Motor Behavior **Volume 13, No 46, 2022, Page 17-44**

Research Paper

Investigating the Similarity of Action Representation in Real Performance and Observing Basketball Free Throw in Skilled and Beginners: Kinematic and Eye Movement Pattern Study

S. Rafiee[1], D. Fazeli[2], J. Riyahi[3], A. Asadi[4]

1. Assistant Professor in Motor Behavior, Institute of Physical Education and Sport Sciences, Tehran, Iran
2. Assistant professor of Motor Behavior- Faculty of Education and Psychology - Department of Sport Sciences- Shiraz University
3. Department of Cognitive and Behavioral Science and Technology in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4. Phd in Motor Behavior of Tehran University

Received: 2020/10/29 **Accepted: 2021/05/05**

Abstract

The purpose of the present study was to investigate the action representation in real performance and observing the basketball free throw in skilled and beginners. In this study, the kinematic parameters of movement during real performance and the eye movements pattern in both real and observation modes were studied in skilled and beginners. Twenty participants with an average age of 25±2.11 years, including 10 skilled basketball players and 10 beginners, participated in the study. The research design was conducted in two sessions. In the first session, the subjects performed 10 free throws and their movements were recorded by the motion analysis system. Their eye movements were recorded by the pupil-based binocular eye trackers device, and the total movement was recorded for the next display by the camera placed on the head and the external camera. In the second session, after installing the eye tracker system, the individuals watched their performance from a first-person and third-person perspective, and eye movements were recorded. After recording the data, the values of throw accuracy, intra-limb coordination variability, wrist speed at the moment of throw, wrist jerk, quite eye duration, fixation time and number of fixations were analyzed using independent t-test and two-way ANOVA with repeated measures (2 × 3) and Bonferroni

1. Email: saleh_rafiee@yahoo.com
2. Email: fazelidavid@gmail.com
3. Email: javad5r@yahoo.com
4. Email: ayoub.asadi68@yahoo.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

post hoc test. The results showed that the skilled group had less variability of shoulder-elbow coordination and jerk than the novice group, but the wrist speed at the time of throwing was not significantly different in the skilled and novice groups. Also, there was a significant difference between the research groups during the period of fixations and the number of fixations in all three conditions of actual execution, front view and side view. These findings showed that the coordination variability was less in skilled basketball player and the eye movement pattern is not only different in skilled and beginners but also in terms of actual performance and observation. These results indicated that there is a difference in the representation of action in skilled and beginner individuals and also showed that in the real performance mode, visual and motor representations are formed, but in the observation mode, the representations are only visual-spatial.

Key Words: Coordination Variability; Quiet Eye Duration; Skill Level; Basketball Free Throw

Extended Abstract

Background and Purpose

Previous study showed that the underlying mechanisms of physical exercise and observation are similar, and both emphasize on a similar action representation (1). The structured representation of an action in the minds of individuals can be the underlying reason for skilled performance (2). Some researchers believe that the main reason for the difference between skilled and novice individuals is the more structured representation. In contrast to the theoretical and research evidence that supports the similarity of the underlying mechanisms of task execution and observation (3-5), there is evidence to oppose this similarity into representation (6-11). It's clear that researchers in this field have not reached the same results, and the important question remains that "whether various types of training lead to similar representations in the minds of individuals or not?". Therefore, this study aimed to investigate the action representation in real performance and observing the basketball free throw in skilled and beginners. In the present study, the kinematic parameters of movement during real performance and the eye movements pattern in both real and observation conditions were studied in skilled and beginners.

The present study is causal-comparative research and applied in terms of purpose. In the present study, the throw accuracy, coordination variability, release moment speed, movement jerk, and gaze behavior (quiet eye duration, fixation time, number of fixations) were compared between skilled and beginner individuals in actual performance and observation of basketball free throw. Twenty participants with an average age of 25±2.11 years, including 10 skilled

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

basketball players and 10 beginners, participated in the study. The research design was conducted in two sessions. In the first session, the subjects performed 10 free throws and their movements were recorded by the motion analysis system, their eye movements were recorded by the pupil-based binocular eye trackers device, and the total movement was recorded for the next display by the camera placed on the head and the external camera. In the second session, after installing the eye tracker system, the individuals watched their performance from a first-person and third-person perspective, and eye movements were recorded. To determine movement coordination variability, we followed the general approach developed by Mullineaux and Uhl (2010) (12). Eight Osprey infrared cameras (Motion Analysis Corp, USA) were used to collect kinematic data for every free throw taken. In order to record the participants' gaze behavior, the pupil-based binocular eye trackers device (pupil company, Germany) was used. The eye tracker with a frequency of 60 Hz (Hz) was recorded to save in a laptop (Apple, USA). The eight-point scoring method was used to calculate the free throw accuracy. In this method, accuracy scores were calculated based on how the ball hit the basket and the basketball board, as well as whether or not it entered the basket. After collected the data, the values of throw accuracy, intra-limb coordination variability, wrist speed at the moment of throw, wrist jerk, quiet eye duration, fixation time and number of fixations were compared by independent t-test and two-way ANOVA with repeated measures (2 × 3) followed by Bonferroni post-hoc comparisons, when appropriate.

As for free throw accuracy, Student's t-test showed a significant difference between skilled and beginner groups ($t = 6.65$, $df = 18$, $p < 0.05$). The results showed that the more throw accuracy wasc displayed by skilled group in comparison to the beginner group. As for coordination variability, student's t-test showed a significant difference between skilled and beginner groups ($t = 4.02$, $df = 18$, $p < 0.05$) and the results showed that the lower elbow-wrist coordination variability was displayed by skilled group in comparison to the beginner group. Also, student's t-test in wrist jerk showed a significant difference between skilled and beginner groups ($t = 7.57$, $df = 18$, $p < 0.05$) and the results showed that the lower movement jerk was displayed by skilled group in comparison to the beginner group. In this study, the maximum wrist speed at the moment of throw was examined and the student's t-test results showed that no significant difference between skilled and beginner groups ($t = 0.86$, $df = 18$, $p > 0.05$). As for the quiet eye duration of skilled and beginner individuals in real performance and observation conditions, a mixed ANOVA with repeated measures (2×3) showed that the quiet eye duration by the skilled players was

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

significantly longer than the beginner individuals. These data indicate that all groups had the longer quiet eye duration in observation condition of front. Also, these data indicate that participants in the observation condition of side had a longer quiet eye duration than in the actual performance condition. As for the fixation time of skilled and beginner individuals in real performance and observation conditions, a mixed ANOVA with repeated measures (2×3) showed that a significant difference between skilled and beginner groups in all conditions (actual performance, observation of front and observation of side). As for the number of fixations of skilled and beginner individuals in real performance and observation conditions, a mixed ANOVA with repeated measures (2×3) showed that the number of fixations by the skilled players was significantly lower than the beginner individuals.
These results indicated that there is a difference in the representation of action in skilled and beginner individuals and also showed that in the real performance mode, visual and motor representations are formed, but in the observation mode, the representations are only visual-spatial.

Key Words
Coordination Variability; Quiet Eye Duration; Skill Level; Basketball Free Throw

References

1. Jeannerod M. Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. Neuroimage. 2001;14: S103-9.
2. Schack T. The cognitive architecture of complex movement. International Journal of Sport and Exercise Psychology. 2004 Jan 1;2(4):403-38.
3. Bird G, Osman M, Saggerson A, Heyes C. Sequence learning by action, observation and action observation. British Journal of Psychology. 2005 Aug;96(3):371-88.
4. Wong L, Manson GA, Tremblay L, Welsh TN. On the relationship between the execution, perception, and imagination of action. Behavioural Brain Research. 2013 Nov 15; 257:242-52.
5. McCormick SA, Causer J, Holmes PS. Active vision during action execution, observation and imagery: Evidence for shared motor representations. PLoS One. 2013 Jun 25;8(6): e67761.
6. Kelly SW, Burton AM, Riedel B, Lynch E. Sequence learning by action and observation: Evidence for separate mechanisms. British Journal of Psychology. 2003 Aug;94(3):355-72.
7. Hayes SJ, Andrew M, Elliott D, Roberts JW, Bennett SJ. Dissociable contributions of motor-execution and action-observation to intermanual transfer. Neuroscience Letters. 2012 Jan 11;506(2):346-50.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

8. Ong NT, Larssen BC, Hodges NJ. In the absence of physical practice, observation and imagery do not result in updating of internal models for aiming. Experimental Brain Research. 2012 Apr 1;218(1):9-19.
9. Ghamari A, Sohrabi M, Kakhki AS. Effects of physical and observational practice on intermanual transfer. Advances in Cognitive Psychology. 2019;15(1):21.
10. McCormick SA, Causer J, Holmes PS. Active vision during action execution, observation and imagery: evidence for shared motor representations. PLoS One. 2013 Jun 25;8(6):e67761.
11. Kim T, Frank C, Schack T. A systematic investigation of the effect of action observation training and motor imagery training on the development of mental representation structure and skill performance. Frontiers in Human Neuroscience. 2017 Oct 17; 11:499.
12. Mullineaux, D. R., & Uhl, T. L. Coordination-variability and kinematics of misses versus swishes of basketball free throws. Journal of Sports Sciences. 2010, 28(9), 1017-1024.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

رفتار حرکتی دوره ۱۳، شماره ۴۶، زمستان ۱۴۰۰، صص ۴۴-۱۷

مقالهٔ پژوهشی

بررسی تشابه بازنمایی عمل در اجرای واقعی و مشاهده پرتاب آزاد بسکتبال در افراد ماهر و مبتدی: مطالعه کینماتیک و الگوی حرکات چشم

صالح رفیعی[۱]، داوود فاضلی[۲]، جواد ریاحی[۳]، ایوب اسدی[۴]

۱. استادیار رفتار حرکتی پژوهشگاه علوم ورزشی (نویسنده مسئول)
۲. استادیار رفتار حرکتی-دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی- بخش علوم ورزشی- دانشگاه شیراز.
۳. دکتری رفتار حرکتی، گروه علوم رفتاری، شناختی و فناوری ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی
۴. دکتری رفتار حرکتی از دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵

چکیده

هدف تحقیق حاضر بررسی بازنمایی عمل در اجرای واقعی و مشاهده پرتاب آزاد بسکتبال در افراد ماهر و مبتدی بود. در این تحقیق شاخص‌های کینماتیک حرکتی در حین اجرا و الگوی حرکات چشم در دو حالت اجرای واقعی و مشاهده در افراد ماهر و مبتدی بررسی شد. ۲۰ نفر شرکت‌کننده با میانگین سنی ۲/۱۱±۲۵ سال، شامل ۱۰ بازیکن بسکتبال ماهر و ۱۰ نفر مبتدی، در تحقیق حضور داشتند. طرح تحقیق در دو جلسه انجام شد. در جلسه اول افراد ۱۰ پرتاب آزاد انجام داده و حرکات آن‌ها توسط سیستم آنالیز حرکت، حرکات چشم آن‌ها توسط سیستم ردیابی بینایی دو چشمی پیوپیل و کل حرکت برای نمایش بعدی توسط دوربین قرار داده شده بر روی سر و دوربین بیرونی ثبت شد. در جلسه دوم افراد پس از نصب سیستم ردیابی بینایی فیلم ویرایش شده اجرای خود را از زاویه اول شخص و سوم شخص مشاهده کردند و ثبت حرکات چشم صورت گرفت. پس از ثبت داده‌ها مقادیر دقت پرتاب، تغییرپذیری هماهنگی درون عضوی، سرعت مچ در لحظه پرتاب، جرک مچ دست، مدت زمان چشم ساکن، مدت زمان تثبیت‌ها و تعداد تثبیت‌ها محاسبه و با استفاده از آزمون‌های آماری t مستقل و تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر (۳×۲) و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شدند. نتایج نشان داد که گروه ماهر نسبت به گروه مبتدی تغییرپذیری الگوی هماهنگی

1. Email: saleh_rafiee@yahoo.com
2. Email: fazelidavid@gmail.com
3. Email: javad5r@yahoo.com
4. Email: ayoub.asadi68@yahoo.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

شانه- آرنج و جرک حرکتی کمتری داشت، اما سرعت مچ در لحظه پرتاب در گروه ماهر و مبتدی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین بین گروه‌های تحقیق در طول دوره تثبیت‌ها و تعداد تثبیت‌ها در هر سه شرایط اجرای واقعی، مشاهده از جلو و مشاهده از پهلو تفاوت معنی‌داری وجود دارد. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که تغییرپذیری هماهنگی در افراد ماهر کمتر است و الگوی حرکات چشم نیز نه تنها در افراد ماهر و مبتدی متفاوت است بلکه در شرایط اجرای واقعی و مشاهده نیز متفاوت است. این نتایج حاکی از وجود تفاوت در بازنمایی عمل در افراد ماهر و مبتی است و همچنین نشان می‌دهد که در حالت اجرای واقعی بازنمایی‌های بینایی و حرکتی تشکیل می‌شوند اما در حالت مشاهده بازنمایی‌ها فقط بینایی- فضایی است.

واژگان کلیدی: **تغییرپذیری هماهنگی، مدت زمان چشم ساکن، سطح مهارت، پرتاب آزاد بسکتبال**

مقدمه

یکی از جنبه‌های مهم تحقیقاتی در رفتار حرکتی تحقیق بر روی افراد ماهر و بررسی تفاوت‌های آن‌ها با افراد مبتدی است. با استفاده از این تحقیقات می‌توان به تفاوت‌های عمده و بنیادی بین این دو گروه پی‌برد و در نتیجه روش‌های تمرینی طراحی کرد که افراد مبتدی مسیر کسب اجرای ماهرانه را راحت‌تر و سریع‌تر بپیمایند. انسان می‌تواند از طریق رشد طبیعی و یا آموزش، به فرآیند یادگیری دست یابد. اما باید توجه داشت که تمرین جسمانی تنها راه یادگیری یک مهارت نیست. یکی از موثرترین روش‌های یادگیری مهارت‌ها یادگیری از طریق مشاهده است. تحقیقات در این زمینه نشان داده‌اند که افراد می‌توانند با تماشای اجرای یک مهارت (توسط خود یا دیگری) رفتار نمایش داده شده را یاد بگیرند و نمایش مهارت منجر به یادگیری موثرتر می‌شود (۱).

عقیده بر این است که مکانیزم‌های زیربنایی تمرین جسمانی و مشاهده با هم مشابه است و هر دو بر یک بازنمایی مشابه تکیه دارند (۲). تصور می‌شود که این بازنمایی دلیل اصلی و زیربنای حیاتی رفتار حرکتی انسان باشد. همانطور که یک رفتار یاد گرفته می‌شود و پالایش می‌یابد بازنمایی آن نیز ساختار یافته‌تر می‌شود. بازنمایی ساختار یافته یک عمل در ذهن افراد می‌تواند دلیل زیربنایی اجرای ماهرانه باشد (۳). برخی از محققین دلیل عمده تفاوت بین افراد ماهر و مبتدی را نیز همین بازنمایی ساختار یافته‌تر می‌دانند. درمجموع جینرود[1] (۲۰۰۱) اعتقاد دارد که وجود تشابه در فعال شدن نقاط مغزی درحین اجرای واقعی و مشاهده به نوعی نشان دهنده تشابه در بازنمایی ذهنی آن‌ها می‌باشد (۲).

1. Jeannerod

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

تشابه بازنمایی در اجرا و مشاهده مهارت توسط محققین مختلفی مورد حمایت قرار گرفته است. در تحقیقات نشان داده شده است که نقاط مغزی درگیر در اجرای واقعی تا حد زیادی با نقاط مغزی درگیر در مشاهده عمل مشابه هستند (۲). در همین راستا کشف نرون‌های آینه‌ای[1] تایید دیگری برای این ایده فراهم آورد؛ و محققین نشان دادند که یک شبکه از نرون‌ها به هنگام اجرای واقعی و همچنین مشاهده یک عمل (عمل خود و یا دیگران) به صورت مشابه فعال می‌شوند (۴). همچنین همراستا با نظریه شبیه سازی[2] جینرود (۲۰۰۱) نظریه مدل‌های درونی[3] ولپرت و همکاران[4] (۲۰۰۳) نیز عنوان می‌کند که افراد به هنگام مشاهده تکلیف از مدل‌های درونی مشابه با حالت اجرای واقعی برای پیش‌بینی و تولید بعدی رفتار استفاده می‌کنند (۲، ۵).

علاوه بر این یافته‌های نظری و نوروفیزیولوژیک شواهد رفتاری نیز تشابه در بازنمایی ذهنی اجرای واقعی و مشاهده تکلیف را نشان می‌دهند. به عنوان مثال مشخص شده است که مشابه با شرایط تمرین جسمانی در حالت مشاهده مهارت نیز تغییرپذیری تمرین صدق می‌کند. در همین زمینه بیرد و همکاران[5] (۲۰۰۵) نشان دادند که یادگیری مشاهده‌ای مشابه با فرایند اجرای واقعی از یک فرایند پنهان بهره می‌برد (۶) به این معنی که همچون کنترل حرکات که بخشی از آن تحت تاثیر فرآیندهای کنترل پنهان قرار دارد در یادگیری مشاهده‌ای نیز فرآیندهای کنترل پنهان نقش دارند. همچنین نشان داده شد که قانون فیتز همانند اجرای واقعی در حالت مشاهده اعمال نیز صادق است (۷). در همین راستا محققین استدلال کردند که اگر مشاهده مهارت و اجرای واقعی از مکانیزم زیربنایی مشابهی استفاده نمایند بنابراین باید حرکات چشم در بین این دو حالت نیز مشابه باشد. بررسی حرکات چشم نشان داد که برخی از مشخصه‌های حرکات چشم در دو حالت اجرای واقعی و مشاهده عمل مشابه است (۸).

علی رغم شواهد نظری و تحقیقاتی که از مشابه بودن مکانیزم‌های زیربنایی اجرا و مشاهده تکلیف حمایت می‌کنند شواهدی نیز وجود دارد که این تشابه در بازنمایی را زیر سوال می‌برند. به عنوان مثال کلی و همکاران[6] (۲۰۰۳) نشان دادند که یادگیری یک تکلیف رنجیره‌ای از طریق مشاهده از فرایند آشکار پیروی می‌کند و یادگیری از طریق اجرای واقعی از فرایند پنهان تبعیت می‌کند (۹).

1. Mirror Neurons
2. Simulation Theory
3. Internal Models
4. Wolpert et al.
5. Bird et al.
6. Kelly et al.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

آن‌ها نشان دادند که اجرای افرادی که تکلیف را به صورت مشاهده یاد گرفته بودند تحت شرایط تکلیف دوگانه دچار اختلال شد، در حالی که اجرای افراد گروه جسمانی تحت تاثیر این شرایط تخریب نشد (۹). این شواهد در تحقیقات بعدی نیز مورد حمایت قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال هیس و همکارانش[1] (۲۰۱۲) نشان دادند که یادگیری در شرایط مشاهده از یک بازنمایی بینایی- فضایی بهره می‌برد، در حالی که یادگیری از طریق اجرای جسمانی به طرح‌ریزی نیرو- زمان وابسته است و بر بازخورد تاکید دارد (۱۰). همچنین گزارش شد که برخلاف اجرای جسمانی، مشاهده عمل منجر به بروزرسانی مدل‌های درونی نمی‌شود و این به آن معنی است که یادگرفتن از طریق مشاهده در یک محیط با محیط‌های جدید سازگار نمی‌شود (۱۱). در همین راستا، قمری و همکاران[2] (۲۰۱۹) نشان دادند که ممکن است قابلیت انتقال یادگیری بر اثر مشاهده بر اساس شرایط تکلیفی نسبت به انتقال بر اثر تمرین جسمانی متفاوت باشد (۱۲). همچنین، اگرچه در تحقیقات نشان داده شده است که برخی از متغیرهای حرکات چشم در بین اجرای واقعی و مشاهده با هم مشابه هستند، اما در این بین تفاوت‌های آشکاری نیز وجود دارد (۱۳). بعلاوه نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که ساختار حافظه‌ای در حالت یادگیری مشاهده‌ای با اجرای جسمانی متفاوت است (۱۴).

بنابراین با توجه به نتایج این تحقیقات و تحقیقات قبلی که به آن‌ها اشاره شد، می‌توان نتیجه گرفت که محققین در این زمینه به نتایج همسویی نرسیده‌اند و این سوال مهم همچنان باقی است که آیا انواع مختلف تمرین منجر به بازنمایی‌های مشابهی در ذهن افراد می‌شوند یا خیر؟ اگرچه برخی از محققین عقیده دارند که این چنین امری صادق است و بازنمایی حاصل از مشاهده و اجرای واقعی با هم مشابه است، اما در برخی از تحقیقات عنوان شده که ممکن است این چنین نباشد (۹، ۱۰).

یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقی مورد چالش در بین محققین تفاوت در تغییرپذیری حرکتی در افراد ماهر و مبتدی است. تفاوت در بین افراد ماهر و مبتدی معمولا در سطح دسترسی به هدف به خوبی قابل تمایز است. افراد ماهر معمولا در دسترسی به اهداف نسبت به افراد مبتدی موفق‌تر هستند و همچنین اجراهای آن‌ها معمولا دارای همسانی بالایی می‌باشد، این در حالی است که برای افراد مبتدی همسانی پایینی در این سطح مشاهده می‌شود (۱۵). این همسانی در سطح دسترسی به هدف معمولا با همسانی در اجرای الگوی حرکتی یکسان در نظر گرفته می‌شود و تصور می‌شود

1. Hayes et al
2. Ghamari et al.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

که الگوی حرکتی افراد ماهر نیز از سطح تغییرپذیری حرکتی پایینی برخوردار می‌باشد (۱۶). همچنین ممکن است افراد ماهر در سطح الگوی حرکتی نسبت به افراد مبتدی تغییرپذیری بیشتری نشان دهند (۱۷). تحقیقاتی که بر رویکرد قدیمی کنترل حرکتی تکیه دارند تغییرپذیری را به عنوان یک عامل مخرب برای اجرای حرکت می‌دانند (۱۸)، اما تحقیقاتی که بر رویکردهای جدید کنترل حرکتی تکیه دارند (۱۹) تغییرپذیری را به عنوان یک عامل مفید برای کنترل حرکت در نظر گرفته و آن را عامل بروز انعطاف‌پذیری به هنگام نیاز می‌دانند (۱۶). اگرچه در این زمینه تحقیقات زیادی انجام شده است اما تا کنون هیچ کدام از این دیدگاه‌ها موفق به برتری در مقابل دیدگاه دیگر نشده است. به نظر می‌رسد که نوع تکلیف مورد ارزیابی نقش مهمی در این زمینه داشته باشد. تصور بر این است که در تکالیفی که تغییرپذیری حرکتی در آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، افراد ماهر به منظور فائق آمدن بر تغییرات محیطی الگوی حرکتی خود را برای دستیابی موفق‌تر به هدف تغییرپذیر می‌کنند، اما در تکالیفی که تغییرپذیری در زمینه اجرا وجود ندارد و یا خیلی کم است (مانند تکالیف بسته) احتمالا افراد ماهر برای دستیابی به هدف خود تغییرپذیری حرکت خود را کاهش می‌دهند (۱۹).

تفاوت دیگر بین افراد ماهر و مبتدی، تفاوت در الگوهای جستجوی بینایی آن‌ها است. هر چند که تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است اما نتایج متناقض در این بین فراوان به چشم می‌خورد. کنترل خیرگی چشم یکی از متغیرهای مهمی است که با پیشرفت سطح مهارت بهبود می‌یابد (۲۰). کنترل خیرگی به این موضوع اشاره دارد که ورزشکاران قبل از شروع حرکت به چه نقاطی و برای چه مدت زمانی خیره می‌شوند و این فرآیند یکی از مولفه‌های مهم جست و جوی بینایی است. یکی از یافته‌های معمول در این زمینه این است که افراد ماهر در مقابل افراد مبتدی به طور کلی تثبیت‌های کمتر با مدت زمان طولانی‌تری دارند (۲۱) که این یافته به زمان پردازش کمتر در افراد ماهر و دقت بالاتر در پاسخ نسبت داده شده است (۲۲). درمقابل نشان داده شده است که افراد ماهر میانگین تثبیت بیشتر و تغییرپذیری کمتری در الگوی جست و جوی بینایی خود دارند (۲۲). همچنین چیا و همکاران[1] (۲۰۱۷) در تکلیف سرویس بدمینتون نشان دادند که افراد ماهر در مقابل افراد مبتدی تعداد تثبیت‌های بیشتر و زمان تثبیت طولانی‌تری دارند (۲۳). نتایج این تحقیقات در بسیاری از موارد با هم تناقض دارند. به عنوان مثال در برخی به تعداد تثبیت

1. Chia et al

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

پایین در افراد ماهر اشاره کرده‌اند (۲۱) اما در برخی از موارد به تعداد تثبیت بالاتر برای افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی دست پیدا کرده‌اند (۲۲، ۲۳).

با توجه به تحقیقاتی که در سه حوزه مختلف به آن‌ها اشاره شد می‌توان نتیجه گرفت که این سه حوزه بستر مناسبی برای انجام تحقیقات جدید فراهم می‌نمایند. هرچند این سه زمینه به صورت مجزا از هم به نظر می‌رسند، اما در واقع زمینه‌های مرتبط با تمایز رفتار ماهرانه از رفتار مبتدیانه می‌باشند. به عنوان مثال بازنمایی ذهنی شکل گرفته در ذهن افراد ماهر و مبتدی متفاوت می‌باشد که این بازنمایی می‌تواند به عنوان راهنمایی برای عمل (چه به صورت واقعی، چه به صورت مشاهده) به کار گرفته شود (۳). حال زمینه دیگر این است که آیا واقعا بازنمایی به کارگرفته شده در بین افراد ماهر و مبتدی برای اجرای واقعی و مشاهده مشابه است؟ و آیا در تکلیفی مانند پاس بسکتبال (شوت جفت بسکتبال) استراتژی جست و جوی بینایی افراد ماهر و مبتدی به هنگام اجرای واقعی و مشاهده با هم مشابه است یا خیر؟ از آنجایی که این استراتژی جست و جوی بینایی یک متغیر شناختی در نظر گرفته می‌شود آیا ارتباطی با متغیرهای کینماتیکی (کنترلی) همچون تغییرپذیری حرکتی (که در بین افراد ماهر و مبتدی متفاوت است) دارد یا خیر؟ بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی بازنمایی عمل در اجرای واقعی و مشاهده پرتاب آزاد بسکتبال در افراد ماهر و مبتدی درنظر دارد به طور همزمان در چند بعد مختلف به رفع ابهامات در مورد اجرا کنندگان ماهر و مبتدی کمک نماید.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات علّی- مقایسه‌ای و از نظر هدف کاربردی است که در آن دقت پرتاب، تغییرپذیری هماهنگی، سرعت لحظه رهایی، جرک حرکت و رفتار خیرگی (مدت زمان چشم ساکن، مدت زمان تثبیت‌ها، تعداد تثبیت‌ها) افراد ماهر و مبتدی در اجرای واقعی و مشاهده پرتاب آزاد بسکتبال مقایسه شد. در این پژوهش ۲۰ نفر با میانگین سنی ۲/۱۱±۲۵ سال شامل ۱۰ بازیکن بسکتبال ماهر که حداقل سابقه ۱۰ سال تمرین رسمی بسکتبال داشته و در زمان شرکت در تحقیق در لیگ برتر بسکتبال ایران مشغول بازی بودند و ۱۰ نفر به عنوان مبتدی که سابقه فعالیت رسمی در زمینه بسکتبال را نداشتند، شرکت کردند. تکلیف مورد استفاده در این تحقیق شامل پرتاب آزاد بسکتبال بود که از فاصله ۴/۵۷ متری با توپ استاندارد سایز ۷ و ارتفاع حلقه ۳۰۵ سانتی متری اجرا می‌شد. تمامی افراد قبل از شرکت در تحقیق رضایتنامه کتبی را تکمیل کردند. همچنین

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش از بینایی طبیعی برخوردار بوده و ضعف بینایی نداشتند. ارزیابی اولیه بینایی جهت اطمینان از طبیعی بودن بینایی به وسیله ابزار اسنلن چارت انجام شد.

ابزار مورد استفاده در پژوهش حاضر جهت اجرا و اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق شامل سبد و توپ استاندارد بسکتبال، دوربین آنالیز حرکت، سیستم ردیابی حرکات چشم و دوربین فیلم‌برداری بود. به منظور ثبت اطلاعات کینماتیکی حرکت از هفت دوربین مادون قرمز آنالیز حرکت Osprey ساخت شرکت Motion Analysis امریکا با قابلیت فیلم برداری ۲۴۰ فرم در ثانیه استفاده شد. به منظور مشخص کردن نقاط آناتومیکی بدن از ۱۷ مارکر منعکس کننده نور استفاده شد که ترتیب قرارگیری مارکرها به این صورت بود: سر دیستال استخوان پنجم کف پایی (انگشت)، قوزک پا (مچ پا)، کندیل خارجی ران (زانو)، برجستگی بزرگ ران (ران)، زائده آخرومی شانه (شانه)، اپی کندیل کناری (آرنج)، زائده نیزه‌ای زند اعلی (مچ) و سر دیستال استخوان اول کف دستی (انگشت). مارکرگذاری به صورت متقارن در دو سمت بدن انجام شد و یک مارکر هم بر روی پیشانی قرار داده شد که به عنوان سر در نظر گرفته شد. پس از ثبت حرکات برای تجزیه تحلیل اولیه و استخراج داده‌ها کینماتیک از نرم افزار Cortex استفاده شد.

به منظور ثبت حرکات چشم شرکت کنندگان از سیستم ردیابی بینایی دو چشمی پیوپیل (شرکت پیوپیل، ساخت آلمان) استفاده شد. ردیاب بینایی با فرکانس ۶۰ هرتز (Hz) به وسیله کابل یو اس بی به یک لپ تاپ (شرکت اپل، ساخت آمریکا) وصل و ویدئو ضبط شده توسط ردیاب بینایی در آن ذخیره می‌شد. این دستگاه حرکات دو چشم را توسط دو دوربین جانبی و فضای محیط را به وسیله دوربین پیشانی با دقت ۱ درجه بینایی با رزولیشن ۷۲۰×۱۲۸۰ پیکسل در هر اینچ با سرعت ۶۰ فرم در ثانیه ثبت می‌کرد. کالیبراسیون دستگاه به روش ویژگی طبیعی[1] پنج نقطه‌ای روی تخته بسکتبال در موقعیت مشابه پرتاب انجام شد. اطلاعات ویدئویی حاصل از ردیاب بینایی به صورت فرم به فرم با استفاده از نرم افزار پیوپیل پلیر (شرکت پیوپیل پلیر، آلمان) و تثبیت قبل از پرتاب به روش چشمی شناسایی و در خروجی نرم افزار اکسل ذخیره شد. برای محاسبهٔ نمرات دقت پرتاب از روش نمره‌دهی هشت ارزشی استفاده شد. در این روش نمرات دقت براساس نحوهٔ برخورد توپ به حلقه و تختهٔ بسکتبال و همچنین وارد شدن یا نشدن آن به درون حلقه مطابق با جدول شماره ۱ محاسبه شد (۲۴).

جدول ۱- نحوه محاسبه امتیاز دقت پرتاب

1. Natural Features

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

Table 1- How to calculate the throwing accuracy score

امتیاز	مشخصات نتیجه
۱	توپ نه به تخته و نه به حلقه برخورد می‌کند- بدون کسب امتیاز
۲	توپ تماس خیلی کمی با بیرون حلقه دارد- بدون کسب امتیاز
۳	توپ به طور قوی به تخته یا حلقه برخورد می‌کند- بدون کسب امتیاز
۴	توپ به بالای تخته یا حلقه برخورد می‌کند- بدون کسب امتیاز
۵	توپ به بالای تخته یا حلقه برخورد می‌کند- کسب امتیاز
۶	توپ تماس قوی با درون حلقه ایجاد می‌کند- کسب امتیاز
۷	توپ تماس کمی با درون حلقه ایجاد می‌کند- کسب امتیاز
۸	توپ بدون برخورد به تخته یا حلقه وارد سبد می‌شود- کسب امتیاز

علاوه بر این ابزارها به منظور ثبت حرکات هر اجرا کننده در حالت واقعی برای نشان دادن در مرحله مشاهده از دو دوربین استفاده شد. یک دوربین قرار داده شده بر روی سر فرد که امکان مشاهده از دیدگاه اول شخص را فراهم می‌کرد (دوربین موجود در سیستم ردیابی بینایی) و دوربین دیگر که در صفحه ساجیتال قرار داده شده بود و امکان مشاهده از دیدگاه سوم شخص را فراهم می‌کرد.

طرح تحقیق حاضر در شرایط آزمایشگاهی اجرا شد. افراد در این تحقیق در دو جلسه مجزا در آزمایشگاه حضور یافتند. جلسه اول ارزیابی اجرا واقعی صورت گرفت و در جلسه دوم رفتار خیرگی افراد درحال مشاهده اجرا واقعی ثبت شد. در جلسه اول ابتدا افراد به آزمایشگاه فراخوانده شدند و فرم اطلاعات فردی و رضایتنامه کتبی را تکمیل کردند. سپس به منظور آشنایی با محیط آزمایشگاه به آن‌ها ۵ دقیقه زمان داده شد و مارکرهای دستگاه آنالیز حرکت در نقاط مورد نظر روی بدن افراد نصب شد. بر روی چشمان افراد سیستم ردیاب بینایی قرار گرفت (این سیستم دارای دوربین جهت ضبط است). یک دوربین نیز در صفحه ساجیتال در فاصله ۳ متری از فرد گذاشته شد تا حرکات او را ثبت نماید. سپس به منظور آمادگی به افراد ۵ دقیقه فرصت گرم کردن داده شد و بعد از آن هر فرد سه پرتاب را به منظور گرم کردن و آشنایی با توپ و سبد انجام داد. بعد از آن افراد در ۱۰ کوشش پرتاب آزاد بسکتبال را اجرا کردند و حرکات آن‌ها توسط سیستم آنالیز حرکت، حرکات چشم آن‌ها توسط دستگاه ردیاب بینایی و کل حرکت برای نمایش به آن‌ها توسط دوربین قرار داده شده بر روی سر و دوربین بیرونی ثبت شد. در مرحله مشاهده فیلم‌ها ویرایش شده که فقط شامل مرحله پرتاب فرد بود تا از ثبت داده اضافه جلوگیری شود، به افراد ارائه شد. در مرحله مشاهده هر فرد پس از نصب سیستم ردیاب بینایی توپ را در دست می‌گرفت و روبروی سبد می‌ایستاد. سپس

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

فیلم اجرای خود را یک بار از زاویه اول شخص و یک بار دیگر از زاویه سوم شخص می‌دید و اطلاعات رفتار خیرگی ثبت می‌شد. این ترتیب در بین گروه‌ها کانتر بالانس شد.

به منظور کاهش نویز داده‌های کینماتیک ثبت شده از یک فیلتر باترورس دستور چهارمی با فرکانس ۷ هرتز عبور داده شدند. سپس به منظور همسان سازی داده‌ها در بین شرکت کنندگان ابتدا و انتهای حرکت به صورت عملیاتی تعریف شد. ابتدای حرکت به عنوان اولین فلکشن در آرنج در نظر گرفته شد و انتهای حرکت به عنوان حداکثر باز شدگی مفصل آرنج بعد از پرتاب در نظر گرفته شد. سپس به منظور محاسبه هر یک از متغیرهای کینماتیکی داده‌ها به نرم افزار متلب[1] (۲۰۱۰) انتقال داده شدند.

برای محاسبه تغییرپذیری هماهنگی و کمی کردن اطلاعات نمودار زاویه-زاویه از روش محاسبه No-RMS از طریق فرمول ارائه شده توسط سیداوی و همکاران[2] (۱۹۹۵) استفاده شد که به ریشه میانگین مربعات مشهور است (۲۵). در این فرمول از تغییرات زاویه‌ای دو اندام مختلف برای سنجش تغییرپذیری در هماهنگی بین آن‌ها استفاده می‌شود. از این روش به منظور تعیین تغییرپذیری هماهنگی درون عضوی شانه- آرنج استفاده شد. همچنین برای محاسبه جرک حرکت از فرمول جرک بدون بعد استفاده شد که شاخص معتبری برای محاسبه جرک است (۲۶). جهت تعیین حداکثر سرعت مچ در لحظه رهایی نیز از داده‌های ثبت شده سرعت مارکر مچ دست پرتاب در لحظه رها شدن توپ از دست استفاده شد. نمرات مربوط به رفتار خیرگی شامل مدت زمان چشم ساکن، مدت زمان تثبیت‌ها و تعداد تثبیت‌ها نیز از خروجی دستگاه ردیابی بینایی استخراج شد. تمامی نمرات ثبت شده در دو گروه ماهر و مبتدی مورد تجریه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای توصیف آماری داده‌ها از میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد و همچنین طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک[3] مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه میانگین نمرات در دو گروه ماهر و مبتدی از آزمون t مستقل استفاده شد و مقایسه نمرات افراد دو گروه در شرایط اجرای واقعی و مشاهده از طریق آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر ۲ (گروه، ماهر و مبتدی) × ۳ (انواع اجرا، واقعی و مشاهده از دو زاویه) انجام شد. تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 21 انجام شد و سطح معنی داری برای تمامی آزمون‌ها $p\leq0/05$ درنظر گرفته شد.

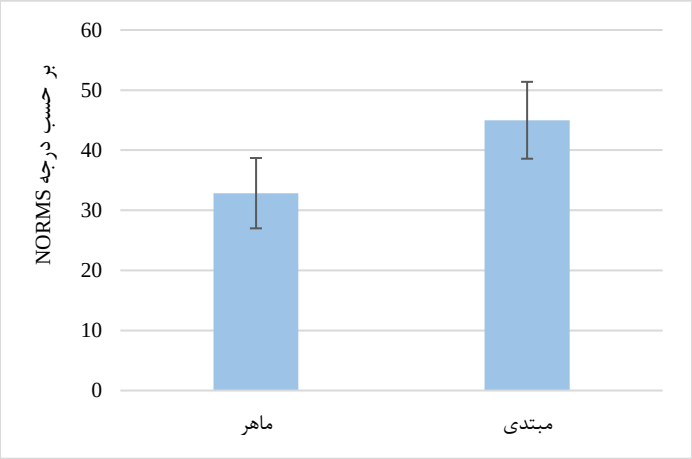
1. MATLAB
1 Sidaway et al.
2. Shapiro-Wilk

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

نتایج

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که تفاوت بین عملکرد گروه ماهر و مبتدی معنی‌دار است (۶/۶۵ =t، ۱۸= df، P<۰/۰۵) و مقایسه میانگین‌ها نمرات دقت پرتاب آزاد بسکتبال نشان داد که گروه ماهر نسبت به گروه مبتدی نمره بهتری کسب کرده است (میانگین‌ها، ماهر= ۵/۵۸، مبتدی= ۴/۰۷).

در مقایسه تغییرپذیری هماهنگی درون عضوی شانه- آرنج نتایج آزمون t مستقل نشان داد که تفاوت بین دو گروه ماهر و مبتدی معنی‌دار است (t = -۴/۰۲، df =۱۸، P<۰/۰۵) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گروه ماهر نسبت به گروه مبتدی تغییرپذیری کمتری در الگوی هماهنگی شانه- آرنج خود نشان داده است (میانگین‌ها، ماهر= ۳۳/۲۴، مبتدی= ۴۴/۲۷) (شکل ۱).

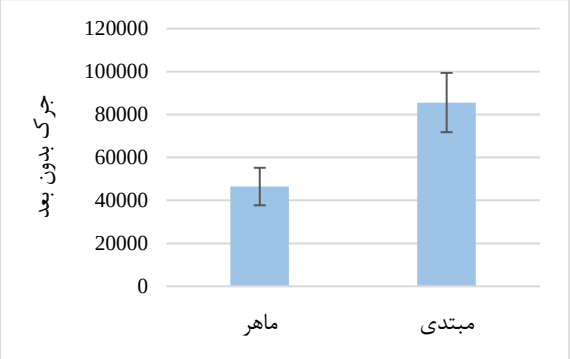


شکل ۱- تغییرپذیری هماهنگی شانه- آرنج در افراد ماهر و مبتدی

Figure 1- Shoulder-elbow coordination variability in skilled and beginners

نتایج آزمون t مستقل در بررسی جرک حرکت مچ دست نشان داد که تفاوت بین افراد ماهر و مبتدی معنی‌دار است (t = -۷/۵۷، df = ۱۸، P<۰/۰۵) و افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی جرک کمتری را در حرکت خود داشته‌اند (میانگین‌ها، ماهر= ۴۶۴۴۶، مبتدی= ۸۵۵۷۳) (شکل ۲).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen



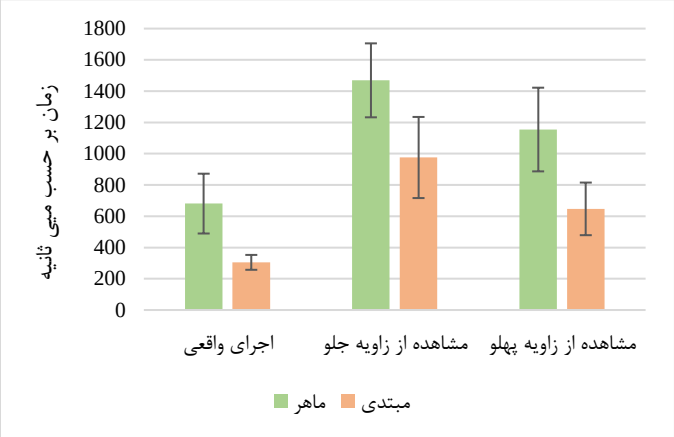
شکل ۲- مقادیر جرک بدون بعد در افراد ماهر و مبتدی

Figure 2- Dimensions of dimensionless jerk in skilled and beginners

در این تحقیق حداکثر سرعت مچ در لحظه پرتاب نیز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آزمون t مستقل برای این متغیر نشان داد که تفاوت بین گروه ماهر و مبتدی معنی‌دار نیست (t = -۰/۸۶، df = ۱۸، P>۰/۰۵).

در زمینه بررسی مدت زمان چشم ساکن در حالت اجرای واقعی و مشاهده در افراد ماهر و مبتدی نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر ۲ × ۳ (گروه × نوع اجرا) نشان داد که اثر اصلی گروه ($F_{(۱و۱۸)}$=۳۴/۲۵، P<۰/۰۵، η^2_p=۰/۶۵) و اثر اصلی مراحل آزمون ($F_{(۲و۳۶)}$=۱۳۷/۷۷، P<۰/۰۵، η^2_p=۰/۸۸) معنی‌دار است؛ درحالیکه اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون معنی‌دار نبود ($F_{(۲و۳۶)}$=۱/۳۴، P>۰/۰۵، η^2_p=۰/۰۷). برای اثر اصلی گروه مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گروه ماهر نسبت به گروه مبتدی دوره چشم ساکن طولانی‌تری داشته است (میانگین‌ها، ماهر= ۱۱۰۱، مبتدی= ۶۴۲/۴۶). همچنین با توجه به معنی داری اثر اصلی مراحل آزمون به منظور مقایسه دو به دو مراحل، آزمون تعقیبی بونفرونی اجرا شد و نتایج نشان داد که تفاوت بین هر سه مرحله آزمون با هم معنی‌دار است (P<۰/۰۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گروه‌ها در حالت مشاهده از روبرو بیشترین زمان چشم ساکن را دارند، همچنین این مقایسه نشان داد که شرکت کنندگان در حالت مشاهده از پهلو دوره چشم ساکن طولانی‌تری نسبت به حالت اجرای واقعی دارند (میانگین‌ها، جسمانی= ۴۹۲/۷۹، مشاهده از روبرو= ۱۲۲۲، مشاهده از پهلو= ۹۰۰/۷۰) (شکل ۳).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

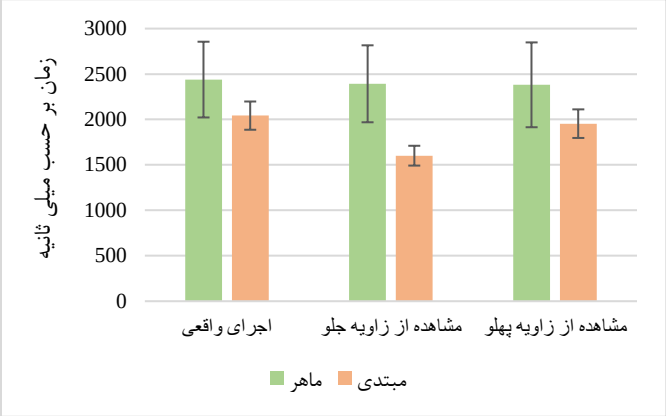


شکل ۳- مدت زمان چشم ساکن برای گروه‌های مختلف در مراحل مختلف آزمون

Figure 3- The quiet eye duration for different groups in different stages of the test

نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر ۲ × ۳ (گروه × نوع اجرا) درمورد مدت زمان تثبیت‌ها نشان داد که اثر اصلی گروه ($F_{(۱و۱۸)}$=۱۵/۱، P=۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۴۵) اثر اصلی مراحل آزمون ($F_{(۲و۳۶)}$=۲۲/۵۰، P=۰/۰۰۰۱، η^2_p=۰/۵۵) و تعامل گروه در مراحل آزمون ($F_{(۲و۳۶)}$=۱۷/۳۲، P=۰/۰۰۰۱، η^2_p=۰/۴۹) معنی‌دار است. نتایج آزمون تعقیبی (آزمون t مستقل برای مقایسه‌های جفتی و آزمون تحلیل واریانس یک راهه با آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه سه مرحله آزمون در هر گروه) برای اثر تعاملی نشان داد که در تمام مراحل آزمون (واقعی، مشاهده از جلو و مشاهده از پهلو) تفاوت معنی‌داری بین گروه ماهر و مبتدی وجود دارد (P<۰/۰۵). علاوه بر این نشان داده شد که در گروه ماهر حالت اجرای واقعی به طور معنی‌داری با حالت مشاهده از روبرو تفاوت دارد (P<۰/۰۵). همچنین این نتایج نشان داد که در گروه مبتدی نیز بین حالت‌های واقعی و مشاهده از جلو تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵) و تفاوت بین حالت مشاهده از جلو و مشاهده از پهلو نیز در این گروه معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (شکل ۴).

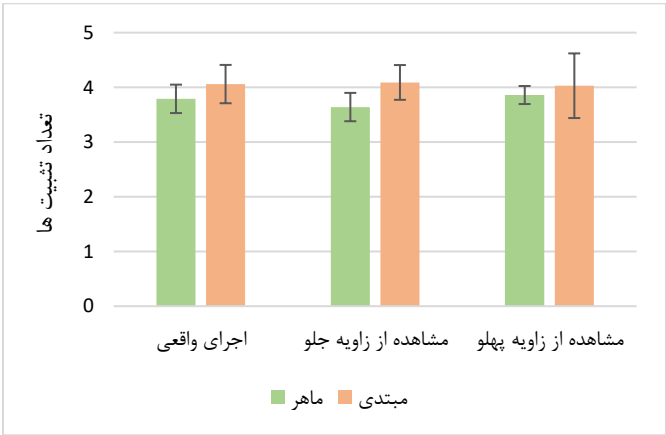
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen



شکل ۴- مدت زمان تثبیت‌ها برای گروه‌های مختلف و در مراحل مختلف آزمون

Figure 4- Duration of fixations for different groups and in different stages of the test

در بررسی تعداد تثبیت‌ها در حالت اجرای واقعی و مشاهده در افراد ماهر و مبتدی نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر ۲ × ۳ (گروه × نوع اجرا) نشان داد که تنها اثر اصلی گروه ($F_{(1و18)}$=۵/۳۰، P=۰/۰۳، η^2_p=۰/۲۲) معنی‌دار است. اما اثر اصلی مراحل آزمون و همچنین تعامل گروه در مراحل آزمون ($F_{(2و36)}$=۱/۷۰، P=۰/۱۹، η^2_p=۰/۰۸) معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی تعداد تثبیت‌های کمتری داشته‌اند (میانگین‌ها، ماهر= ۳/۷۶، مبتدی= ۴/۰۶) (شکل ۵).



شکل ۵- تعداد تثبیت‌ها برای گروه‌های مختلف در مراحل آزمون متفاوت

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

Figure 5 - Number of fixations for different groups in different test stages

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی تغییرپذیری کمتری در الگوی هماهنگی خود دارند. این یافته‌ها همراستا با یافته‌های قبلی است که نشان می‌دهد افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی تغییرپذیری کمتری در الگوی حرکتی خود دارند (۲۸، ۲۷). اشمیت و همکاران[1] (۱۹۷۹) و همچنین شروود و همکاران[2] (۱۹۸۸) عنوان کردند که با افزایش نیرو تغییرپذیری افزایش پیدا خواهد کرد، آن‌ها این موضوع را بعنوان نویز در سیستم حرکتی بیان کردند و توسط فرضیه تغییرپذیری نیرو یافته‌های خود را توجیه نمودند (۲۷، ۲۸). اشمیت و همکارانش (۱۹۷۸) بیان داشتند که تغییرپذیری در نیرو رابطه خطی با نیرو دارد (۲۷)، اما در آزمایش بعدی شروود و اشمیت (۱۹۸۰) با بکارگیری دامنه وسیعی از نیروها عنوان کردند که رابطه خطی بین نیرو و تغییرپذیری تا ۶۵٪ حداکثر انقباض ارادی برقرار خواهد بود، اما با افزایش نیرو بیشتر از ۶۵٪ انقباض ارادی تغییرپذیری کاهش می‌یابد (۲۹).

یافته‌ها تحقیق حاضر با دیدگاه هماهنگی و کنترل نیوول[3] (۱۹۸۵) همراستا است. نیوول (۱۹۸۵) بر اساس تعریف برنشتاین (۱۹۶۷) هماهنگی حرکتی را به عنوان فرایند رام کردن (تسلط یافتن بر) درجات آزادی متعدد در اندام متحرک، یا به عبارت دیگر تبدیل آن به یک سیستم قابل کنترل تلقی می‌کند (۳۰). نیوول (۱۹۸۵) عنوان می‌کند که فرد در سطح اولیه یادگیری تاکید زیادی بر یادگیری الگوی هماهنگی دارد، لذا به لحاظ رفتاری حرکت او از کوششی به کوشش دیگر متغیر خواهد بود (۳۰). اگر در این مرحله کینماتیک الگوی حرکت فرد ثبت شود، تغییرپذیری بالایی در داده‌های او وجود خواهد داشت. پس از تمرین و کسب الگوی هماهنگی حرکت فرد وارد مرحله دوم خواهد شد که در این مرحله تاکید فرد بر پارامتریزه کردن حرکت خواهد بود. در این مرحله ویژگی‌هایی را به حرکت اضافه خواهد کرد که او را قادر سازد در هر موقعیتی الگوی هماهنگی کسب شده را اجرا نماید. همراستا با این ایده، برودریک و نیوول (۱۹۹۹) الگوی هماهنگی را درتکلیف دریبل بسکتبال به عنوان تابعی از سطح مهارت مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که افراد با سطح مهارت پایین‌تر تغییرپذیری بیشتری در حرکت خود نشان می‌دهند (۳۱).

1. Schmidt et al.
2. Sherwood et al.
1. Newell

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

همچنین، باتون و همکاران[1] (۲۰۰۳) تغییرپذیری الگوی حرکتی را در پرتاب آزاد بسکتبال مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که به طور کلی با افزایش سطح مهارت ثبات حرکتی بین کوششی در مفاصل آرنج و مچ افزایش می‌یافت (۳۲). آنها استدلال کردند که حرکات آرنج و مچ برای هم‌دیگر نقش جبرانی دارند تا تغییرات دقیقی در پارامترهای پرتاب توپ انجام شود.

همچنین یافته‌های متغیر جرک حرکت نشان داد که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی جرک کمتری در حرکت خود دارند. شاخص جرک شاخصی از نرمی حرکت است (۳۳). این متغیر به عنوان مشتق سوم جابجایی یا مشتق اول شتاب حرکت می‌باشد. هرقدر این مقدار کمتر باشد نشان دهنده نرمی بیشتر حرکت است و عقیده محققین بر این است که سیستم مرکزی به شکلی حرکات را طراحی می‌کند که تابع جرک کمینه شود (۳۳). همراستا با یافته‌های این تحقیق نشان داده شده است که با بالا رفتن سطح تبحر افراد مقدار جرک موجود در حرکت کاهش خواهد یافت.

با این حال، یافته‌های این تحقیق با یافته‌های تحقیقاتی که نشان دهنده تغییرپذیری بیشتر افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی هستند همراستا نیست. اسکورر و همکاران[2] (۲۰۰۷) در تحقیق خود تغییرپذیری الگوی شوت هندبال را در سطوح مختلف مهارت مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که افراد مبتدی تغییرپذیری زیادی در الگوی حرکت خود داشتند که این تغییرپذیری با عدم موفقیت در دستیابی به هدف همراه بود، اما افراد ماهر دارای الگوی حرکتی با ثباتی بودند. اما نتیجه قابل توجه در این تحقیق آن بود که الگوی حرکتی فرد نخبه دارای تغییرپذیری بالایی بود اما در دستیابی به هدف با افراد ماهر تفاوتی نداشت و نتایج خود را اینگونه تفسیر کردند که ممکن است ثبات ویژگی مناسبی برای توصیف خبرگی نباشد. آن‌ها استدلال کردند که این تغییرپذیری پیش بینی حرکت را برای دروازه‌بان از طریق اطلاعات بینایی اولیه سخت می‌کند و این امر احتمالاً در سطح خیلی بالای مهارت بسیار کارآمد باشد (۳۴). ویلسون و همکاران (۲۰۰۸) رابطه بین تغییرپذیری الگوی حرکتی و سطح مهارت را در پرش سه گام مورد بررسی قرار دادند که نتایج آن‌ها یک رابطه U شکل بین تغییرپذیری و سطح مهارت را نشان داد. افراد با سطح مهارت پایین تغییرپذیری زیادی از خود نشان می‌دادند که به اعتقاد آن‌ها این تغییرپذیری برای اجرا مضر و غیر مفید بود. با افزایش سطح مهارت (افراد متوسط) و پالایش آن، تغییرپذیری کاهش می‌یافت و افراد یک الگوی با ثبات از خود نشان می‌دادند. اما با افزایش بیشتر سطح مهارت (افراد ماهر) تغییرپذیری

2. Button et al.
3. Schorer et al.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

افزایش پیدا می‌کرد که به اعتقاد آن‌ها این تغییرپذیری مفید می‌باشد و انعطاف‌پذیری را برای سیستم به منظور غلبه بر تشویش‌ها به همراه خواهد داشت (۱۹).

دلیل احتمالی برای این عدم همخوانی نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات قبلی می‌تواند با نوع تکلیف مورد استفاده در این تحقیق ارتباط داشته باشد. در تحقیقاتی که به نتایجی غیر همسو دست یافته‌اند از تکالیفی استفاده شده است که نیازمند انطباق با شرایط بیرونی (تخته پرش و یا دروازه‌بان) بوده‌اند و همین امر ممکن است نیازمند به کارگیری تغییرپذیری بالا در سطوح بالای مهارت به منظور انطباق با شرایط موجود در تکلیف بوده باشد. این در حالی است که تکلیف مورد استفاده در این تحقیق یک تکلیف بسته (و مجرد) بوده است که وجود ثبات احتمالا برای دستیابی به هدف کمک کننده خواهد بود. در تحقیقاتی که از تکالیف مشابه با این تکلیف استفاده شده است نتایج همسویی به دست آمده است. به عنوان مثال، فلزینگ و همکاران[1] (۲۰۰۹) با آنالیز ۵ کوشش از پرتاب کننده‌های بیسبال با سطوح مختلف مهارت و اندازه‌گیری ۱۱ مقیاس کینتیکی و کینماتیکی نتیجه گرفتند که با افزایش سطح مهارت تغییرپذیری در حرکت کاهش می‌یابد (۳۵).

علاوه بر یافته‌های فوق، نتایج این تحقیق نشان داد که بین اجرای جسمانی، و مشاهده (هم از زاویه روبرو و هم از پهلو) تفاوت معنی‌داری در مدت زمان چشم ساکن وجود دارد. همچنین یافته‌ها نشان داد که مدت زمان تثبیت‌ها برای افراد ماهر و مبتدی در حالت واقعی با حالت مشاهده از جلو تفاوت معنی‌داری دارد. این یافته‌ها با نظریه شبیه‌سازی جینرود (۲۰۰۱) که معتقد است مکانیزم‌های زیربنایی و بازنمایی عمل واقعی و مشاهده مشابه هستند (۲)، همخوانی ندارد. فلانگان و یوهانسون[2] (۲۰۰۳) به بررسی رابطه بین اجرای واقعی و مشاهده از طریق سنجش حرکات چشم پرداختند. استدلال آن‌ها این بود که اگر ادراک عمل از مکانیزمی به وجود بیاید که مشاهده عمل را به بازنمایی آن عمل نگاشت نماید (نگاشت مستقیم)، باید حرکات چشم مشاهده کننده مشابه با حرکات چشم فرد اجرا کننده باشد. در یک تکلیف دستکاری حرکات چشم افراد به هنگام مشاهده و اجرای واقعی ثبت شد. نتایج نشان داد که هماهنگی چشم و دست در حالت مشاهده همانند حالت اجرای واقعی می‌باشد و به‌جای اینکه حالت واکنشی داشته باشد به صورت پیش‌بینی انجام می‌شوند. این نتایج شاهدی قوی برای فرضیه تطابق مستقیم بین ادراک و عمل فراهم کرد (۳۶). همچنین مشابهت بین اجرای واقعی و مشاهده در شرایط قرارگیری در محیط نیرو نیز مورد بررسی قرار

1. Fleisig et al.
2. Flanagan & Johansson

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

گرفته است و مشخص شد که افراد قادرند تحت شرایط مشاهده همانند تمرین جسمانی قابلیت سازگاری با محیط نیرو را یاد بگیرند. محققین استدلال کردند که یادگیری تحت شرایط مشاهده از مکانیزم مشابه با تمرین جسمانی سود می‌برد و همانند آن بر فرایندهای پنهان استوار است (۳۷).

اما یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج تحقیقاتی که نشان دهنده تفاوت در مکانیزم‌های زیربنایی این دو نوع روش اجرا (اجرای واقعی و مشاهده) هستند، همخوانی دارد. گروتزماچر و همکارانش[1] (۲۰۱۱) سعی کردند که سیستم مختصاتی مورد استفاده برای تولید کدهای حرکتی را به هنگام مشاهده و اجرای جسمانی تعیین نمایند. در این تحقیق از یک تکلیف حرکت بازو استفاده شد که افراد بعد از تمرین آن باید در آزمون‌های انتقالی شرکت می‌کردند که در یکی از آن‌ها مختصات‌های حرکتی ثابت نگه داشته می‌شد و در دیگری مختصات‌های دیداری فضایی ثابت نگه داشته می‌شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که اجرای واقعی کدهایی را بر اساس مختصات حرکتی تولید می‌کند در حالی که مشاهده عمل سیستم را محدود می‌کند تا کدهایی بر اساس مختصات بینایی- فضایی تولید نماید (۳۸). النبرگر و همکارانش[2] (۲۰۱۲) در ادامه این سیر تحقیقاتی به بررسی سیستم مختصاتی مورد استفاده در تمرین مشاهده‌ای و جسمانی پرداختند. تکلیف مورد نظر یک الگوی فضایی- زمانی ۱۳۰۰ میلی ثانیه‌ای باز و بسته شدن دست بود. یک آزمون یادداری و دو آزمون انتقال عضو مؤثر به عمل آمد. آزمون انتقال عضو مؤثر قرینه که به الگوی فعال‌سازی مشابهی از عضلات و همچنین توالی مشابهی از حرکت مفاصلی که تمرین شده بودند نیاز داشت؛ و آزمون انتقال عضو مؤثر غیر قرینه به الگوی فضایی مشابهی از حرکات مشاهده شده یا اجرا شده نیاز داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که کدهای مبتنی بر مختصات حرکتی می‌توانند بلافاصله توسط تمرین جسمانی تولید شوند، اما تولید این کدها بر اثر تمرین مشاهده‌ای با مشکل مواجه می‌شود (۳۹). این نتایج توسط هیس و همکارانش (۲۰۱۲) نیز تکرار شد و نشان دادند که زیربنای یادگیری تحت شرایط مشاهده بازنمایی بینایی- فضایی است، در حالی که یادگیری با تمرین جسمانی به طرح‌ریزی زمان- نیرو (پیش خوراند) و پردازش‌های آورانی وابسته به بازخورد حسی بستگی دارد (۱۰). این فرضیه با به دست آمدن نتایج در تحقیقات بعدی بیشتر قوت گرفت. هیس و همکارنش (۲۰۱۲) استدلال کردند که احتمالاً برخی از فرایندهای پردازش به هنگام مشاهده با اجرای جسمانی تفاوت دارد، چون آوران‌های حسی حرکتی مختلف در حالت مشاهده وجود ندارند. همسو با نتایج قبلی در یادگیری یک تکلیف زمان‌بندی نشان دادند که شرکت‌کنندگان تحت شرایط

1. Gruetzmacher et al.
2. Ellenbuerger et al.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

مشاهده و اجرای واقعی، زمان‌بندی نسبی و مطلق را به خوبی یاد می‌گیرند. با این حال در دو آزمون انتقال که یکی نیازمند دستورات حرکتی مشابهی مانند تمرین بود (انتقال آینه‌ای) و دیگری نیازمند مختصات‌های بینایی- فضایی مشابهی بود (انتقال غیر آینه‌ای) تفاوت‌هایی بین این دو روش تمرینی دیده شد. در هر دو حالت اجرا در آزمون انتقال غیر آینه‌ای انتقال مثبت دیده شد اما در آزمون انتقال آینه‌ای زمان‌بندی نسبی برای گروه مشاهده تضعیف شد (۱۰). این نتایج نیز نشان می‌دهند که در حالت اجرای واقعی بازنمایی‌های بینایی و حرکتی تشکیل می‌شوند اما در حالت مشاهده بازنمایی‌ها فقط بینایی- فضایی است.

دلیل احتمالی دستیابی به این نتایج می‌تواند نوع کنترل عمل در این دو حالت اجرا باشد. برخی از محققین مشاهده را به عنوان یک فرایند از بالا به پایین می‌دانند (۴۰)، درحالیکه برخی دیگر آن را به عنوان یک فرایند از پایین به بالا می‌بینند (۴۱). اگر به مشاهده به عنوان یک فرایند از بالا به پایین نگاه شود احتمالاً نوع کنترل عمل بر اثر آن متفاوت با نوع کنترل در حالت اجرای جسمانی است. اما اگر به آن به صورت یک فرایند از پایین به بالا نگاه شود آنگاه نوع کنترل رخ داده مشابه با حالت جسمانی است (هر دو فرایند از پایین به بالا در نظر گرفته می‌شوند). این در حالی است که نظریه‌های جدیدتر از یک دیدگاه دوگانه از بالا به پایین و از پایین به بالا برای مشاهده حمایت می‌کنند (۴۲). بر اساس این دیدگاه مشاهده یک فرایند دوسویه است که هم محرک محور است (از پایین به بالا- و بر همین اساس ممکن است باعث یادگیری مشابه با حالت جسمانی شود) و هم شناخت محور است (بر خلاف اجرای جسمانی از فرایندهای درونی سطح بالا تاثیر می‌پذیرد) (۴۲).

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی مدت زمان تثبیت بیشتر و تعداد تثبیت کمتری دارند. این نتایج همراستا با تحقیقات قبلی است که نشان دهنده کارایی بالاتر افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی در فرایند جست و جوی بینایی در یک صحنه رویداد می‌باشد (۴۳). افراد ماهر به دلیل تجربه بیشتر می‌توانند با تعداد تثبیت کمتری نقاط اطلاعاتی مربوط را پیدا نمایند به همین منظور نیازمند جستجوی کمتری در محیط هستند. اما این افراد به دلیل تجربه بیشتر و همچنین نیاز کمتر به جستجوی محیط زمان بیشتری برای استخراج اطلاعات محیط در اختیار دارند، که همین موضوع می‌تواند مدت زمان بیشتر تثبیت چشم را توجیه نماید (۴۳).

درمجموع یافته‌های این تحقیق نشان داد که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی دارای تغییرپذیری حرکتی کمتری هستند و این یافته‌ها بر اساس دیدگاه کنترل و یادگیری نیوول (۱۹۸۵) (۳۰) توجیه شد. همچنین نشان داده شد که دوره چشم ساکن در حالت اجرای واقعی و مشاهده با هم

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

متفاوت است که این نتایج بر اساس فرایندهای کنترلی متفاوت در حالت اجرای واقعی و مشاهده توجیه شد. به منظور تبیین ارتباط بین متغیرهای بازنمایی عمل، رفتارهای بینایی و هماهنگی حرکتی در افراد تازه‌کار و نخبه باید به بحث در زمینه سطوح کنترل حرکتی و هدایت توجه پرداخت. مشخص است که افراد با جهت‌دهی بینایی خود و اتخاذ رفتارهای بینایی مناسب سعی در معطوف کردن توجه به نشانه‌های مرتبط و اثرگذار بر کیفیت حرکات خود را دارند. لذا مشخص است که تنها طول دوره چشم آرام و تعداد تثبیت‌ها تعیین کننده کیفیت رفتارهای حرکتی افراد نیست و در واقع بررسی استراتژی‌های توجهی و نحوه اثرگذاری آن‌ها در این بحث سودمند خواهد بود. همانطور که نتایج تحقیق حاضر نیز حاکی از وجود بازنمایی‌های عمل متفاوت در افراد ماهر و مبتی است، باید اشاره داشت که اگرچه افراد تازه‌کار در اجرای مرحله به مرحله مهارت‌های حرکتی از تمرکز ارتباطی استفاده می‌کنند؛ اما افراد خبره، سطح کنترل بسیار متفاوتی دارند و می‌توانند مهارت‌های پیچیده‌تر را در قالب یک واحد پیوسته یا برنامه حرکتی اجرا کنند. مثلاً بازیکن خبره والیبال شاید برای زدن سرویس قدرتی، برنامه حرکتی کاملاً پیچیده‌ای داشته باشد. ورزشکار خبره می‌تواند بر زدن سرویس در این سطح نسبتاً انتزاعی در حین اجرای حرکت تمرکز کند، بدون این که به جزئیات حرکت توجهی داشته باشد. درمقابل برای فرد تازه‌کار، زدن سرویس قدرتی از لحاظ محاسباتی بی‌معنا است، زیرا نمی‌تواند مهارت حرکتی خود را در سطح شناختی نشان دهد (۴۴، ۴۵). در نتیجه، هنگامی که ورزشکاران خبره، تمرکز ارتباطی را در اجرای مرحله به مرحله مهارت اتخاذ می‌کنند علاوه بر تغییر رفتار بینای خود شاید با اتخاذ سبک کنترل آشکار که منجر به اجرای ضعیف‌تر می‌شود مهارت را اجرا کند. لازم به ذکر است که توجه آشکار و پنهان نمی‌توانند مستقل از هم باشند و حفظ توجه آشکار مانع از معطوف شدن توجه پنهان به اجرای مهارت می‌شود (یعنی تمرکز بر کنترل نگاه می‌تواند شما را از تمرکز صریح بر کنترل حرکات باز دارد). برای مثال آموزش حفظ توجه آشکار می‌تواند قابلیت حفظ توجه را افزایش دهد (۴۶) که ممکن است تا حدی به این دلیل باشد که مداخلات توجه آشکار می‌تواند تاثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر عملکرد داشته باشد؛ به این معنی که اطمینان از متمرکز بودن اجراکننده بر اطلاعات بیشتر مرتبط با هدف برای مدت زمان طولانی می‌تواند از طریق هدایت عمل با استفاده از اطلاعات حسی با کیفیت‌تر و مفیدتر تاثیر مستقیم بر عملکرد بگذارد (۴۷)، که این اطمینان از تمرکز به اطلاعات مرتبط از طریق رفتار خیرگی مناسب قابل دستیابی است. بنابراین بخوبی روشن است که علاوه بر بررسی تفاوت‌های رفتاری در رفتارهای جستجوی بینایی و کینماتیک حرکت کشف ارتباط نهفته بین این متغیرها بسیار سودمند خواهد بود و بررسی مکانیسم‌های اثرگذاری رفتارهای خیرگی متفاوت بر کینماتیک

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

حرکات از طریق اصلاحات توجهی آشکار و پنهانی که درپی الگوهای خیرگی به وجود می‌آید بسیار حائز اهمیت است و به تکمیل اطلاعات علمی در این زمینه کمک خواهد کرد.

منابع

1. Bandura A. Social learning theory. Prentice-hall; 1977.
2. Jeannerod, M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. Neuroimage. 2001;14: S103-9.
3. Schack T. The cognitive architecture of complex movement. International journal of sport and exercise psychology. 2004 Jan 1;2(4):403-38.
4. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. Annu. Rev. Neurosci. 2004 Jul 21; 27:169-92.
5. Wolpert DM, Doya K, Kawato M. A unifying computational framework for motor control and social interaction. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 2003 Mar 29;358(1431):593-602.
6. Bird G, Osman M, Saggerson A, Heyes C. Sequence learning by action, observation and action observation. British journal of psychology. 2005 Aug;96(3):371-88.
7. Wong L, Manson GA, Tremblay L, Welsh TN. On the relationship between the execution, perception, and imagination of action. Behavioural brain research. 2013 Nov 15; 257:242-52.
8. McCormick SA, Causer J, Holmes PS. Active vision during action execution, observation and imagery: evidence for shared motor representations. PLoS One. 2013 Jun 25;8(6): e67761.
9. Kelly SW, Burton AM, Riedel B, Lynch E. Sequence learning by action and observation: Evidence for separate mechanisms. British journal of psychology. 2003 Aug;94(3):355-72.
10. Hayes SJ, Andrew M, Elliott D, Roberts JW, Bennett SJ. Dissociable contributions of motor-execution and action-observation to intermanual transfer. Neuroscience Letters. 2012 Jan 11;506(2):346-50.
11. Ong NT, Larssen BC, Hodges NJ. In the absence of physical practice, observation and imagery do not result in updating of internal models for aiming. Experimental brain research. 2012 Apr 1;218(1):9-19.
12. Ghamari A, Sohrabi M, Kakhki AS. Effects of Physical and Observational Practice on Intermanual Transfer. Advances in Cognitive Psychology. 2019;15(1):21.
13. McCormick SA, Causer J, Holmes PS. Active vision during action execution, observation and imagery: evidence for shared motor representations. PLoS One. 2013 Jun 25;8(6): e67761.
14. Kim T, Frank C, Schack T. A systematic investigation of the effect of action observation training and motor imagery training on the development of mental representation structure and skill performance. Frontiers in human neuroscience. 2017 Oct 17; 11:499.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

15. Davids K, Bennett S, Newell KM. Movement system variability. Human kinetics; 2006.
16. Ranganathan R, Newell KM. Changing up the routine: intervention-induced variability in motor learning. Exercise and sport sciences reviews. 2013 Jan 1;41(1):64-70.
17. Busquets A, Marina M, Davids K, Angulo-Barroso R. Differing roles of functional movement variability as experience increases in gymnastics. Journal of sports science & medicine. 2016 Jun;15(2):268.
18. Chow JY, Davids K, Button C, Koh M. Coordination changes in a discrete multi-articular action as a function of practice. Acta psychologica. 2008 Jan 1;127(1):163-76.
19. Wilson C, Simpson SE, Van Emmerik RE, Hamill J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. Sports biomechanics. 2008 Jan 1;7(1):2-9.
20. Vickers JN. Visual control when aiming at a far target. Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance. 1996 Apr;22(2):342.
21. Perez LM, Mendez RP, Manzano JA, Collado NR. Analysis of the visual behavior of taekwondists of different skills level. Revista Mexicana de Psicologia. 2013 Jan;30(1):32-40.
22. Murray NP, Hunfalvay M. A comparison of visual search strategies of elite and non-elite tennis players through cluster analysis. Journal of sports sciences. 2017 Feb 1;35(3):241-6.
23. Chia JS, Burns SF, Barrett LA, Chow JY. Increased complexities in visual search behavior in skilled players for a self-paced aiming task. Frontiers in psychology. 2017 Jun 14; 8:987.
24. Robins M, Davids K, Bartlett R, Wheat JS. Effects of attentional strategies, task expertise and anxiety on coordination of a discrete multi-articular action. InISBS-Conference Proceedings Archive 2007 Dec 12.
25. Sidaway B, Heise G, SchoenfelderZohdi B. Quantifying the variability of angle-angle plots. Journal of Human Movement Studies. 1995 Jan 1;29(4):181-97.
26. Lee MH, Newell KM. Visual feedback of hand trajectory and the development of infant prehension. Infant Behavior and Development. 2012 Apr 1;35(2):273-9.
27. Schmidt RA, Zelaznik H, Hawkins B, Frank JS, Quinn Jr JT. Motor-output variability: a theory for the accuracy of rapid motor acts. Psychological review. 1979 Sep;86(5):415.
28. Sherwood DE. Effect of bandwidth knowledge of results on movement consistency. Perceptual and Motor Skills. 1988 Apr;66(2):535-42.
29. Sherwood DE, Schmidt RA. The relationship between force and force variability in minimal and near-maximal static and dynamic contractions. Journal of Motor Behavior. 1980 Mar 1;12(1):75-89.
30. Newell, K.M. (1985). Coordination, control, and skill. In D. Goodman, R.B. Wilberg, & I.M. Franks (Eds.), Differing perspectives in motor learning, memory, and control. Amsterdam: Elsevier.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

31. Broderick MP, Newell KM. Coordination patterns in ball bouncing as a function of skill. Journal of motor behavior. 1999 Jun 1;31(2):165-88.
32. Button C, Macleod M, Sanders R, Coleman S. Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. Research quarterly for exercise and sport. 2003 Sep 1;74(3):257-69.
33. Latash ML. Fundamentals of motor control. Academic Press; 2012 Jul 16.
34. Schorer J, Baker J, Fath F, Jaitner T. Identification of interindividual and intraindividual movement patterns in handball players of varying expertise levels. Journal of Motor Behavior. 2007 Sep 1;39(5):409-21.
35. Fleisig G, Chu Y, Weber A, Andrews J. Variability in baseball pitching biomechanics among various levels of competition. Sports Biomechanics. 2009 Mar 1;8(1):10-21.
36. Flanagan JR, Johansson RS. Action plans used in action observation. Nature. 2003 Aug;424(6950):769-71.
37. Mattar AA, Gribble PL. Motor learning by observing. Neuron. 2005 Apr 7;46(1):153-60.
38. Gruetzmacher N, Panzer S, Blandin Y, Shea CH. Observation and physical practice: Coding of simple motor sequences. Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2011 Jun;64(6):1111-23.
39. Ellenbuerger T, Boutin A, Blandin Y, Shea CH, Panzer S. Scheduling observational and physical practice: Influence on the coding of simple motor sequences. Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2012 Jul;65(7):1260-73.
40. Bandura A. Social foundations of thought and action. Englewood Cliffs, NJ. 1986;1986:23-8.
41. Gibson JJ. The ecological approach to visual perception: classic edition. Psychology Press; 2014 Nov 20.
42. Roberts JW, Bennett SJ, Elliott D, Hayes SJ. Top-down and bottom-up processes during observation: Implications for motor learning. European journal of sport science. 2014 Jan 1;14(sup1):S250-6.
43. Afonso J, Mesquita I. Skill-based differences in visual search behaviours and verbal reports in a representative film-based task in volleyball. International Journal of Performance Analysis in Sport. 2013 Dec 1;13(3):669-77.
44. Schack T, Frank C. Mental Representation and the Cognitive Architecture of Skilled Action. Review of Philosophy and Psychology. 2020 Jul 20:1-20.
45. Schack T, Mechsner F. Representation of motor skills in human long-term memory. Neuroscience letters. 2006 Jan 2;391(3):77-81.
46. Vine SJ, Wilson MR. The influence of quiet eye training and pressure on attention and visuo-motor control. Acta psychologica. 2011 Mar 1;136(3):340-6.
47. Land MF. Vision, eye movements, and natural behavior. Visual neuroscience. 2009;26(1):51.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

استناد به مقاله

رفیعی صالح، فاضلی داوود، ریاحی جواد، اسدی ایوب. بررسی تشابه بازنمایی عمل در اجرای واقعی و مشاهده پرتاب آزاد بسکتبال در افراد ماهر و مبتدی: مطالعه کینماتیک و الگوی حرکات چشم. رفتار حرکتی. زمستان ۱۴۰۰؛ ۱۳(۴۶): ۴۴-۱۷. شناسۀ دیجیتال: 10.22089/MBJ.2021.9639.1925

Rafiee S, Fazeli D, Riyahi J, Asadi A. Investigating the Similarity of Action Representation in Real Performance and Observing Basketball Free Throw in Skilled and Beginners: Kinematic and Eye Movement Pattern Study. Motor Behavior. Winter 2022; 13 (46): 17-44. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2021.9639.1925

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen