, independent t-tests were used at each stage. Mental representation structure was assessed through hierarchical cluster analysis. For all cluster analyses, $\alpha=0.05$ was selected, resulting in $d_{crit}=3.41$. Links between BACs above this value were considered statistically unrelated, while related BACs below this threshold were considered related. To evaluate differences between cluster solutions, invariance analysis was performed. When $\lambda>0.68$, two cluster solutions were considered different; when $\lambda<0.68$, they were not significantly different. To evaluate similarity between practice groups' representations and experts, the adjusted Rand index (ARI) was used. This index operates on a scale of (-1 to 1), where -1 indicates completely different cluster solutions and 1 indicates completely identical solutions. Mental representations of 10 expert

performers (with 10 years of golf and mini-golf experience) who demonstrated the four movement phases well were used as a reference structure.

Results

Movement Accuracy

Independent t-test results for the pre-test showed no significant difference between groups ($t=0.03$, $df=18$). In acquisition, results showed a significant difference ($t=-2.58$, $p=0.019$, $df=18$). Comparison of means showed the no-feedback group had higher error (feedback group mean=45.084, no-feedback group mean=62.88). In retention, the difference was significant ($t=-5.55$, $p<0.001$, $df=9.94$). Notably, the equal variances assumption was not met, so corrected degrees of freedom were used.

Mental Representation Structure

In the pre-test, no significant cluster existed for either group. Statistical invariance analysis confirmed a significant difference between mental representation structures in pre-test and post-test for both groups ($\lambda>0.68$). In the feedback group, clustering occurred in three functional units: first cluster related to preparation phase (concepts 1, 2, 3, 4), second cluster to forward swing phase (concepts 8, 9, 10, 11, 12), and third cluster to follow-through phase (concepts 13, 14, 15, 16). In the no-feedback group, clustering in the post-test was performed in one functional unit including concepts 2 (head balance), 3 (club grip method), and 4 (focus on target), all related to the preparation phase.

To assess functional adaptation, the pattern of mental representation of golf experts was compared with pre-test and post-test patterns. The adjusted Rand index indicated that both groups in the pre-test had negligible similarity to expert performance. ARI values in pre-test were 0.05 and 0.06 for feedback and no-feedback groups, respectively. In the post-test, these values increased to 0.52 and

0.20 for the same groups.

Discussion

The group with access to action outcome feedback during practice had higher accuracy in both practice and retention tests compared to the group deprived of action outcome feedback. This result was expected given existing literature. From various perspectives, action outcome feedback is argued to be crucial for learning. Cognitive perspectives believe action outcome feedback plays an important role in motor learning by facilitating the formation of relationships between movement outcomes and used parameters (recall schema). These perspectives also believe feedback strengthens motor learning by helping form relationships between sensory consequences and movement outcomes (recognition schema). Without sensory feedback, these rules cannot form, and learning cannot occur. Another cognitive theory is the internal model theory, according to which feedback updates direct and inverse models. From a perceptual perspective, sensory feedback facilitates adaptation to affordances and fine-tuning of movement. This means feedback enables faster recognition of affordances when placed in a similar environment next time.

From the newer perceptual-cognitive perspective, feedback acts as a fundamental concept for perceiving the phenomenon and subsequently forming mental representations. Cognitive approaches emphasize the role of action effects during selection, planning, and execution. The core idea of perceptual-cognitive approaches is that motor actions are guided by representations containing information about perceptual effects of motor actions. Actions are fundamentally guided by cognitively represented effects. Motor actions help individuals make changes in the environment (perceptual effects), and in turn, perceptual

effects act as critical control variables for guiding future motor actions. As an action is executed, its dependent effects are perceived, and this information is stored as effect representations. Accordingly, practice leads to more detailed effect representations, which more effectively guide and control actions. This approach is named the cognitive architecture of action.

The findings largely align with this idea. The group deprived of action outcome feedback had a less structured mental representation compared to the group benefiting from outcome feedback, and was functionally less similar to experts' mental representation structure. This indicates that without important perceptual consequences, mental representation does not form properly. According to the cognitive architecture of action approach, motor actions are organized hierarchically, with two main systems: the mental system and the sensorimotor system. Each system includes two levels of action organization. The mental system has a mental control level (level IV) and a mental representation level (level III); the sensorimotor system consists of a sensorimotor representation level (level II) and a sensorimotor control level (level I). Two levels with regulatory functions serve as control inputs, and two levels with representational functions serve as reference institutions. By directly translating intentions into actions—translating movement intention into actual movement—sensory consequences are considered an important variable for forming mental representation. When important sensory consequences (visual) were removed, mental representation did not form properly.

An important point is that although the no-feedback group's mental representation was not as structured, it had a significant cluster in retention. The probable reason is that individuals may have used other feedback

sources (such as proprioception) to form this structure, as these sources were not removed. This argument is supported by improvement from pre-test to post-test. This feedback information can be considered a weaker version of sensory information, which, although facilitating mental representation formation, does not result in a representation as structured as visual information. The possibility of forming mental representation without actual feedback exists, and it may even create stronger mental representation than actual execution. For example, mental imagery may create more structured mental representation than actual execution, seemingly contradicting current research. However, imagery is a cognitive mechanism, likely having greater impact on cognitive dimensions of the task (such as mental representation structure), a point also mentioned in previous findings. How similar actual feedback is to imagined feedback and what effects removing these two types has on mental representation structure requires future investigation.

Conclusion

Overall, sensory feedback plays a role as an important variable for creating mental representation, and removing this variable can largely destroy its structure. These findings were justified by the cognitive architecture of action approach.

Access to action outcome feedback during practice is crucial not only for performance improvement but also for developing a functionally well-organized mental representation of movement. These findings strongly support the cognitive architecture approach to action.

Keywords: Mental representation, intrinsic feedback, motor learning.

Article message

This study investigated the effect of intrinsic visual feedback on motor learning and mental representation structure in a golf putting task. Grounded in the cognitive architecture approach of action, the findings demonstrated that access to intrinsic visual feedback during practice is crucial not only for performance improvement but also for developing a functionally well-organized mental representation of movement. The visual feedback group exhibited significantly lower error during acquisition and retention compared to the no-feedback group. Both groups developed more structured mental representations after practice, but the visual feedback group showed functionally meaningful clustering and significantly higher similarity to the expert structure. These findings highlight a critical consideration for coaches and practitioners: intrinsic visual feedback of action outcomes plays an essential role in shaping cognitive representations that guide future motor executions. Training programs should therefore ensure that learners have access to relevant intrinsic feedback during practice to facilitate both performance improvement and the development of well-structured mental representations. The results strongly support the cognitive architecture approach to action.

Author Contributions

H.T. contributed to conceptualization, methodology, investigation, data curation, formal analysis, and writing of the original draft. M.P. was responsible for supervision, project administration, methodology, validation, and writing—review and editing. D.F. contributed to conceptualization, resources, validation, and writing—review and editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of

the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

The datasets generated and analyzed during the current study are not publicly available due to ethical restrictions and privacy agreements concerning participant confidentiality. However, the corresponding author will consider reasonable requests for access to the anonymized data upon submission of a methodologically sound proposal.

Acknowledgements

The authors extend their sincere gratitude to all the dedicated participants who took part in this study, without whom this research would not have been possible. We also acknowledge the support provided by the staff and administrators at the training facilities.

Ethical Considerations

This research was conducted in full compliance with the ethical principles for human research, aligning with the Declaration of Helsinki and the internal regulations of the Faculty of Education and Psychology at Shiraz University. Participation was entirely voluntary. Written informed consent was obtained from all participants. All participant data were coded and maintained with strict confidentiality. All ethical research guidelines were strictly observed, and no animals were utilized in this study.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest for this article.

تاثیر بازخورد ذاتی عمل بر ساختار بازنمایی ذهنی و یادگیری مهارت

حسین تقی زاده^۱  ، محمدجواد پرویزی^۲  ، داود فاضلی^۳  

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۳. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۳۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱ کلیدواژه‌ها: بازنمایی ذهنی، بازخورد ذاتی، یادگیری حرکتی	هدف: بازخورد نتیجه عمل برای یادگیری حرکتی ضروری دانسته می‌شود، با این حال تأثیر اختصاصی آن بر ساختار بازنمایی‌های ذهنی عمل همچنان نامشخص است. این پژوهش با تکیه بر رویکرد معماری شناختی عمل، اثر دسترسی به بازخورد نتیجه عمل در طول تمرین را بر عملکرد حرکتی و ساختار کارکردی بازنمایی ذهنی در مراحل اکتساب و یادداری تکلیف ضربه گلف بررسی کرد روش‌ها: بیست دانشجوی راست‌دست نوآموز (سن 23.6 ± 3.6 سال) بدون تجربه قبلی گلف به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: (۱) گروه بازخورد نتیجه عمل ($n=10$) که در طول تمرین قادر به مشاهده مسیر و نتیجه توپ بودند، و (۲) گروه بدون بازخورد بینایی ($n=10$) که بلافاصله پس از تماس توپ-چوب، دید آنان با عینک‌های کریستالی مسدود می‌شد. شرکت‌کنندگان ۱۵۰ کوشش تمرینی (۱۰ بلوک $15 \times$ کوششی) انجام دادند و در مراحل پیش‌آزمون، اکتساب و یادداری ۲۴ ساعته ارزیابی شدند. دقت ضربه (خطای شعاعی به سانتی‌متر) و ساختار بازنمایی ذهنی سنجیده شد. یافته‌ها: گروه بازخورد بینایی نسبت به گروه بدون بازخورد در مراحل اکتساب و یادداری به طور معنی‌داری خطای کمتری نشان داد ($p < 0.001$). هر دو گروه پس از تمرین بازنمایی‌های ذهنی ساختارمندتری ایجاد کردند، اما گروه بازخورد بینایی خوشه‌بندی کارکردی معناداری داشت به طور معنی‌داری شباهت بیشتری با ساختار افراد ماهر داشت. نتیجه‌گیری: دسترسی به بازخورد نتیجه عمل در طول تمرین نه تنها برای بهبود عملکرد، بلکه برای شکل‌گیری بازنمایی ذهنی حرکتی با ساختار کارکردی مطلوب نیز حیاتی است. این یافته‌ها به طور قوی از رویکرد معماری شناختی عمل حمایت می‌کنند.

استناد: تقی زاده، حسین؛ پرویزی، محمدجواد؛ فاضلی، داود. تاثیر بازخورد نتیجه عمل بر ساختار بازنمایی ذهنی و یادگیری مهارت. مطالعات عملکردی در روانشناسی ورزشی، ۱۴۰۵، ۳ (۲)، ۸۱-۹۵.

DOI: [10.22091/frs.2026.14617.1130](https://doi.org/10.22091/frs.2026.14617.1130)

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم.

مقدمه

بازنمایی ذهنی به تصاویر درونی اشاره می‌کند که منعکس‌کننده جهان بیرون هستند (۱). در زمینه اعمال حرکتی، واژه بازنمایی ذهنی یک مفهوم مهمی است که بسیاری از نظریه‌ها در مورد آن به مباحثه پرداخته‌اند. به عنوان مثال، بازنمایی ذهنی در نظریه‌های شناختی به عنوان یک متغیر بسیار مهم شناخته می‌شود که زیربنای یادگیری حرکتی است. نمونه بارز این مفهوم در تئوری‌های شناختی در نظریه برنامه حرکتی تعمیم‌یافته اشمیت (۱۹۷۵) دیده می‌شود (۲). در این تئوری مفهومی به نام طرحواره بیان شده است که به نام قانونی انتزاعی شناخته می‌شود که از رابطه بین پارامترهای حرکت، نتایج حرکت و وضعیت‌های اولیه (طرحواره فراخوانی) و یا رابطه بین پیامدهای حسی، نتایج حرکت و وضعیت‌های اولیه (طرحواره بازشناسی) می‌باشد. کار این دو طرحواره فراهم کردن پارامتر و همچنین تایید صحت یا عدم صحت اجرای حرکت می‌باشد (۳). در سطحی بالاتر مفهومی به نام برنامه حرکتی تعمیم‌یافته وجود دارد که ادعا می‌شود الگوی حرکتی دسته‌ای از حرکات را کنترل می‌کند. این برنامه حرکتی را می‌توان به نوعی تصویری از حرکت دانست که در آن زمانبندی نسبی، نیروی نسبی و ترتیب و توالی اجزای حرکت در آن برای حرکات تند و یا آهسته ثابت است. از دیدگاه اشمیت درجات آزادی توسط یک برنامه حرکتی تعمیم‌یافته کنترل می‌شوند که در حافظه فرد وجود دارد و در اصل مفهومی انتزاعی است. از این منظر برنامه حرکتی، یا همان بازنمایی ذهنی اعمال فرایندی است که کنترل حرکت را در دست دارد.

در مقابل این دیدگاه، دیدگاه‌های ادراکی قرار دارند که اعتقادی به مفهوم بازنمایی یا به نوعی برنامه حرکتی ندارند. به عنوان مثال، در تئوری‌های پویایی‌های عمل اعتقاد بر این است که ادراک مستقیم است و فرد با جست و جوی فعالانه محیط فراهم‌سازها را درک میکند و این فرایند درک کردن نیازی به تفسیر و یا کمک از مفهومی به نام حافظه بلند مدت ندارد؛ چون همه اطلاعات مورد نیاز در آرایه‌های نوری وجود دارند (۴). از این دیدگاه همه مفاهیم بر اساس مفهوم ادراک مستقیم یا به نوعی پیامدهای محیطی عمل توجیه می‌شوند (۵).

تا اینجا مشخص است که مفهوم بازنمایی ذهنی برای برخی از محققان مانند سنگ بنا عمل می‌کند و برخی دیگر به آن اعتقادی ندارند. اما در این بین دیدگاه سومی نیز وجود دارد که اعتقاد دارد بازنمایی ذهنی ساختاری شناختی است که در نتیجه پیامدهای ادراکی اعمال شکل می‌گیرد و در اثر تمرین و تجربه این بازنمایی ذهنی توسعه می‌یابد. این دیدگاه به دیدگاه معماری اعمال مشهور است (۶)، متغیری به نام مفاهیم پایه عمل معرفی می‌کند که در اصل شامل قسمت‌های مهمی از یک حرکت هستند که در حین اجرا وجود دارند (۷). از این دیدگاه سازماندهی مفاهیم پایه عمل که در اصل نشان دهنده قسمت‌های مختلف حرکت است در حافظه فرد به عنوان تصویری از حرکت سازماندهی می‌شود که در ادامه کنترل اجراهای بعدی را در اختیار خواهد داشت. از دید این تئوری، هرچقدر توالی قرارگیری این تصاویر در حافظه به ساختار بیومکانیکی واقعی در حین اجرا شبیه‌تر باشد یعنی بازنمایی ذهنی قویتر است و در نتیجه اجرای فرد هم احتمالاً قویتر خواهد بود (۶). این رویکرد یک روش تجربی برای سنجش بازنمایی ذهنی ایجاد کرده است که در نوع خود منحصر به فرد است (۷). با استفاده از این روش نشان داده شده است که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی بازنمایی ذهنی ساختار یافته‌تری دارند و تمرین می‌تواند در این ساختار بازنمایی ذهنی نقش داشته باشد (۸-۱۱).

اینکه چه متغیرهایی بر این مفهوم ساختار بازنمایی ذهنی تاثیر می‌گذارند هنوز مبحثی باز در این زمینه تحقیقاتی است؛ اما به نظر می‌رسد از آنجا که بر اساس این تئوری بازنمایی ذهنی مبنی یادگیری حرکتی است، متغیرهایی که بر روی یادگیری حرکات تاثیر دارند می‌توانند بازنمایی ذهنی را نیز تحت تاثیر قرار دهند. به عنوان مثال نشان داده شده است که نوع تمرین (تمرین مسدود و یا تصادفی) می‌تواند بر ساختار بازنمایی ذهنی تاثیر بگذارد و تمرین تصادفی نسبت به تمرین مسدود با بازنمایی ذهنی ساختار یافته‌تری منجر می‌شود (۱۲). همچنین نشان داده شده است که حالت‌های مختلف تمرین نیز موجب بازنمایی ذهنی متفاوتی می‌شوند (۱۳-۱۶).

متغیری که در یادگیری حرکتی زیاد مورد بررسی قرار گرفته است و اهمیت آن برای یادگیری بسیار مهم است، بازخورد می‌باشد. بازخورد به دو دسته بیرونی و درونی تقسیم می‌شود که بازخورد درونی در اصل بازخورد ذاتی حرکت نیز نامیده می‌شود (۱۷). وجود بازخورد حسی و به طور خاص بازخورد نتیجه عمل برای یادگیری حرکتی و همچنین وجود مکانیزم اصلاح خطا مفهومی مهم و غیر قابل انکار است. بر اساس مدل‌های درونی وجود بازخورد در اصل موجب بروزرسانی مدل‌های درونی در حین تمرین می‌شود و در نتیجه یادگیری را تقویت می‌کند (۱۸). اگرچه موضوع بازخورد و ضرورت آن برای یادگیری حرکتی یک مفهوم شناخته شده است، اما تاثیر بازخورد نتیجه عمل بر شکل‌گیری ساختار بازنمایی ذهنی هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش سعی شده است که تاثیر وجود و عدم وجود بازخورد بینایی بر ساختار بازنمایی ذهنی مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این پژوهش می‌تواند کاربردهای نظری و عملی مختلفی داشته باشد. به لحاظ نظری اگر نشان داده شود که بازخورد نقش مؤثری در شکل‌گیری بازنمایی ذهنی افراد دارد می‌تواند حمایت‌کننده رویکرد معماری شناختی اعمال در حافظه باشد. این دیدگاه نظری از چند

جنبه بر دیدگاه‌های نظری قبل از خود برتری دارد. به عنوان مثال، برخلاف دیدگاه برنامه حرکتی تعمیم یافته که همه چیز را به شکل گیری یک بازنمایی ذهنی شناختی مبتنی بر حافظه می‌داند، این دیدگاه نظری متغیرهای محیطی را نیز بر شکل گیری بازنمایی ذهنی موثر می‌داند و برای آن‌ها نیز نقش قائل است. اما برتری این دیدگاه بر دیدگاه‌های ادراکی این است که برخلاف آن‌ها که حرکت را فقط محرک محور و به نوعی مبتنی بر ادراک می‌دانند به نقش ایجاد بازنمایی به عنوان یک متغیر شناختی اعتقاد دارد. علاوه بر این کاربرد نظری، نتایج این پژوهش می‌تواند استفاده کاربردی نیز داشته باشد. اگر نشان داده شود که بازخورد نتیجه می‌تواند ساختار بازنمایی ذهنی را تحت تاثیر قرار دهد نشان دهنده اهمیت این متغیر برای یادگیری مهارت حرکتی و بعد شناختی مهارت‌ها می‌باشد که پژوهشگران می‌توانند با دستکاری متغیرهای مربوط به بازخورد بعد شناختی تکالیف را تقویت نمایند.

روش پژوهش

طرح پژوهش

این مطالعه به روش نیمه تجربی و با به کارگیری طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه‌های کنترل و اندازه گیری مکرر انجام رسید. پژوهش حاضر به صورت میدانی و در محیط طبیعی تمرین ورزشکاران اجرا شد تا شرایط تا حد امکان به واقعیت محیط‌های ورزشی نزدیک باشد.

شرکت کنندگان

در این آزمایش ۲۰ نفر دانشجوی پسر غیر تربیت بدنی راست دست به روش نمونه‌گیری در دسترس شرکت کردند (میانگین سنی 23 ± 3.6) که همگی نسبت به تکلیف مورد استفاده در این پژوهش تجربه قبلی نداشتند. از دانشجویان تربیت بدنی به دلیل احتمال داشتن تجربه حرکتی بالا در این پژوهش استفاده نشد. تعداد شرکت‌کنندگان بر اساس مطالعات قبلی انجام شده در زمینه بازنمایی ذهنی انتخاب شدند (۱۲). شرکت‌کنندگان بر اساس فرم خوداظهاری سابقه شکستگی در اندام‌های فوقانی و تحتانی و همچنین اختلالات عصبی که بر حرکت آنها تاثیر داشته باشد نداشتند. افراد به صورت تصادفی (با استفاده از قرعه کشی) به دو گروه با بازخورد آگاهی از نتیجه در حین تمرین (۱۰ نفر) و گروه بدون بازخورد (۱۰ نفر) تقسیم شدند.

تکلیف

تکلیف مورد استفاده در این پژوهش ضربه گلف بود که از فواصل مختلف به سمت هدفی در فاصله ۲۴۴ سانتی‌متری زده می‌شد. برای اجرای این تکلیف از چوب و توپ استاندارد گلف استفاده شد. از یک دایره ایجاد شده توسط کاغذ به عنوان هدف استفاده شد که قطر آن برابر با ۱۰.۸ سانتیمتر بود.

روش جمع‌آوری داده‌ها

هر شرکت کننده بعد از ورود به آزمایشگاه به صورت تصادفی در یکی از گروه‌های مربوطه جای می‌گرفت. بعد از چند دقیقه استراحت جهت آشنایی با فضای آزمایشگاه به او فرم رضایتنامه و اطلاعات فردی داده می‌شد. سپس فیلم یک فرد ماهر که تکلیف ضربه گلف را اجرا می‌کرد از صفحه ساجیتال با سرعت ۵۰ درصد نرمال به افراد نشان داده شد. پس از آن، به منظور ارزیابی سطح ابتدایی ساختار ذهنی شرکت‌کنندگان در خصوص ضربه گلف، تحلیل ساختاری ابعادی بازنمایی ذهنی انجام می‌گرفت. در فرآیند این تحلیل، در مرحله اول، تکلیف مربوطه با استفاده از روش‌های عینی به بخش‌های متنوعی تقسیم می‌گردد که هر یک از این بخش‌ها به عنوان مفاهیم پایه‌ای عمل شناخته می‌شوند و همین مفاهیم پایه‌ای عمل، اساس پاسخ‌های فرد و تحلیل‌های آتی را تشکیل می‌دهند. پژوهش‌های پیشین، مفاهیم پایه‌ای عمل را برای ضربه گلف با بهره‌گیری از روش‌های عینی شناسایی کرده‌اند. (۱۹). مفاهیم بنیادین عمل در ضربه گلف به شرح زیر هستند: ۱: قرارگیری شانه‌ها به صورت موازی با خط هدف، ۲: هم‌تراز نمودن سر مربعی شکل چوب با خط هدف، ۳: ارزیابی روش گرفتن چوب، ۴: تمرکز نگاه به هدف، ۵: چرخش شانه‌ها و فاصله‌گیری آنها از توپ، ۶: نگهداری مثلث تشکیل شده از بازوها و شانه‌ها، ۷: جابه‌جایی نرم و آرام، ۸: چرخش شانه‌ها به سوی توپ، ۹: افزایش سرعت چوب، ۱۰: اصابت به توپ، ۱۱: جهت‌دهی سر مربعی شکل چوب به سمت هدف در زمان ضربه، ۱۲: پیگیری حرکت، ۱۳: چرخش شانه‌ها در پی توپ، ۱۴: کاهش سرعت چوب، ۱۵: هدایت سر چوب به سمت نقطه پیش‌بینی شده، ۱۶: مشاهده نتیجه. از منظر بیومکانیکی و عملکردی، هر یک از این ۱۶ مفهوم بنیادین عمل را می‌توان به یک مرحله حرکتی مشخص اختصاص داد: آماده‌سازی (مفاهیم ۴-۱)، تاب به عقب (مفاهیم ۷-۵)، تاب به جلو (مفاهیم ۱۱-۸) و کاهش نیرو (مفاهیم ۱۶-۱۲). فرآیند تحلیل ساختاری ابعادی بازنمایی ذهنی مشتمل بر چهار مرحله است. (۷). در مرحله

دوم، تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی به منظور شناسایی ساختار گروه مشخص شده از مفاهیم بنیادین عمل به کار گرفته می‌شود. در مرحله سوم، تحلیل عاملی، ابعاد موجود در این گروه ساختار یافته از مفاهیم بنیادین عمل را نمایان می‌سازد و در مرحله پایانی، راه‌حل‌های خوشه‌ای برای بررسی ثبات درون گروهی مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

ساختار بازنمایی شناختی با بهره‌برداری از تکلیف جداسازی، به منظور آشکارسازی فواصل میان مفاهیم بنیادین عمل در حافظه، مورد سنجش قرار گرفت. این تکلیف جداسازی در حضور یک سیستم رایانه‌ای اجرا می‌گردد که نمایشگر آن مفاهیم بنیادین عمل مرتبط با ضربه گلف را به نمایش می‌گذاشت. به طور دقیق، تکلیف جداسازی به شرح ذیل عملیاتی می‌شود: یک مفهوم بنیادین عمل به صورت پایدار بر روی صفحه نمایش ظاهر می‌گردد (مفهوم سردسته)، در حالی که سایر مفاهیم بنیادین عمل به صورت متوالی و با ترتیبی تصادفی ارائه می‌شوند. از شرکت‌کنندگان درخواست می‌شود که به ترتیب، قضاوت نمایند آیا مفهوم بنیادین عمل خاص، در خلال اجرای حرکت، با مفهوم سردسته ارتباطی برقرار می‌کند یا خیر. پس از اتمام فهرست معینی از مفاهیم بنیادین عمل، مفهوم بعدی به عنوان مفهوم سردسته برگزیده می‌شود و این فرایند تداوم می‌یابد. تکلیف جداسازی زمانی به پایان می‌رسد که هر مفهوم بنیادین عمل با سایر مفاهیم بنیادین عمل باقی‌مانده در فهرست مقایسه گردد. ابتدا، آزمونگر تکلیف جداسازی را به شرکت‌کنندگان معرفی می‌کند. در آغاز، فهرستی با ترتیب تصادفی از ۱۶ مفهوم بنیادین عمل مربوط به ضربه گلف به شرکت‌کنندگان ارائه می‌گردد. آزمونگر مفهوم هر یک از این مفاهیم بنیادین عمل را برای شرکت‌کننده شرح می‌داد تا مطمئن شود که او آن را فهمیده است. بعد از آن، دستورالعمل‌های نمایش داده‌شده روی صفحه مونیتور برای شرکت‌کننده توضیح داده می‌شد. به طور ویژه، شرکت‌کنندگان راهنمایی می‌شدند تا تعیین کنند آیا مفاهیم بنیادین عمل در حین انجام حرکت با یکدیگر مرتبط هستند یا نه. پس از این توضیحات، شرکت‌کنندگان تکلیف جداسازی را اجرا می‌کردند تا ساختار بازنمایی شناختی اولیه‌شان از ضربه گلف مشخص گردد.

بعد از تعیین ساختار ذهنی اولیه شرکت‌کنندگان، افراد در یک پیش‌آزمون شرکت کردند. این آزمون شامل ۱۵ کوشش بود که افراد باید به سمت هدف مربوطه به گونه‌ای ضربه می‌زدند که توپ بر روی هدف مورد نظر بایستد. بعد از هر ضربه فاصله لبه توپ تا لبه هدف بر اساس سانتیمتر اندازه‌گیری شد و به عنوان دقت حرکت یادداشت شد.

سپس افراد وارد مرحله تمرین می‌شدند. شرکت‌کنندگان به عنوان تمرین ۱۵۰ ضربه را در ۱۰ بلوک ۱۵ کوششی (دو دقیقه استراحت بین بلوک‌ها) اجرا می‌کردند. گروه با بازخورد در نقطه شروع می‌ایستاد و ضربه‌های خود را به سمت هدف مورد نظر می‌زد. لازم به ذکر است که به منظور مشابه کردن شرایط تمرین این گروه مانند گروه بدون بازخورد که در ادامه توضیح داده خواهد شد عینک انسداد کننده بینایی را بر روی چشمان خود قرار می‌دادند و تفاوت آن‌ها در این بود که در گروه مقابل بعد از تماس چوب با توپ و گذر از دریچه لیزری که بلافاصله بعد از توپ قرار داشت این عینک بسته می‌شد ولی در گروه ددارای بازخورد عینک دید افراد را مسدود نمی‌کرد. در گروه بدون آگاهی از نتیجه، افراد بر روی نقطه شروع قرار می‌گرفتند و عینکی را مشابه با گروه قبلی بر روی چشمان خود قرار می‌دادند. بعد از محل قرار گیری توپ یک دریچه لیزری قرار داشت که به محض رد شدن توپ عینک بسته می‌شد و فرد نمی‌توانست ببیند که توپ در چه نقطه‌ای متوقف می‌شود. در حین تمرین نیز مانند پیش‌آزمون، دقت ضربات گروه‌ها اندازه‌گیری می‌شد. یک روز (۲۴ ساعت) بعد از اتمام فرایند تمرین افراد مجدداً به آزمایشگاه فرا خوانده شدند، و مشابه با پیش‌آزمون ابتدا آزمون ساختار بازنمایی ذهنی را انجام دادند، و سپس در ادامه ۱۵ کوشش را به عنوان یادداری اجرا کردند.

تحلیل داده‌ها

به منظور تحلیل نتایج دقت در هر مرحله از این پژوهش از آزمون t مستقل استفاده شد. ساختار بازنمایی شناختی از طریق محاسبه درخت‌واره‌های گروهی میانگین با استفاده از تحلیل خوشه‌ای ارزیابی گردید. برای تمام تحلیل‌های خوشه‌ای، سطح $\alpha=0.05$ برگزیده شد که این انتخاب به $d_{crit}=3.41$ منجر گردید. پیوند میان مفاهیم بنیادین عمل که بالاتر از این مقدار قرار گیرد، از نظر آماری به عنوان غیرمرتبط تلقی می‌شود، در حالی که مفاهیم بنیادین عمل مرتبط که پایین‌تر از این حد بحرانی باشند، از دیدگاه آماری به عنوان مرتبط در نظر گرفته می‌شوند. به منظور ارزیابی تفاوت‌ها میان راه‌حل‌های خوشه‌ای، تحلیل تغییرناپذیری اجرا شد. هنگامی که $\lambda < 0.68$ باشد، دو راه‌حل خوشه‌ای متفاوت قلمداد می‌گردند و زمانی که $\lambda > 0.68$ باشد، دو راه‌حل خوشه‌ای تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. (۷). به منظور ارزیابی شباهت میان بازنمایی گروه‌های تمرینی و اجرا کنندگان ماهر از شاخص رند تعدیل شده^۱ (ARI) (۲۰) بهره گرفته شد. این شاخص به عنوان یک مقیاس

^۱ adjusted rank index

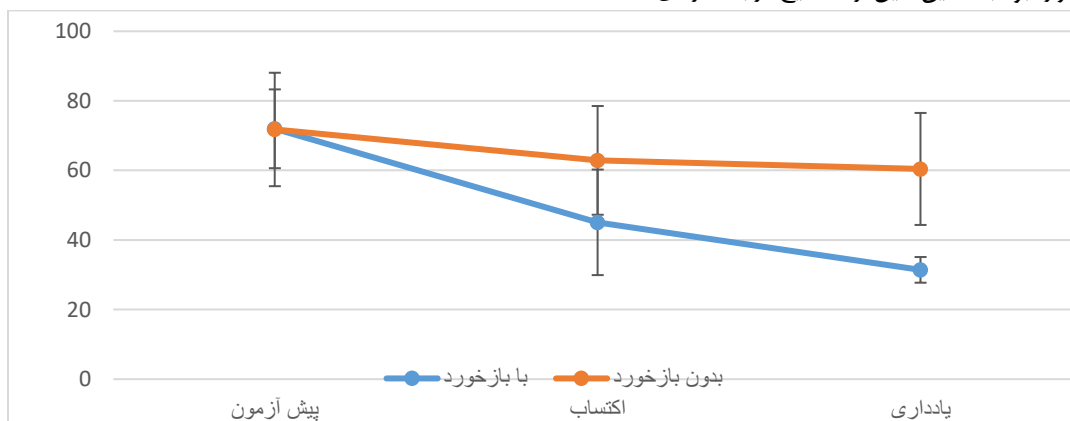
مشخصضضابتهت در دامنه‌ی (۱-، ۱) فعالیت می‌کند. در این مقیاس، مقدار (۱-) بیانگر این است که دو راه‌حل خوشه‌ای کاملاً با یکدیگر متفاوت هستند و مقدار (۱) دلالت بر این دارد که دو راه‌حل خوشه‌ای کاملاً یکسان‌اند. بازنمایی ذهنی ۱۰ نفر اجراکننده ماهر (دارای سابقه فعالیت در زمینه کلف و مینی‌گلف به مدت ده سال) که به‌خوبی چهار مرحله‌ی حرکت ضربه‌زدن (آماده‌سازی، تاب به عقب، تاب به جلو و کاهش نیرو) را نشان می‌داد، به‌عنوان یک ساختار مرجع به‌کار گرفته شد.

یافته‌ها

دقت حرکت

شکل ۱ نتایج دقت حرکت را برای سه مرحله پیش‌آزمون، اکتساب و یادداری نشان می‌دهد. نتایج آزمون t مستقل برای پیش‌آزمون نشان داد که تفاوت بین دو گروه معنی‌دار نیست، $t=0.03$ و $P=0.97$ ، $df=18$. در مرحله اکتساب نتایج نشان داد که تفاوت بین دو گروه معنی‌دار است، $t=-2.58$ ، $p=0.019$ ، $df=18$. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گروه بدون بازخورد در این مرحله خطای بالاتری داشته است (میانگین‌ها، گروه با بازخورد = 45.084 ، گروه بدون بازخورد = 62.88).

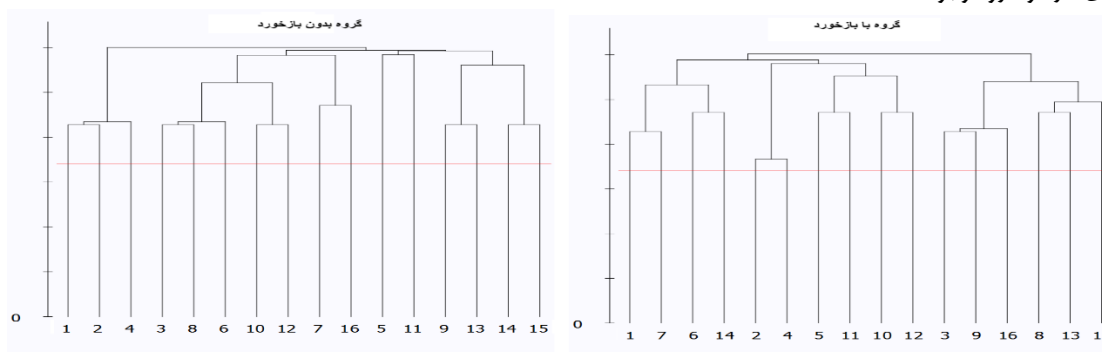
در مرحله یادداری نیز تفاوت بین دو گروه معنی‌دار بود، $t=-5.55$ ، $p<0.001$ ، $df=9.94$. لازم به ذکر است در این مرحله شرط برابری واریانس‌ها برقرار نبود به همین دلیل از تصحیح درجات آزادی استفاده شده است.



شکل ۱. نتایج دقت حرکت (مقادیر خطا) در سه مرحله پیش‌آزمون، اکتساب و یادداری. نوارهای خطا نشان دهنده انحراف استاندارد هستند.

ساختار بازنمایی ذهنی

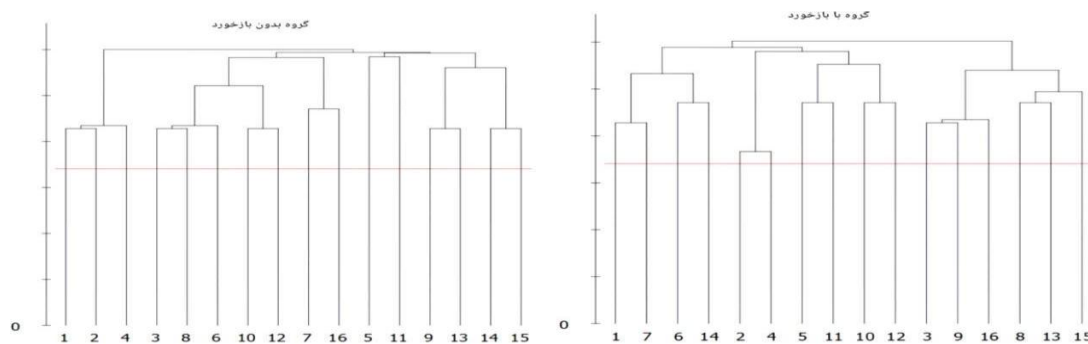
شکل ۲ نتایج ساختار بازنمایی ذهنی را برای هر دو گروه در پیش‌آزمون نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، هیچ خوشه معنی‌داری در این مرحله برای هر دو گروه وجود نداشت.



شکل ۲. نتایج ساختار بازنمایی ذهنی در پیش‌آزمون

شکل ۳ نتایج ساختار بازنمایی ذهنی را برای هر دو گروه در مرحله یادداری نشان می‌دهد. تحلیل آماری تغییرناپذیری^۱ تفاوت معنی‌دار را میان ساختار بازنمایی ذهنی پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه تأیید کرد، همه $\lambda < 0.68$. در گروه دریافت‌کننده بازخورد مفاهیم پایه عمل، خوشه‌بندی به سه واحد کارکردی صورت گرفت: اولین خوشه‌بندی متعلق به مرحله آماده‌سازی بود که شامل مفاهیم زیر بود: ۱ (شانه‌ها موازی با هدف)؛ ۲ (همراستا کردن سر مربع شکل چوب با خط هدف)؛ ۳ (بررسی کردن نحوه گرفتن چوب) و ۴ (نگاه کردن به هدف). دو خوشه دیگر هر کدام به مرحله کاهش نیرو اختصاص یافتند که خوشه اول مشتمل بر مفاهیم ۱۲ (دنبال کردن حرکت) و ۱۵ (جهت دادن چوب به سمت هدف برنامه‌ریزی شده) بود و خوشه دوم مشتمل بر مفاهیم ۱۳ (چرخاندن شانه‌ها به دنبال توپ) و ۱۶ (نگاه کردن به نتیجه) بود. برای گروه فاقد بازخورد مفاهیم پایه عمل در پس‌آزمون، خوشه‌بندی به یک واحد کارکردی انجام شد که این خوشه کارکردی شامل مفاهیم ۲ (همراستا کردن سر مربع شکل چوب با خط هدف) و ۳ (بررسی کردن نحوه گرفتن چوب) بود که هر دو مفهوم مربوط به مرحله آماده‌سازی بودند.

به منظور سنجش میزان سازگاری کارکردی^۲، الگوهای بازنمایی ذهنی دو گروه در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون با الگوی بازنمایی ذهنی گلف‌بازان حرفه‌ای مورد مقایسه قرار گرفت. شاخص تعدیل‌شده رند حاکی از آن بود که هر دو گروه پس از مداخله، در قیاس با پیش‌آزمون، شباهت قابل‌ملاحظه‌تری با اجرای افراد حرفه‌ای کسب کرده‌اند. مقدار شاخص رند تعدیل‌شده (ARI) در پیش‌آزمون به‌ترتیب برای گروه‌های دارای بازخورد و فاقد بازخورد برابر ۰.۰۵ و ۰.۰۶ بود. این شاخص در پس‌آزمون برای همین گروه‌ها به‌ترتیب به ۰.۵۲ و ۰.۲۰ ارتقا یافت.



شکل ۳. نتایج ساختار بازنمایی ذهنی در یادداری

بحث

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر بازخورد نتیجه حرکت بر یادگیری و ساختار بازنمایی ذهنی ضربه گلف بود. همانطور که در بخش نتایج نیز اشاره شد، گروهی که در زمان تمرین به بازخورد نتیجه حرکت دسترسی داشت، هم در دوره تمرین و هم در آزمون یادداری نسبت به گروهی که از بازخورد نتیجه حرکت منع شده بود دقت بالاتری داشت (دارای خطای کمتری بود). این نتیجه با توجه به پیشینه موجود در این زمینه نتیجه‌ای قابل انتظار بود. از دیدگاه‌های مختلف (شناختی، ادراکی و ادراکی شناختی) استدلال بر این است که بازخورد نتیجه حرکت برای یادگیری بسیار مهم و ضروری است. به عنوان مثال، در دیدگاه‌های شناختی اعتقاد بر این است که بازخورد نتیجه حرکت با تسهیل در ایجاد رابطه (شکل‌گیری قانون) بین نتایج حرکت و پارامترهای مورد استفاده (طرحواره فراخوانی) نقش مهمی در یادگیری حرکتی دارد. همچنین این دیدگاه‌ها اعتقاد دارند که بازخورد برای تشخیص صحت حرکت از طریق کمک به شکل‌گیری رابطه بین پیامدهای حسی و نتایج حرکت (طرحواره بازشناسی) موجبات تقویت یادگیری حرکتی را فراهم می‌کند (۲). از این دیدگاه اگر بازخورد حسی وجود نداشته باشد امکان شکل‌گیری این قوانین وجود ندارد و بنابراین امکان یادگیری نیز وجود نخواهد داشت. از دیگر تئوری‌های مطرح شده در زمینه شناختی تئوری مدل‌های درونی (۱۸) است که بر اساس آن بازخورد موجبات بروزرسانی مدل‌های مستقیم و همچنین مدل‌های معکوس را فراهم می‌کند. اما از دیدگاه ادراکی نیز بازخورد حسی موجب تطبیق با فراهم‌سازها می‌شود و فرایند تنظیم دقیق حرکت را تسهیل می‌کند، که بر اساس این دیدگاه‌ها یادگیری بر اساس فرایند تطبیق با

¹ Statistical analysis of invariance

² Functional adaptation

فراهم‌سازها توجه می‌شود (۴). این بدان معنی است که بازخورد موجب می‌شود وقتی فرد دفعه بعدی در محیطی مشابه قرار گیرد، بتواند فراهم‌سازها را سریع‌تر تشخیص دهد.

اما از دیدگاه نوین‌تر ادراکی - شناختی، بازخورد به عنوان مفهومی زیربنایی برای ادراک پدیده و در ادامه شکل‌گیری بازنمایی ذهنی که مؤلفه‌ای شناختی است عمل می‌کند (۶). رویکردهای ادراکی - شناختی بر نقش اثرات عمل به هنگام انتخاب، طرح‌ریزی و اجرای آن عمل تأکید دارند. ایده اصلی رویکردهای ادراکی - شناختی این است که اعمال حرکتی به وسیله بازنمایی‌هایی که اطلاعاتی درباره اثرات ادراکی اعمال حرکتی در خود دارند هدایت می‌شوند (۷). از این دید اعمال در اصل به وسیله اثرات بازنمایی شده شناختی هدایت می‌شوند. به طور خاص اعمال حرکتی به فرد کمک می‌کنند که باعث تغییر در محیط شود (اثرات ادراکی)، و در عوض اثرات ادراکی به عنوان یک متغیر کنترلی حیاتی برای هدایت اعمال حرکتی آتی عمل می‌کنند (۵). همچنان که یک عمل اجرا می‌شود اثرات وابسته به آن به وسیله فرد ادراک می‌شوند و این اطلاعات به صورت بازنمایی اثرات ذخیره می‌شوند. بر همین اساس تمرین منجر به اثرات بازنمایی جزئی‌تری می‌شوند که این اثرات جزئی‌تر به طور موثرتری اعمال ما را هدایت و کنترل می‌کنند (۵). یک این چنین رویکرد ادراکی شناختی از کارهای ابتدایی برنشتاین (۲۱،۲۲) برداشت شد و به عنوان خط اتصال روانشناسی شناختی و علم حرکت در نظر گرفته می‌شود. این رویکرد به عنوان رویکرد معماری شناختی عمل ۱ نام گذاری شده است (۶،۷).

یافته‌های این پژوهش تا حد زیادی منطبق با این ایده است. همانطور که نتایج بازنمایی ذهنی نشان می‌دهد، گروهی که از بازخورد نتیجه حرکت منع شده بود نسبت به گروهی که از بازخورد نتیجه بهره‌مند بود بازنمایی ذهنی ساختار نیافته‌تری داشت که به لحاظ کارکردی شباهت کمتری نیز با ساختار بازنمایی ذهنی افراد ماهر نیز داشت. این موضوع نشان می‌دهد که بدون پیامدهای ادراکی مهم، بازنمایی ذهنی به درستی شکل نمی‌گیرد. بر طبق رویکرد معماری شناختی عمل (۶)، اعمال حرکتی به روشی طبقه طبقه مانند سازماندهی شده‌اند، که دو سیستم اصلی در ساختار اعمال حرکتی مشارکت دارند: سیستم ذهنی و سیستم حسی حرکتی. هر کدام از این دو سیستم شامل دو سطح از سازماندهی عمل می‌باشند. به طور خاص از سطوح بالای سلسله مراتب به سمت سطوح پایین آن، سیستم ذهنی با دو سطح: سطح کنترل ذهنی (یعنی سطح IV) و سطح بازنمایی ذهنی (یعنی سطح III)؛ و سیستم حسی حرکتی (یعنی سطح II) و سطح کنترل حسی حرکتی (یعنی سطح I) وجود دارند. بنابراین گمان می‌رود که سیستم عمل حرکتی در چهار سطح متفاوت عمل نماید. دو سطح با کارکردهای تنظیمی (یعنی سطوح کنترل ذهنی و سطح کنترل حسی حرکتی) به عنوان نهادهای کنترلی خدمت می‌کنند و دو سطح با کارکردهای بازنمایی (یعنی سطح بازنمایی ذهنی و بازنمایی حسی حرکتی) به عنوان نهادهای مرجع خدمت می‌کنند. در حالی که سیستم حسی حرکتی به عنوان یک زیر جزء از دو سیستم موجود در سلسله مراتب می‌باشد، اما با ترجمه مستقیم مقاصد به اعمال سر و کار دارد - یعنی ترجمه قصد برای حرکت به حرکت واقعی (۵،۶،۲۳). بر همین اساس پیامدهای حسی به عنوان متغیری مهم برای تشکیل بازنمایی ذهنی محسوب می‌شوند. این تئوری با یافته‌های تحقیقی این پژوهش حمایت می‌شود. آنجایی که پیامدهای حسی مهم (بینایی) حذف شدند، بازنمایی ذهنی نیز به درستی شکل نگرفت. نکته مهم در این پژوهش این است که اگرچه بازنمایی ذهنی گروه بدون بازخورد به اندازه گروه متقابل ساختاریافته نبود، اما در یادداری خوشه معنی‌دار داشت. دلیل احتمالی این است که احتمالاً افراد از سایر منابع بازخوردی (مانند حس عمقی) برای شکل‌دهی این ساختار استفاده نموده‌اند، زیرا این منابع حذف نشده بودند. این استدلال توسط یافته‌های مربوط به پیشرفت از پیش‌آزمون به پس‌آزمون مورد حمایت قرار می‌گیرد. این اطلاعات بازخوردی می‌توانند به عنوان نسخه ضعیف‌تر اطلاعات حسی به حساب بیایند، که اگرچه موجبات تشکیل بازنمایی ذهنی را فراهم می‌کنند، اما بازنمایی تشکیل شده به اندازه منابع دیگر اطلاعات حسی (بینایی) ساختار یافته نیست. باید عنوان نمود که امکان تشکیل بازنمایی ذهنی در صورت عدم وجود بازخورد واقعی وجود دارد و حتی ممکن است نسبت به اجرای واقعی بازنمایی ذهنی قوی‌تری ایجاد شود. به عنوان مثال، نشان داده شده است که تصویرسازی ذهنی نسبت به اجرای واقعی ممکن است بازنمایی ذهنی ساختاریافته‌تری ایجاد نماید که این یافته در ظاهر با پژوهش فعلی در تضاد است (13,14). اما باید دقت داشت که تصویرسازی یک مکانیزم شناختی است و احتمال اینکه بر روی ابعاد شناختی تکلیف (مانند ساختار بازنمایی ذهنی) تأثیر بیشتری داشته باشد زیاد است؛ موضوعی که در یافته‌های قبلی نیز به آن اشاره شده است (13,14). اینکه بازخورد واقعی نسبت به بازخورد تصویرسازی شده چقدر مشابهت دارد و تأثیرات حذف این دو نوع بازخورد چه تأثیری بر ساختار بازنمایی ذهنی دارد خود یک موضوعی است که نیازمند بررسی در پژوهش‌های آینده می‌باشد.

¹ Cognitive action architecture approach

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بازخورد حسی به عنوان یک متغیر مهم برای ایجاد بازنمایی ذهنی نقش بازی می‌کند و حذف این متغیر می‌تواند ساختار آن را تا حد زیادی دچار تخریب نماید. این یافته‌ها با دیدگاه معماری شناختی عمل توجیه شدند. این پژوهش مانند هر پژوهش دیگر دارای محدودیت است که می‌تواند زمینه پژوهش‌های آینده باشد. در این پژوهش فقط دقت حرکت مورد بررسی قرار گرفت و نقش بازنمایی ذهنی با توجه به دقت حرکت توجیه شد. هنوز نقش ساختار بازنمایی ذهنی بر فرایندهای تولید اجرا (کینماتیک، الکترومیوگرافی و الکتروانسفالوگرافی) مورد بررسی قرار نگرفته است، موضوعی که می‌تواند پایه‌ای برای پژوهش‌های آتی باشد.

پیام مقاله

این پژوهش تأثیر بازخورد بینایی ذاتی را بر یادگیری حرکتی و ساختار بازنمایی ذهنی در تکلیف ضربه گلف بررسی کرد. با تکیه بر رویکرد معماری شناختی عمل، یافته‌ها نشان دادند که دسترسی به بازخورد بینایی ذاتی در طول تمرین نه تنها برای بهبود عملکرد، بلکه برای شکل‌گیری بازنمایی ذهنی حرکتی با ساختار کارکردی مطلوب نیز حیاتی است. گروه بازخورد بینایی در مراحل اکتساب و یادداری به‌طور معنی‌داری خطای کمتری نسبت به گروه بدون بازخورد نشان داد. هر دو گروه پس از تمرین بازنمایی‌های ذهنی ساختارمندتری ایجاد کردند، اما گروه بازخورد بینایی خوشه‌بندی کارکردی معناداری داشت و به‌طور معنی‌داری شباهت بیشتری با ساختار افراد ماهر داشت. این یافته‌ها نکته مهمی را برای مربیان و متخصصان برجسته می‌کند: بازخورد بینایی ذاتی پیامدهای عمل نقش اساسی در شکل‌دهی بازنمایی‌های شناختی دارد که اجراهای حرکتی آتی را هدایت می‌کنند. بنابراین، برنامه‌های تمرینی باید اطمینان حاصل کنند که یادگیرندگان در طول تمرین به بازخورد ذاتی مرتبط دسترسی دارند تا هم بهبود عملکرد و هم توسعه بازنمایی‌های ذهنی ساختارمند تسهیل شود. نتایج به‌طور قوی از رویکرد معماری شناختی عمل حمایت می‌کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش در انطباق کامل با اصول اخلاقی پژوهش بر انسان، همسو با اعلامیه هلسینکی و مقررات داخلی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شیراز انجام شد. مشارکت کاملاً داوطلبانه بود. رضایت آگاهانه کتبی از همه شرکت‌کنندگان دریافت شد. داده‌های همه شرکت‌کنندگان کدگذاری و با محرمانگی نگهداری شدند. همه دستورالعمل‌های اخلاقی پژوهش به‌طور دقیق رعایت شد و هیچ حیوانی در این مطالعه استفاده نشد.

مشارکت نویسندگان

ح.ط. در مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، بررسی، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل رسمی و نگارش پیش‌نویس اولیه مشارکت داشت. م.پ. مسئول نظارت، مدیریت پروژه، روش‌شناسی، اعتبارسنجی و نگارش-بازبینی و ویرایش بود. د.ف. در مفهوم‌سازی، منابع، اعتبارسنجی و نگارش-بازبینی و ویرایش مشارکت داشت. همه نویسندگان نسخه منتشرشده دستنوشته را خوانده و تأیید کرده‌اند. همه نویسندگان به‌طور مساوی در مفهوم‌سازی مقاله و نگارش پیش‌نویس اولیه و نسخه‌های بعدی مشارکت داشتند.

حامی مالی

این پژوهش هیچ کمک مالی خاصی از سازمان‌های تأمین مالی عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان از همه شرکت‌کنندگان اختصاصی که در این مطالعه حضور داشتند، که بدون آن‌ها این پژوهش امکان‌پذیر نبود، صمیمانه قدردانی می‌کنند. همچنین از حمایت کارکنان و مدیران مراکز تمرینی قدردانی می‌شود.

منابع

فاضلی، د.، رستمی، ر.، و ناظم‌زادگان، غ. (۱۴۰۱). تأثیر تصویرسازی حرکتی و مشاهده عمل بر بازنمایی ذهنی و دقت حرکت پرتاب آزاد بسکتبال. *مطالعات روان‌شناسی ورزشی*، ۱۲(۲)، ۴۵-۶۲. <https://doi.org/10.22089/spsyj.2021.9948.2091>.
مرادی، ن.، و فاضلی، د. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر معرفی برنامه، تصویرسازی و روش‌های ترکیبی بر عملکرد و بازنمایی ذهنی سرویس موجی والیبال. *مطالعات*

روان شناسی ورزشی، ع(۲)، ۵۱-۶۸. <https://doi.org/10.22089/spsyj.2017.4184.1435>.

References

1. Morgan A. Representations gone mental. *Synthese*. 2014;191(2):213-44. [doi:10.1007/s11229-013-0328-7](https://doi.org/10.1007/s11229-013-0328-7).
2. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychol Rev*. 1975;82(4):225-60.
3. Schmidt RA, Lee TD, Winstein CJ, Wulf G, Zelaznik HN. Motor control and learning: a behavioral emphasis. 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
4. McMorris T. Acquisition and performance of sports skills. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2014.
5. Frank C. Mental representation and learning in complex action: a perceptual-cognitive view on mental and physical practice [dissertation]. Bielefeld: Bielefeld University; 2014.
6. Schack T. The cognitive architecture of complex movement. *Int J Sport Exerc Psychol*. 2004;2(4):403-38. [doi:10.1080/1612197X.2004.9671753](https://doi.org/10.1080/1612197X.2004.9671753).
7. Schack T. Measuring mental representations. In: Tenenbaum G, Eklund RC, Kamata A, editors. *Measurement in sport and exercise psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2012. p. 203-14. <https://doi.org/10.5040/9781492596332.ch-019>.
8. Velentzas K, Heinen T, Tenenbaum G, Schack T. Functional mental representation of volleyball routines in German youth female national players. *J Appl Sport Psychol*. 2010;22(4):474-85. [doi:10.1080/10413200.2010.504650](https://doi.org/10.1080/10413200.2010.504650).
9. Weigelt M, Ahlmeyer T, Lex H, Schack T. The cognitive representation of a throwing technique in judo experts – technological ways for individual skill diagnostics in high-performance sports. *Psychol Sport Exerc*. 2011;12(3):231-5. [doi:10.1016/j.psychsport.2010.11.007](https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2010.11.007).
10. Gromeier M, Meier C, Schack T. Group differences and similarities in mental representation structure of tennis serve. *Front Psychol*. 2020;11:552676. [doi:10.3389/fpsyg.2020.552676](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.552676).
11. Wittenbrink P, Janzen M, Jennert A, Streng B. Expertise-dependent differences in mental representation metrics of pas de bourrée. *PLoS One*. 2023;18(10):e0292133. [doi:10.1371/journal.pone.0292133](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292133).
12. Fazeli D, Taheri HR, Saberi Kakhki A. Random versus blocked practice to enhance mental representation in golf putting. *Percept Mot Skills*. 2017;124(3):674-88. [doi:10.1177/0031512517704106](https://doi.org/10.1177/0031512517704106).
13. Fazeli D, Rostami R, Nazemzadegan G. Effect of motor imagery and action observation on mental representation and movement accuracy of basketball free throw. *Sport Psychol Stud*. 2022. [10.22089/spsyj.2021.9948.2091](https://doi.org/10.22089/spsyj.2021.9948.2091).
14. Fazeli D, Moradi N. The effect of different methods of practice a pre-performance routine on mental representation and performance levels of volleyball overhand float-serve. *Sport Psychol Stud*. 2019. [10.22089/spsyj.2019.7153.1762](https://doi.org/10.22089/spsyj.2019.7153.1762).
15. Mousavi SH, Saberi Kakhki A, Fazeli D, Vogel L, Horst F, Schöllhorn WI. Effects of contextual interference and differential learning on performance and mental representations in a golf putting task. *Eur J Sport Sci*. 2024;24(3):289-301. [doi:10.1002/ejsc.12079](https://doi.org/10.1002/ejsc.12079).
16. Moradi N, Fazeli D. Investigation of effect of routine introduction, imagery and mixed methods on performance and mental representation of volleyball overhand float-serve. *Sport Psychol Stud*. 2017. [10.22089/spsyj.2017.4184.1435](https://doi.org/10.22089/spsyj.2017.4184.1435).
17. Magill RA, Anderson DI. Motor learning and control: concepts and applications. 11th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2017.
18. Kawato M, Wolpert D. Internal models for motor control. *Novartis Found Symp*. 1998;218:291-304. [doi:10.1002/9780470515563.ch16](https://doi.org/10.1002/9780470515563.ch16).
19. Frank C, Land WM, Schack T. Mental representation and learning: the influence of practice on the development of mental representation structure in complex action. *Psychol Sport Exerc*. 2013;14(3):353-61. [doi:10.1016/j.psychsport.2012.12.001](https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.12.001).
20. Santos JM, Embrechts M. On the use of the adjusted rand index as a metric for evaluating supervised classification. In: *Artificial neural networks – ICANN 2009. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5769. Berlin, Heidelberg: Springer; 2009. p. 175-84. [doi:10.1007/978-3-642-04277-5_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04277-5_18).
21. Bernstein NA. The co-ordination and regulation of movements. Oxford: Pergamon Press; 1967.
22. Bernstein NA. On dexterity and its development. In: Latash ML, Turvey MT, editors. *Dexterity and its development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1996. p. 3-244. [doi:10.4324/9781410603357](https://doi.org/10.4324/9781410603357).
23. Schack T. Die kognitive Architektur menschlicher Bewegungen: innovative Zugänge für Psychologie, Sportwissenschaft und Robotik. Aachen: Meyer & Meyer Verlag; 2010.