



Article Type: Research

Comparison of Gaze Behavior Between Athletes and Non-Athletes During a Dynamic Visual Task

Fatemeh Moradi¹, Farshid Tahmasbi*¹, Farzaneh Hatami¹

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

Received: 20/09/2025, **Accepted:** 30/01/2026, **Published:** 30/07/2026

* Corresponding Author: E-mail: f.tahmasbi@sru.ac.ir

How to Cite: Moradi F, Tahmasbi F, Hatami F. Comparison of Gaze Behavior Between Athletes and Non-Athletes During a Dynamic Visual Task. Motor Behavior. 2026; 18(65): 84-98. [In Persian]. <https://doi.org/10.22089/mbj.2026.18477.2237>.

Extended Abstract

Background and Purpose

In the past two decades, mechanisms underlying athletic expertise have garnered increasing attention from researchers. Elite sports performance relies not only on physical abilities but also on efficient visual information processing and rapid decision-making. Visual search strategies, involving eye movements such as fixations and saccades, enable athletes to anticipate and respond to dynamic environmental cues. Previous research has shown differences in gaze behavior between athletes and non-athletes. Most studies have focused on real-game situations, making it difficult to separate the effects of general sports experience from task-specific knowledge. To address this research gap, dynamic, standardized, non-sport-specific visual tasks can be used to examine fundamental gaze behavior under controlled conditions. Therefore, the purpose of this study was to compare key gaze behavior indices, including the number of fixations, the number of saccades, and fixation duration, between athlete and non-athlete students during a controlled dynamic visual tracking task using eye-tracking technology.

Methods

This study, adhering to ethical research guidelines, utilized a causal-comparative design to compare visual search indices (number of fixations, saccades, and fixation duration) between athletes and non-athletes. The sample included 89 students, with 45 athletes and 44 non-athletes, selected through convenience sampling. In an orientation session, the purpose and procedures of the study were explained. Demographic data (age, gender, type of sport) were collected via questionnaire.



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

Visual acuity was verified using a Snellen chart, ensuring normal vision for all participants. Eye movements were recorded using the EyeLink 1000 Plus device at a sampling rate of 500 Hz. Participants were seated 70 cm from the display, with chins stabilized to minimize head movement. A 25-mm lens camera was positioned 45 cm away. The research protocol was designed using Experiment Builder in three stages: first, a 9-point calibration, followed by validation, and then a 20-second dynamic visual task, which was created in Blender 4.3.2. The task involved a point-shaped visual target with an angular size of 0.775 degrees, moving horizontally in a regular triangular wave pattern at five velocities (20–100 degrees/second). Participants tracked the target without prior training, and the eye-tracking task took less than five minutes for each individual. Eye-tracking data were analyzed using DataViewer software. Fixations (threshold: 100–700 ms) and saccades (minimum angular velocity: 30 degrees/second) were extracted, with blinks and incomplete data excluded. Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test, and variance homogeneity was evaluated with Levene's test. Independent t-tests were applied for normally distributed data, and Mann–Whitney U tests for non-normally distributed data. All statistical analyses were conducted in SPSS 26 with a significance level of 0.05.

Results

This study investigated visual search indices (fixations, saccades, fixation duration) in 89 students (45 athletes, 44 non-athletes) during dynamic visual tracking. Athlete (21.78 ± 1.56 years) and non-athlete (21.43 ± 1.95 years) groups were similarly aged; among athletes, 64.4% participated in ball sports and 35.6% in non-ball sports. Athletes exhibited fewer saccades ($M = 22.63$ vs. 28.36) and fixations ($M = 13.57$ vs. 18.25) than non-athletes; fixation duration was slightly shorter in athletes (344.25 ms vs. 352.01 ms). Shapiro–Wilk tests indicated normality in non-athletes for all variables ($p \geq 0.05$), whereas athletes showed non-normal distributions for saccade ($p = 0.017$) and fixation counts ($p = 0.015$), though fixation duration was normal ($p = 0.448$). Accordingly, Mann–Whitney U tests revealed significantly fewer saccades ($p = 0.003$) and fixations ($p = 0.002$) in athletes (mean ranks: 36.83 and 36.80) versus non-athletes (53.35 and 53.39). An independent t-test with corrected variance ($F = 4.898$, $p = 0.030$) showed no significant difference in fixation duration ($t = 0.697$, $p = 0.488$). Heatmaps weighted by fixation count revealed athletes displayed more uniform, targeted gaze patterns focused on direction-change points with fewer fixations on straight segments (40 – 100° /s), whereas non-athletes showed dispersed gaze across the entire path, indicating athletes' superior motion tracking and prediction. Supplemental analysis comparing ball versus non-ball sport athletes found non-significant differences in saccades ($p = 0.176$), fixations ($p = 0.213$), and fixation duration ($p = 0.052$), though ball-sport athletes showed numerically higher saccade and fixation counts. These patterns may reflect sport-type-specific visual strategies requiring further investigation.

Conclusion

This study compared gaze behavior between athletes and non-athletes during dynamic visual tracking. Athletes executed significantly fewer saccades and fixations than non-athletes, whose more dispersed eye movements reflected less efficient visual search. Fixation duration did not differ between groups, likely due to the task's simplicity reducing the need for gaze adjustments. These findings indicate that gaze differences reflect distinct visual strategies rather than performance disparities. Exploratory analysis revealed no significant differences between ball and non-ball sport athletes in saccades, fixations, or fixation duration, warranting further investigation. Results demonstrate that group differences in gaze behavior emerge even in simplified, non-sport-specific tasks, supporting controlled dynamic paradigms for examining eye movement tendencies. Future

research should complement these basic assessments with complex, sport-realistic tasks to comprehensively understand visual strategies.

Keywords: Eye Tracking, Gaze Behavior, Fixation, Saccade, Athlete

Article Message

This study shows that athletes and non-athletes differ in their eye movement patterns even during a simple, non-sport tracking task, with athletes making fewer saccades and fixations. The findings of this study emphasize the effectiveness of controlled dynamic visual tasks in identifying visual search strategies and provide a methodological framework for future research in this area.

Funding

This work has been financially supported by Shahid Rajaee Teacher Training University Fund under grant number 1404/379004.

Ethical Considerations

This research was conducted in accordance with research guidelines and adheres to all ethical principles.

Authors' Contributions

The authors have made equal contributions in the design, implementation, and writing of various sections of the research.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

We sincerely thank the Vice President for Research and Technology, especially the technical staff who collaborated in the eye tracking training and working with the device. We also thank all the participants for their time and participation.



مقایسه رفتار خیرگی بین ورزشکاران و غیرورزشکاران در طول یک تکلیف بصری پویا

فاطمه مرادی^۱ , فرشید طهماسبی^{۱*} , فرزانه حاتمی^۱ 

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۱۰

*نویسنده مسئول: فرشید طهماسبی Email: f.tahmasbi@sru.ac.ir

How to Cite: Moradi F, Tahmasbi F, Hatami F. Comparison of Gaze Behavior Between Athletes and Non-Athletes During a Dynamic Visual Task. Motor Behavior. 2026; 18(65): 84-98. [In Persian]. <https://doi.org/10.22089/mbj.2026.18477.2237>.

چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه رفتار خیرگی (تعداد تثبیت‌ها، تعداد ساکاداها و مدت‌زمان تثبیت) در دانشجویان ورزشکار و غیرورزشکار طی یک تکلیف بصری پویا انجام شد. روش پژوهش علی-مقایسه‌ای بود. تعداد ۸۹ دانشجوی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی (۴۵ ورزشکار و ۴۴ غیرورزشکار) با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۶ سال به صورت دردسترس در این پژوهش شرکت کردند. شرکت‌کنندگان یک هدف بصری متحرک ۲۰ ثانیه‌ای را با پنج سطح سرعت مختلف (۲۰ تا ۱۰۰ درجه بر ثانیه) که شامل حرکات موج‌مانند مثلثی منظم در راستای افقی بود، مشاهده کردند. حرکات چشمی با استفاده از دستگاه EyeLink 1000 Plus ثبت و داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار DataViewer تحلیل شد. برای مقایسه بین دو گروه، از آزمون تی مستقل برای داده‌های دارای توزیع نرمال و آزمون یو-من-ویتنی برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد. تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت. نتایج نشان داد که تعداد ساکاداها ($p=0/003$) و تعداد تثبیت‌ها ($p=0/002$) در گروه غیرورزشکار به طور معناداری بیشتر از گروه ورزشکار بود؛ در حالی که در مدت‌زمان تثبیت تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($p=0/488$). این یافته‌ها حاکی از تفاوت در الگوهای رفتار خیرگی ورزشکاران و غیرورزشکاران در طول ردیابی یک محرک بصری پویا و کنترل‌شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند در توسعه و استانداردسازی تکالیف بصری پویا در محیط‌های آزمایشگاهی و طراحی ارزیابی‌های دقیق‌تر مبتنی بر ردیابی چشم برای بررسی الگوهای توجه بصری استفاده شود و زمینه را برای مقایسه منسجم‌تر یافته‌های پژوهش‌های آتی فراهم کند.

واژگان کلیدی: ردیابی چشم، رفتار خیرگی، تثبیت، ساکاد، ورزشکار.



مقدمه

در بسیاری از رشته‌های ورزشی، آنچه یک ورزشکار خبره را از دیگران متمایز می‌کند، صرفاً سرعت یا توانایی جسمانی او نیست، بلکه مهارت او در پردازش اطلاعات ادراکی و تصمیم‌گیری سریع و دقیق در لحظات کلیدی نیز است. یکی از این مهارت‌های حیاتی در این زمینه، اجرای حرکات رهگیری^۱ است که مستلزم شناسایی نشانه‌های بصری مهم، انتخاب واکنش مناسب و اجرای بهینه آن در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. این فرایند پیچیده نشان می‌دهد که پردازش اطلاعات بصری، زیربنای بسیاری از مهارت‌های حرکتی پیشرفته در ورزش به‌شمار می‌آید (۱). ادراک بصری^۲ و پردازش کارآمد اطلاعات بینایی، همراه با مهارت‌های حرکتی، نقش کلیدی در عملکرد برتر ورزشی دارد (۲)؛ با این حال، مهارت‌های بصری لازم برای موفقیت در ورزش تنها به حدت بینایی محدود نمی‌شود، بلکه استفاده مناسب از اطلاعات بصری و قضاوت به‌موقع در سرعت، فاصله و ویژگی‌های اشیاء، عاملی تعیین‌کننده در بهبود عملکرد ورزشی است. درواقع، حتی استقامت جسمی زیاد، زمان واکنش سریع، سرعت و چابکی نیز نمی‌توانند کمبودهای ناشی از پردازش نادرست اطلاعات بصری را جبران کنند (۳). پردازش اطلاعات بصری که زیربنای بسیاری از مهارت‌های حرکتی پیشرفته در ورزش است، از نظر عصبی از قشر بینایی اولیه^۳ واقع در لوب پس سری آغاز می‌شود و سپس از طریق دو مسیر شکمی^۴ (مرتبط با شناسایی اشیاء) و پشتی^۵ (مرتبط با مکان و حرکت اشیاء) ادامه می‌یابد (۴). خروجی این دو مسیر با شبکه‌های توجهی مغز (به‌ویژه در نواحی آهیانه‌ای و پیشانی) در تعامل قرار می‌گیرد و بدین‌ترتیب زمینه عصبی لازم برای هدایت نگاه و تولید حرکات هدفمند چشم فراهم می‌شود. در این چارچوب، حرکات چشم بازتابی از فرایندهای عصبی انتخاب، اولویت‌بندی و استخراج اطلاعات بصری از محیط است (۵). در سال‌های اخیر، فناوری ردیابی چشم^۶ به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای مطالعه فرایندهای شناختی و الگوهای توجه در ورزشکاران استفاده شده است. این فناوری امکان تحلیل دقیق چگونگی پردازش اطلاعات بصری، رفتار خیرگی^۷ و تأثیر آن بر یادگیری و ادراک را فراهم می‌کند (۶). در حوزه ورزش، ردیابی چشم کاربردهای گسترده‌ای دارد و می‌تواند با ثبت و تحلیل حرکات چشمی از جمله تثبیت‌ها^۸ و ساکادها^۹ الگوهای توجه و پردازش اطلاعات ورزشکاران را آشکار کند (۷). رفتار جستجوی بینایی بازیکنان ماهر ارتباط مستقیم با عملکرد حرکتی حریف دارد و نقش مهمی را در پیش‌بینی موفق بازی، ایفا می‌کند (۸). فرایند جستجوی بینایی شامل ترکیبی از تثبیت‌ها و ساکادها است. تثبیت‌ها به دوره‌هایی گفته می‌شود که در آن چشم روی یک نقطه خاص متمرکز می‌ماند تا اطلاعات ضروری را دریافت کند؛ در حالی که ساکادها حرکات سریع و پرشی چشم هستند که در کمتر از ۱۰۰ هزارم ثانیه، توجه بصری را بین نقاط مختلف جابه‌جا می‌کنند (۹). شروع به‌موقع و موفقیت‌آمیز واکنش‌های حرکتی در ورزش به توانایی چشم‌ها در شناسایی به‌موقع اطلاعات کلیدی در هنگام اجرای حرکات یا تصمیم‌گیری‌ها بستگی دارد (۱۰). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که ورزشکاران ماهر در مقایسه با ورزشکاران مبتدی، راهبردهای جستجوی بینایی کارآمدتری دارند و در تشخیص و فراخوانی الگوهای بازی،

1. Interceptive Actions

2. Visual Perception

۳Primary Visual Cortex

۴Ventral Stream

۵Dorsal Stream

6. Eye Tracking Tecknology

7. Gaze Behavior

8. Fixations

9. Saccades

سریع‌تر و دقیق‌تر عمل می‌کنند (۱۱). ورزشکاران ماهر عموماً تعداد تثبیت‌های کمتری دارند، اما مدت‌زمان هر تثبیت در آن‌ها طولانی‌تر از افراد مبتدی است (۱۲). این الگوی رفتاری نشان‌دهنده پردازش اطلاعات کارآمدتر و تمرکز بیشتر بر نواحی مرتبط با تکلیف است؛ در حالی که مبتدیان معمولاً دارای تعداد تثبیت‌های بیشتری با مدت‌زمان کوتاه‌تر هستند (۱۳)؛ با این حال، برخی مطالعات بیان کرده‌اند که این الگوی جستجوی بینایی می‌تواند به نوع تکلیف نیز وابسته باشد (۱۴). علاوه بر این، رفتار خیرگی ورزشکاران بیانگر استراتژی جستجوی مؤثری است که به آن‌ها کمک می‌کند اطلاعات مرتبط را از محیط استخراج کرده و از پردازش اطلاعات غیرضروری اجتناب کنند (۱۵).

تحقیقات بیشتر تحت شرایط آزمایشگاهی کنترل‌شده می‌تواند به نتایج دقیق‌تری منتهی شود؛ زیرا چنین شرایطی امکان ارزیابی معتبرتر تفاوت‌های رفتار خیرگی ورزشکاران را فراهم می‌آورد و مبنای مناسبی برای پژوهش‌های آینده ایجاد می‌کند (۱۶)؛ با این حال، مقایسه رفتار خیرگی بین ورزشکاران و غیرورزشکاران، به‌ویژه در بستر تکالیف بصری پویا و استاندارد، همچنان با ابهام همراه است. اگرچه پژوهش‌های متعددی تفاوت‌هایی را در راهبردهای جستجوی بینایی ورزشکاران نسبت به افراد غیرورزشکار گزارش کرده‌اند، مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌های اخیر نشان می‌دهند که شواهد تجربی در این زمینه همچنان ناهمسو، گاه متناقض و در بسیاری موارد غیرمعنادار است (۱۷). این ناسازگاری‌ها احتمالاً ناشی از تفاوت‌های روش‌شناختی ازجمله استفاده از تکالیف ورزشی ناهمگون، شرایط آزمایشگاهی مقایسه‌ناپذیر و عدم کنترل سیستماتیک سرعت و الگوی حرکت محرک‌ها است (۱۹، ۱۸). در همین راستا، پژوهش‌های اخیر تأکید دارند که تحلیل رفتار خیرگی در تکالیف بصری پویا، رویکردی نوظهور برای بررسی تفاوت‌های فردی در پاسخ به محرک‌های متحرک محسوب می‌شود (۱۹). بیشتر مطالعات پیشین یا بر تکالیف وابسته به ورزش تمرکز داشته‌اند یا به مقایسه ورزشکاران در سطوح مختلف پرداخته‌اند (۲۰)؛ این امر تفکیک اثر تجربه ورزشی کلی از ویژگی‌های خاص تکلیف و دانش رشته‌ای را با دشواری جدی مواجه کرده است. شواهد حاصل از مطالعات رهگیری اهداف متحرک نشان می‌دهد که تفاوت‌های مشاهده‌شده بین ورزشکاران و غیرورزشکاران می‌تواند به نوع تکلیف و ماهیت محرک‌ها وابسته باشد؛ به گونه‌ای که در برخی تکالیف، با وجود نبود تفاوت معنادار در دقت عملکرد، ورزشکاران الگوهای خیرگی هدف‌محورتری نشان می‌دهند (۲۱). این یافته‌ها این پرسش اساسی را مطرح می‌کند که آیا تفاوت‌های گزارش‌شده، بازتاب اثر تجربه ورزشی کلی در مواجهه با تکالیف بصری پویا است یا بیشتر به ویژگی‌های خاص تکلیف و ماهیت محرک‌ها وابسته است؟

از آنجاکه بسیاری از پژوهش‌های ردیابی چشم در ورزش بر موقعیت‌های بازی واقعی متمرکز بوده‌اند، برای شناسایی تفاوت‌های بنیادی در رفتار خیرگی، استفاده از تکالیف بصری پویا، ساده و کنترل‌شدنی ضروری است؛ تکالیفی که در آن‌ها الگوی حرکت و دامنه سرعت محرک به صورت دقیق استاندارد شده باشد. در این چارچوب، ردیابی یک هدف نقطه‌ای با الگوی حرکتی منظم و سرعت‌های کنترل‌شده، امکان بررسی خالص رفتار خیرگی را فراهم می‌کند، بدون آنکه نتایج تحت تأثیر تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی یا دانش رشته‌ای خاص قرار گیرد (۲۲)؛ بر این اساس، بررسی رفتار خیرگی در یک تکلیف بصری پویا، استاندارد و غیرورزشی، می‌تواند خلأ مهمی در ادبیات پژوهشی را پر کند؛ زیرا چنین تکلیفی امکان مقایسه مستقیم ورزشکاران و غیرورزشکاران را در شرایطی فراهم می‌آورد که اثرات ناشی از ویژگی‌های رشته ورزشی خاص کاهش می‌یابد. این مقایسه می‌تواند روشن کند که آیا تجربه ورزشی طولانی‌مدت با بروز الگوهای متمایز رفتار خیرگی در تکالیف غیرورزشی پویا همراه است یا خیر (۲۲، ۱۷)؛ بنابراین، هدف پژوهش حاضر، مقایسه رفتار خیرگی بین ورزشکاران و غیرورزشکاران در یک تکلیف بصری پویا و استاندارد بود. یافته‌های این مطالعه با برجسته‌کردن تفاوت‌های رفتار خیرگی بین ورزشکاران و غیرورزشکاران در تکالیف بصری پویا و استاندارد، بینش ارزشمندی برای طراحی و بهبود ارزیابی‌های دقیق‌تر

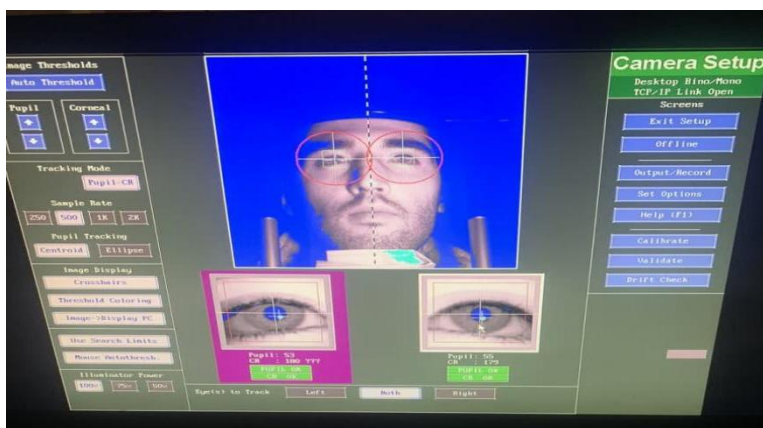
الگوهای توجه بصری مبتنی بر فناوری ردیابی چشم فراهم می‌آورد. افزون بر این، نتایج مطالعه حاضر می‌تواند در توسعه و استانداردسازی تکالیف بصری پویا در محیط‌های آزمایشگاهی استفاده شود و امکان مقایسه منسجم‌تر نتایج پژوهش‌های ردیابی چشم را فراهم کند.

روش پژوهش

این مطالعه براساس دستورالعمل‌های اخلاقی پژوهش انجام شد. فرم رضایت‌نامه کتبی و آگاهانه نیز از تمامی افراد اخذ شد. طرح تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش اجرا، از نوع علی-مقایسه‌ای بود. در این مطالعه رفتار خیرگی (شامل تعداد تثبیت‌های چشمی، ساکادها و مدت‌زمان تثبیت) در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار مقایسه شد. شرکت‌کنندگان پژوهش شامل ۸۹ دانشجوی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی بودند که به روش دردسترس انتخاب شدند، از این میان، ۴۵ نفر در گروه ورزشکار با حداقل پنج سال سابقه فعالیت ورزشی و شرکت در مسابقات و ۴۴ نفر در گروه غیرورزشکار با کمتر از دو جلسه فعالیت بدنی در هفته یا بدون سابقه ورزشی قرار گرفتند. ابتدا یک جلسه توجیهی برگزار شد که در آن اهمیت پژوهش و نحوه اجرای آزمون به شرکت‌کنندگان توضیح داده شد. از چارت اسنلن^۱ برای ارزیابی بینایی شرکت‌کنندگان استفاده شد و تمامی شرکت‌کنندگان از دید طبیعی یا نرمال برخوردار بودند. آزمایش در اتاقی با نور استاندارد انجام شد. هر آزمودنی به صورت انفرادی وارد اتاق آزمایش شد و پس از تکمیل پرسشنامه دموگرافیک که شامل اطلاعاتی راجع به سن، قد، وزن، سابقه ورزشی و نداشتن بیماری‌ها یا اختلالات چشمی بود، فرصتی برای آشنایی با دستگاه ردیابی چشم و دریافت توضیحات لازم درخصوص نحوه کار با آن داشت.

برای ثبت دقیق حرکات چشمی، از دستگاه پیشرفته EyeLink 1000 Plus استفاده شد که قابلیت ثبت داده‌ها با نرخ‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز را دارد. در این پژوهش، نرخ ۵۰۰ هرتز برای ثبت داده‌ها در نظر گرفته شد تا دقت مطلوبی در اندازه‌گیری حرکات چشمی حاصل شود (۲۳). شرکت‌کنندگان روی صندلی در فاصله ۷۰ سانتی‌متری از صفحه نمایش قرار گرفتند و چانه خود را روی پایه مخصوص قرار دادند تا از هرگونه حرکت ناخواسته سر جلوگیری شود. دوربین ردیاب چشم با لنز ۲۵ میلی‌متری نیز در فاصله ۴۵ سانتی‌متری از آن‌ها تنظیم شد (۲۴). پس از انجام تنظیمات اولیه در سه مرحله متوالی حرکات چشم ثبت شد: ابتدا کالیبراسیون ۹ نقطه‌ای برای تنظیم دقیق دستگاه اعمال گردید، سپس مرحله اعتبارسنجی برای اطمینان از دقت دستگاه در ثبت داده‌های چشم انجام شد و در مرحله آخر، ویدئوی آزمایش پخش شد و از افراد خواسته شد که محرک بصری را با حداکثر دقت دنبال کنند. هر دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار بدون هیچ‌گونه تمرین قبلی بررسی شدند و کل فرایند آزمایش برای هر آزمودنی کمتر از ۵ دقیقه به طول انجامید. محرک بصری استفاده‌شده در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Blender نسخه ۴،۳،۲ طراحی شد (۲۵). هدف بصری، یک نقطه با اندازه ۰/۷۷۵ درجه بود که به مدت ۲۰ ثانیه در امتداد یک مسیر موج مانند مثلثی منظم و با پنج سرعت متفاوت (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درجه بر ثانیه) به صورت افقی حرکت می‌کرد. سه مرحله آزمایش که پیش‌تر درباره آن توضیح داده شد (کالیبراسیون، اعتبارسنجی و پخش فیلم)، در نرم‌افزار Experiment Builder که یک محیط برنامه‌نویسی گرافیکی بصری است و از سیستم‌های ردیابی چشم EyeLink پشتیبانی می‌کند، طراحی شد (۲۶). از نرم‌افزار DataView برای تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌های ردیابی چشم جمع‌آوری‌شده توسط سیستم EyeLink استفاده شد. این نرم‌افزار امکان فیلتر

نویز و مشاهده خطوط زمانی تثبیت و ساکاد را ارائه می‌دهد. همچنین این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان داده‌ها را برای تجزیه و تحلیل بیشتر با استفاده از پایتون یا SPSS استخراج کرد (۲۷). پروتکل ردیابی چشم این پژوهش با اقتباس از مطالعه تاتارا و همکاران طراحی شد (۱۶). داده‌های ردیابی چشم با نرخ نمونه‌برداری ۵۰۰ هرتز جمع‌آوری شدند. پلک‌زدن‌ها و داده‌های ناقص حذف‌شده و تثبیت‌ها با آستانه ۱۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌ثانیه و ساکادها با سرعت زاویه‌ای حداقل ۳۰ درجه بر ثانیه، براساس استانداردهای رایج، تعریف شدند (۲۸). برای کاهش خطای متغیر و بهبود نسبت سیگنال به نویز، از میانگین داده‌های دو چشم (سیگنال ترکیبی) استفاده شد. براساس مطالعه هوگه^۱ و همکاران، این روش هنگامی که تفاوت بین داده‌های چشم چپ و راست بررسی نمی‌شود، خطای متغیر را کاهش می‌دهد (۲۹).



شکل ۱- نمایی از صفحه نمایش تنظیم دوربین

Figure1- A view of the EyeLink 1000 Plus camera setup screen

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آمار توصیفی و آمار استنباطی استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک^۲ و همگنی واریانس‌ها با آزمون لوین^۳ بررسی شد. برای مقایسه شاخص‌های جستجوی بینایی بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار، از آزمون تی مستقل برای داده‌های نرمال و آزمون یو-من-ویتنی برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

داده‌های جمع‌آوری‌شده از ۸۹ دانشجوی (۴۵ ورزشکار و ۴۴ غیرورزشکار) برای بررسی تفاوت‌های بین شاخص‌های جستجوی بینایی شامل تعداد ساکاد، تعداد تثبیت و مدت‌زمان تثبیت تحلیل شدند. با توجه به اطلاعات دموگرافیک نمونه، میانگین سنی ورزشکاران (21.78 ± 1.56 سال) و غیرورزشکاران (21.43 ± 1.95 سال) تقریباً مشابه بود و در گروه ورزشکاران $64/4$ درصد افراد در رشته‌های تویی و $35/6$ درصد در رشته‌های غیرتویی فعالیت داشتند.

۱. Hooge

۲. Shapiro-Wilk

۳. Levin

جدول ۱- آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

Table 1- Descriptive statistics of the research variables

متغیر Variable	گروه Group	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard Deviation
تعداد ساکاد Saccade Numbers	ورزشکار Athlete	22.63	9.15
	غیرورزشکار Non-Athlete	28.36	7.15
تعداد تثبیت Fixation Numbers	ورزشکار Athlete	13.57	7.73
	غیرورزشکار Non-Athlete	18.25	6.78
مدت زمان تثبیت Fixation Duration	ورزشکار Athlete	344.27	59.23
	غیرورزشکار Non-Athlete	352.01	44.81

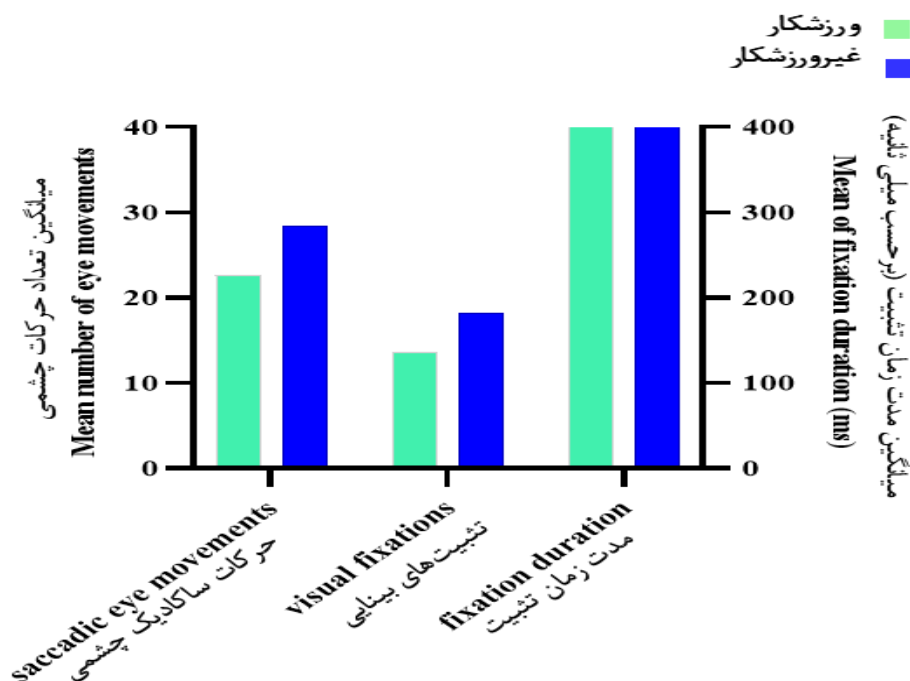
با توجه به جدول (۱) شاخص‌های جستجوی بینایی شامل میانگین تعداد ساکاد (۲۲/۶۳) در مقابل (۲۸/۳۶)، تعداد تثبیت (۱۳/۵۷) در مقابل (۱۸/۲۵) و مدت زمان تثبیت (۳۴۴/۲۷) در مقابل (۳۵۲/۰۱) در گروه ورزشکار دارای مقدار کمتری نسبت به گروه غیرورزشکار بودند.

قبل از تحلیل داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. با توجه به نتایج در گروه غیرورزشکار، تمامی متغیرها توزیع نرمال داشتند ($p \geq 0.05$). در گروه ورزشکار، تنها متغیر مدت زمان تثبیت توزیع نرمال داشت ($p = 0.0448$)، اما تعداد تثبیت ($p = 0.015$) و تعداد ساکاد ($p = 0.017$) دارای توزیع غیرنرمال بودند. همچنین نتایج آزمون لوین، ناهمگنی واریانس‌ها را در مدت زمان تثبیت نشان داد ($F = 4.898$, $p = 0.030$). با توجه به نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، برای مقایسه تعداد تثبیت و تعداد ساکاد بین دو گروه، به دلیل غیرنرمال بودن داده‌ها در گروه ورزشکار ($p < 0.05$)، از آزمون غیرپارامتریک یو-من-ویتنی استفاده شد. برای مقایسه مدت زمان تثبیت، به دلیل نرمال بودن داده‌ها در هر دو گروه ($p \geq 0.05$)، از آزمون پارامتریک تی مستقل با تصحیح واریانس نابرابر استفاده شد.

نتایج آزمون یو-من-ویتنی نشان داد که تفاوت معناداری بین ورزشکاران و غیرورزشکاران از نظر تعداد ساکاد وجود داشت ($U = 622.50$, $Z = -3.017$, $p = 0.003$). میانگین رتبه غیرورزشکاران (۵۳/۳۵) به طور درخور توجهی بیشتر از ورزشکاران (۳۶/۸۳) بود که نشان‌دهنده تعداد ساکاد بیشتر در گروه غیرورزشکار است. اندازه اثر بیانگر اثری متوسط بود ($r = 0.32$). همچنین آزمون یو-من-ویتنی تفاوت معناداری را در تعداد تثبیت بین دو گروه نشان داد ($Z = -3.029$, $p = 0.002$). میانگین رتبه غیرورزشکاران (۵۳/۳۹) نیز در این متغیر بیشتر از ورزشکاران (۳۶/۸۰) بود که نشان‌دهنده تعداد تثبیت بیشتر در این گروه است. اندازه اثر نیز متوسط ارزیابی شد ($r = 0.32$).

رفتار حرکتی، پاییز ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۶۵

از آزمون تی مستقل با فرض نابرابری واریانس‌ها استفاده شد. تفاوت معناداری بین دو گروه از نظر مدت زمان تثبیت مشاهده نشد ($t=0/697$, $d=0/15$, $p=0/488$). میانگین مدت زمان تثبیت در غیرورزشکاران ($352/01 \pm 44/81$ میلی ثانیه) بیشتر از ورزشکاران ($344/27 \pm 59/23$ میلی ثانیه) بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود ($p \geq 0/05$). یافته‌های مذکور در شکل (۲) ارائه شده است.



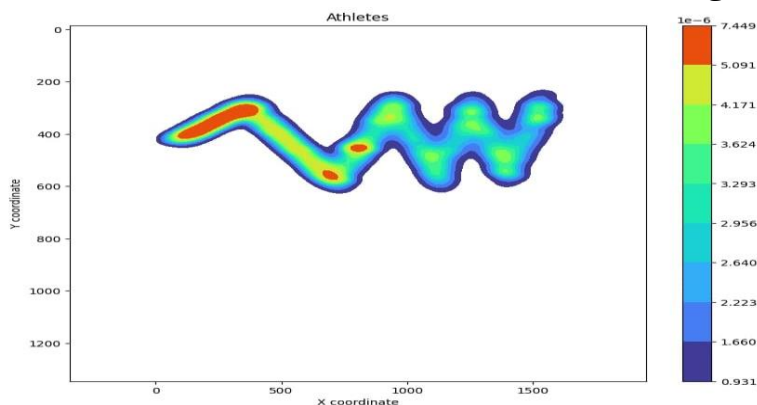
شکل ۲- مقایسه شاخص‌های حرکات چشمی بین ورزشکاران و غیرورزشکاران

Figure 2- Comparison of eye movements indices between athletes and non-athletes

نقشه‌های حرارتی چگالی تثبیت‌ها با استفاده از روش تخمین چگالی کرنل^۱ و وزن‌دهی براساس تعداد تثبیت‌ها ترسیم شدند و مقادیر برای هر شرکت‌کننده براساس میانگین داده‌های هر دو چشم محاسبه شد (شکل‌های ۳ و ۴). رنگ قرمز نواحی با بیشترین تراکم تثبیت و رنگ آبی نواحی با کمترین تراکم را نشان می‌دهد (۳۰). هر دو گروه بیشترین تراکم تثبیت را در نقاط تغییر جهت مسیر موج‌مانند، به‌ویژه در ابتدای مسیر و قوس‌های بزرگ، نشان دادند که احتمالاً برای درک کلی مسیر و پیش‌بینی حرکت هدف، ضروری است. تثبیت‌ها در میانه و انتهای مسیر به‌صورت خوشه‌ای در نواحی تغییر جهت متمرکز بودند؛ در حالی که بخش‌های مستقیم تراکم کمتری داشتند. این الگو در سرعت‌های پایین (۲۰ درجه بر ثانیه) گسترده‌تر و در سرعت‌های بالا (۶۰ تا ۱۰۰ درجه بر ثانیه) متمرکزتر بود. ورزشکاران الگوی تثبیت یکنواخت‌تر و هدفمندتری با تثبیت‌های کمتر در بخش‌های مستقیم و انتقال سریع‌تر نگاه به نقاط تغییر جهت نشان دادند. درمقابل، غیرورزشکاران

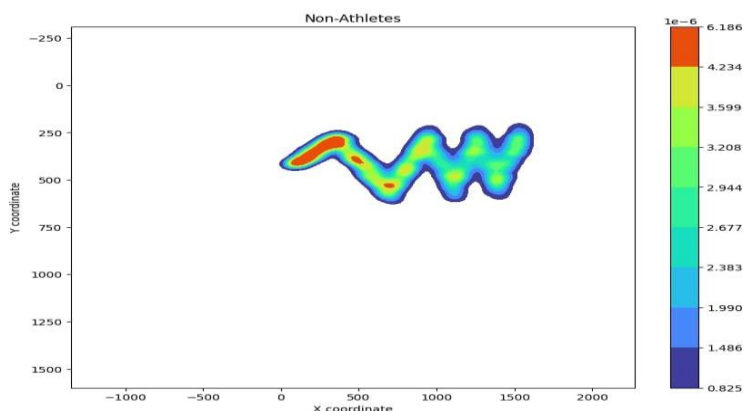
1. Kernel Density Estimation (KDE)

پراکندگی بیشتری در کل مسیر بویژه در سرعت‌های متوسط و بالا داشتند. این تفاوت نشان‌دهنده توانایی بیشتر ورزشکاران در ردیابی دقیق و پیش‌بینی مسیر هدف است.



شکل ۳- نقشه حرارتی چگالی تثبیت‌ها با استفاده از تخمین چگالی کرنل گروه ورزشکاران

Figure 3- Fixation density heatmap using Kernel Density Estimation (KDE) in athletes



شکل ۴- نقشه حرارتی چگالی تثبیت‌ها با استفاده از تخمین چگالی کرنل گروه غیرورزشکاران

Figure 4- Fixation density heatmap using Kernel Density Estimation (KDE) in non-athletes

علاوه بر تحلیل‌های اصلی، یک تحلیل تکمیلی روی گروه ورزشکاران انجام شد. ورزشکاران براساس نوع رشته به دو گروه توپی (۶۴/۴ درصد) و غیرتوپی (۳۵/۶ درصد) تقسیم شدند. نتایج آزمون یو-من-ویننی نشان داد که بین دو گروه در تعداد ساکادها ($p=0/176$) و تعداد تثبیت‌ها ($p=0/213$) تفاوت معناداری وجود نداشت و میانگین رتبه در ورزشکاران توپی بیشتر از غیرتوپی بود. درمقابل، میانگین مدت‌زمان تثبیت در ورزشکاران غیرتوپی بیشتر از ورزشکاران توپی بود که از نظر آماری معنادار نبود ($p=0/052$).

بحث و نتیجه‌گیری

رفتار حرکتی، پاییز ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۶۵

این مطالعه تفاوت‌های رفتار خیرگی (تعداد ساکادها، تعداد تثبیت‌ها، و مدت‌زمان تثبیت) را بین ورزشکاران و غیرورزشکاران در یک تکلیف ردیابی پویا مقایسه کرد. نتایج نشان داد که تعداد ساکادها و تثبیت‌ها در غیرورزشکاران به طور معناداری بیشتر از ورزشکاران بود، اما مدت‌زمان تثبیت تفاوت معناداری نداشت. یافته‌های حاضر با نتایج پژوهش پیراس و همکاران همخوانی دارد. در پژوهش آن‌ها، ورزشکاران حرفه‌ای والیبال در مقایسه با افراد غیرورزشکار، تعداد تثبیت‌های کمتری انجام دادند و توجه دیداری خود را عمدتاً به نواحی اطلاعاتی مرتبط با تکلیف ازجمله مسیر اولیه پاس و دست‌های پاسور معطوف می‌کردند؛ در حالی که افراد غیرورزشکار مسیر کامل حرکت توپ را دنبال می‌کردند. این الگوی رفتاری نشان می‌دهد که تجربه ورزشی با کاهش تعداد حرکات چشمی و تمرکز بیشتر روی نواحی کلیدی همراه است (۳۱). به طور مشابه، ژانگ^۱ و همکاران نیز گزارش کردند که تجربه ورزشی با بهینه‌سازی الگوهای حرکات چشمی و کاهش تعداد ساکادها همراه است (۳۲). در همین راستا، استیرکوویتس^۲ و همکاران در مطالعه‌ای با مقایسه ورزشکاران هندبال و غیرورزشکاران در تکلیف ردیابی چند شیء نشان دادند که تفاوت معناداری در دقت عملکرد بین دو گروه مشاهده نشد، اما الگوهای حرکات چشمی ورزشکاران به طور مشخص هدف‌محورتر و کارآمدتر بود (۲۱). درمجموع، یافته‌های پژوهش حاضر در کنار شواهد موجود حاکی از آن است که تفاوت‌های رفتار خیرگی بین ورزشکاران و غیرورزشکاران در تکلیف پویا، بیش از آنکه به تفاوت در عملکرد نهایی مربوط باشد، بازتاب الگوهای متفاوت جستجوی بینایی است. هرچند در این پژوهش هیچ شاخص عصبی مستقیمی ثبت نشده است، الگوی مشاهده‌شده در رفتار خیرگی به‌ویژه کاهش تعداد ساکادها و تثبیت‌ها در ورزشکاران، می‌تواند به طور غیرمستقیم بازتاب کارآمدتر بودن شبکه آهیانه‌ای-پیشانی^۳ مغز باشد. شواهد نشان می‌دهند که این شبکه با ایجاد نقشه اولویت^۴ در میدان بینایی، تعیین می‌کند که حرکات چشم به کجا و چه زمانی هدایت شوند؛ بنابراین تفاوت‌های مشاهده‌شده در تعداد ساکادها و تثبیت‌ها احتمالاً بازتاب کارآمدی بیشتر این شبکه در هدایت هدف‌محور چشم در تکالیف بصری پویا است (۵).

نبود تفاوت معنادار در مدت‌زمان تثبیت احتمالاً ناشی از ماهیت ساده و قابل‌پیش‌بینی تکلیف ردیابی چشم است که به کاهش بار شناختی و محدود کردن عوامل مداخله‌گر کمک می‌کند و امکان بررسی مؤلفه‌های پایه‌ای رفتار خیرگی را فراهم می‌کند (۲۲، ۱۶). در این شرایط به تنظیم انعطاف‌پذیر مدت‌زمان تثبیت که عمدتاً در موقعیت‌های پیچیده یا پرتنش دیده می‌شود، نیازی نیست (۲۲)؛ بنابراین، این نتیجه به جای آنکه با یافته‌های واقعی‌تر تناقض داشته باشد، می‌تواند بازتاب‌دهنده انعطاف‌پذیری استراتژی‌های بینایی در پاسخ به شرایط تکلیف باشد. شواهد نشان می‌دهند که الگوهای جستجوی بینایی به ویژگی‌های تکلیف و پیچیدگی محیط وابسته‌اند و بسته به شرایط، استراتژی‌های جستجو می‌توانند تغییر کنند (۱۴، ۱۳).

تحلیل تکمیلی تفاوت معناداری را بین ورزشکاران توپی و غیرتوپی در تعداد ساکادها، تثبیت‌ها و نیز مدت‌زمان تثبیت نشان داد. این نتیجه ممکن است به تفاوت‌های ذاتی در الگوهای جستجوی بینایی بین رشته‌های ورزشی اشاره داشته باشد و به بررسی بیشتر نیاز است. وگنر^۵ و همکاران نیز بیان کردند که تفاوت‌های فردی در پردازش بصری، مانند توانایی‌های شناختی، می‌تواند بر عملکرد جستجوی بینایی تأثیر بگذارد (۳۳). همچنین راینهارت و وودمن^۶ (۲۰۱۵) نشان دادند که

^۱ Zhang

^۲ Styrkowiec

^۳ The ParietoFrontal Network

^۴ Priority Map

^۵ Wagner

^۶ Reinhart & Woodman

کارایی جستجوی بینایی به بازنمایی‌های حافظه بلندمدت وابسته است که در ورزشکاران این مطالعه به دلیل تجربه ورزشی تقویت شده بود (۳۴).

جامعه آماری مطالعه حاضر محدود به دانشجویان دانشگاه شهید رجایی بود که تعمیم‌پذیری نتایج به سایر گروه‌های سنی، ورزشکاران حرفه‌ای یا جمعیت‌های غیردانشجویی را با احتیاط همراه می‌کند. همچنین اجرانشدن مرحله تمرینی پیش از تکلیف اصلی ممکن است بر دقت ثبت حرکات چشمی، به‌ویژه در غیرورزشکاران، تأثیر گذاشته باشد. کنترل نشدن متغیرهایی مانند سطح انگیزش، اضطراب، وضعیت روانی، سن، جنسیت و توانایی‌های شناختی آزمودنی‌ها و همچنین تأثیر عوامل محیطی مانند خستگی یا حواس‌پرتی، ممکن است بر دقت عملکرد و داده‌های حاصل اثر گذاشته باشد. برای رفع این محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده از جامعه‌های آماری گسترده‌تر و متنوع‌تری استفاده کنند تا امکان تعمیم‌پذیری نتایج افزایش یابد و هم‌زمان، متغیرهای مؤثر بر پژوهش به طور دقیق‌تری کنترل شوند. همچنین توصیه می‌شود که در کنار حفظ تکالیف کنترل‌شده برای بررسی مؤلفه‌های پایه‌ای رفتار خیرگی، از تکالیف پیچیده‌تر و طراحی‌شده در شرایط نزدیک‌تر به موقعیت‌های واقعی ورزشی نیز استفاده شود تا درک جامع‌تری از راهبردهای بصری به دست آید.

پیام مقاله

یافته‌های این مطالعه بر کارآمدی استفاده از تکالیف بصری پویا و کنترل‌شده در شناسایی راهبردهای جستجوی بینایی تأکید دارد و چارچوبی روش‌شناختی برای پژوهش‌های آینده در این حوزه فراهم می‌کند.

حمایت مالی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی با شماره گرنت ۱۴۰۴/۳۷۹۰۰۴ انجام شده است.

ملاحظات اخلاقی

این تحقیق مطابق با دستورالعمل‌های پژوهشی انجام شده و به تمام اصول اخلاقی پایبند است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش بخش‌های مختلف پژوهش مشارکت یکسانی داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

صمیمانه از معاونت پژوهش و فناوری، به‌ویژه کادر فنی که در آموزش ردیابی چشم و کار با دستگاه همکاری داشتند، تشکر می‌کنیم. همچنین از همه شرکت‌کنندگان به دلیل صرف وقت و مشارکتشان سپاسگزاریم.

منابع

1. Murray NP, Hunfalvay M. A comparison of visual search strategies of elite and non-elite tennis players through cluster analysis. J Sports Sci. 2017;35(3):241-6. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1161215>
2. Davids K, Williams AM, Williams JG. Visual perception and action in sport. London: Routledge; 2005.

3. Afshar M, Rostami R, Chahardah Cherik M. Comparison of visual skills in soccer referees with fewer and more mistakes. *Motor Behavior*. 2018;10(34):75-90. <https://doi.org/10.22089/mbj.2019.6457.1721> [In Persian].
4. Posner MI, Petersen SE, Fox PT, Raichle ME. Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*. 1988;240(4859):1627-31. <https://doi.org/10.1126/science.3289116>
5. Bisley JW. The neural basis of visual attention. *J Physiol*. 2011;589(Pt 1):49-57. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.192666>
6. Mohammadhasani N. Investigating the role of eye tracking technology in learning research: a ten-year study. 2020;7(41):24-45. [In Persian].
7. Vickers JN. Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action. Champaign (IL): Human Kinetics; 2007.
8. Alder D, Ford PR, Causer J, Williams AM. The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of badminton shots. *Hum Mov Sci*. 2014;37:167-79. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.07.002>
9. Morgan S, Patterson J, MacMahon C, Farrow D. Differences in oculomotor behaviour between elite athletes from visually and non-visually oriented sports. *Int J Sport Psychol*. 2009;40(4):489-503.
10. Abernethy B. Selective attention in fast ball sports. II: Expert-novice differences. *Aust J Sci Med Sport*. 1987;19(4):7-16.
11. Wilson TA, Falkel J. SportsVision: training for better performance. Champaign (IL): Human Kinetics; 2004.
12. Vansteenkiste P. Fewer fixations of longer duration can lead to more fixations of longer duration: A commentary on the description of the visual behaviour of expert performers in sports. *Ger J Exerc Sport Res*. 2022;52(1):198-9. <https://doi.org/10.1007/s12662-021-00753-3>
13. Shirmehenji F, Namazizadeh M, Sheikh M, Rafiee S. The role of visual search behavior and the verbal report in anticipation skill of skilled and non-skilled badminton players in smash hits. *J Res Rehabil Sci*. 2018;14(5):274-81. <https://doi.org/10.22122/jrrs.v14i5.3387> [In Persian].
14. Ashford M, Abraham A, Poolton J. Understanding a player's decision-making process in team sports: a systematic review of empirical evidence. *Sports*. 2021;9(5):65. <https://doi.org/10.3390/sports9050065>
15. Hüttermann S, Noël B, Memmert D. Eye tracking in high-performance sports: Evaluation of its application in expert athletes. *Int J Comput Sci Sport*. 2018;17(2):182-203. <https://doi.org/10.2478/ijcss-2018-0011>
16. Tatara S, Toda H, Maeda F, Ito A, Handa T. Comparison of the saccadic eye movement ability of female professional basketball players and non-athletes. *Appl Sci*. 2024;14(3):1108. <https://doi.org/10.3390/app14031108>
17. Klostermann A, Moeinirad S. Fewer fixations of longer duration? Expert gaze behavior revisited. *Ger J Exerc Sport Res*. 2020;50(1):146-61. <https://doi.org/10.1007/s12662-019-00616-y>
18. Mann DTY, Williams AM, Ward P, Janelle CM. Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *J Sport Exerc Psychol*. 2007;29(4):457-78. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.4.457>
19. Kredel R, Hernandez J, Hossner EJ, Zahno S. Eye-tracking technology and the dynamics of natural gaze behavior in sports: an update 2016-2022. *Front Psychol*. 2023;14:1130051. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1130051>
20. Panchuk D, Vine S, Vickers JN. Eye tracking methods in sport expertise. In: Baker J, Farrow D, editors. *Routledge handbook of sport expertise*. London: Routledge; 2015. p. 176-87.

21. Styrkowiec P, Czyż SH, Hyönä J, Li J, Oksama L, Raś M. Gaze behavior and cognitive performance on tasks of multiple object tracking and multiple identity tracking by handball players and non-athletes. *Percept Mot Skills*. 2024;131(3):818-42. <https://doi.org/10.1177/00315125241235529>
22. Alemanno M, Di Pompeo I, Marcaccio M, Canini D, Curcio G, Migliore S. From gaze to game: A systematic review of eye-tracking applications in basketball. *Brain Sci*. 2025;15(4):421. <https://doi.org/10.3390/brainsci15040421>
23. SR Research. EyeLink 1000 Plus. 2023 [cited 2024 Aug 8]. Available from: <https://www.sr-research.com/eyelink-1000-plus/>
24. Tatler BW, Kirtley C, Macdonald RG, Mitchell KMA, Savage SW. The active eye: Perspectives on eye movement research. In: Horsley M, Eliot M, Knight BA, Reilly R, editors. *Current trends in eye tracking research*. Cham: Springer; 2013. p. 3-16. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02868-2_1
25. Blender Foundation. The freedom to create. 2007 [cited 2024 Aug 8]. Available from: About — Blender.
26. SR Research. Experiment Builder. 2017 [cited 2024 Aug 8]. Available from: <https://www.sr-research.com/experiment-builder/>
27. SR Research. Data Viewer. 2017 [cited 2024 Aug 8]. Available from: <https://www.sr-research.com/data-viewer/>
28. Holmqvist K, Nyström M, Andersson R, Dewhurst R, Jarodzka H, Van de Weijer J. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press; 2011.
29. Hooze ITC, Holleman GA, Haukes NC, Hessels RS. Gaze tracking accuracy in humans: One eye is sometimes better than two. *Behav Res Methods*. 2019;51(6):2712-21. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1135-3>
30. Heysieat Talab S, Valizade Fard S, Hodanlou R. The application of eye-tracking devices in cognitive sciences. *Iran J Lab Knowl*. 2021;3(35):8-17. [In Persian].
31. Piras A, Lobietti R, Squatrito S. A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball: Comparison between athletes and non-athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2010;50(1):99-108.
32. Zhang Q, Huang Z, Li L, Li S. Visual search training benefits from the integrative effect of enhanced covert attention and optimized overt eye movements. *J Vis*. 2022;22(8):7. <https://doi.org/10.1167/jov.22.8.7>
33. Wagner J, Zurlo A, Rusconi E. Individual differences in visual search: A systematic review of the link between visual search performance and traits or abilities. *Cortex*. 2024;178:51-90. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2024.05.020>
34. Reinhart RMG, Woodman GF. Enhancing long-term memory with stimulation tunes visual attention in one trial. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(2):625-30. <https://doi.org/10.1073/pnas.1417259112>