KHARAZMI UNIVERSITY

Research in Sport Management and Motor Behavior

Print ISSN: 2252-0716 - Online ISSN: 2716-9855

The Effect Of BiSensory Feedback Using The Eye Movement Sonification On Decision-Making: Challenging The Specificity Of Learning Hypothesis

Maryam khalaji [1] Mahin Aghdaei*[2] Alireza Farsi [3] Alessandro Piras[4]

1.Department of Sports Coaching, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
2.Department of Cognitive and Behavioral Science and Technology in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3.Department of Cognitive and Behavioral Science and Technology in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
4.Department for Life Quality Studies, University of Bologna, Bologna, Italy.

corresponding author: Mahin Aghdaei, M-aghdaei@sbu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type
Research Article

Article history
Received: 2024/05/27
Revised: 2025/02/20
Accepted: 2025/02/20

KEYWORDS:
Temporal Occlusion, Bisensory Learning, Perceptual Skill, Guidance Hypothesis, Decision-Making

How to Cite:
Maryam khalaji, Mahin Aghdaei, Alireza Farsi, Alessandro Piras. **The Effect Of BiSensory Feedback Using The Eye Movement Sonification On Decision-Making: Challenging The Specificity Of Learning Hypothesis,** *Research in Sport Management & Motor Behavior, 2025: 15(29):64-84*

ABSTRACT

Objectives: Using auditory concurrent feedback with the goal of gaze path learning is a novel method in the attention field. The present study aimed to determine the effect of bisensory feedback using eye movement sonification on the decision-making of the badminton clear shot direction.

Method: In a semi-experimental strategy, with pre-post design without a control group and clinical method, participants performed recognizing the direction of the shot under unisensory and bisensory training conditions. Response accuracy, response time, and fixation duration were measured in the pre-test, immediate retention, and delayed retention.

Results: The results showed that in the immediate and delayed retention, the bisensory group had higher response accuracy and shorter response time than the unisensory group. The bisensory group had a longer fixation duration in key areas than the unisensory group in both times.

Conclusion: The use of auditory feedback can probably be considered as a way to improve decision-making skills at the novice level.

Published by *Kharazmi University, Tehran, Iran*. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

پژوهش در مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی

دانشگاه خوارزمی

تأثیر بازخورد دو حسی با استفاده از فراصوت حرکات چشم بر تصمیم‌گیری: چالش فرضیه اختصاصی‌بودن یادگیری

مریم خلجی[۱] مهین عقدایی[۲*] علیرضا فارسی[۳] آلساندرو پیراس[٤]

۱. گروه مربیگری ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران .
۲. گروه علوم‌شناختی، رفتاری و فناوری در ورزش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران .
۳. گروه علوم‌شناختی، رفتاری و فناوری در ورزش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران .
٤. گروه مطالعات کیفیت زندگی، دانشگاه بولونیا، بولونیا، ایتالیا.

نویسنده مسئول: مهین عقدائی M-aghdaei@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: علمی–پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷
ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۲
پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۲

واژه های کلیدی:
انسداد زمانی، یادگیری دو حسی، مهارت ادراکی، فرضیه هدایت، تصمیم‌گیری

ارجاع:
مریم خلجی، مهین عقدایی، علیر ضا فارسی، آلساندرو پیراس. **تأثیر بازخورد دو حسی با استفاده از فراصوت حرکات چشم بر تصمیم¬گیری: چالش فرضیه اختصاصی‌بودن یادگیری.** *پژوهش در مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی*، ۱۴۰۴؛ ۱۵(۲۹): ٦٤-٨٤

چکیده

مقدمه و هدف: استفاده از بازخورد هم‌زمان شنیداری باهدف یادگیری مسیر خیرگی از روش‌های جدید در حوزۀ توجه است. هدف مطالعه حاضر تعیین تأثیر بازخورد دو حسی با استفاده از فراصوت حرکات چشم بر تصمیم‌گیری جهت ضربۀ کلیر بدمینتون بود.

روش: راهبرد تحقیق نیمه‌تجربی، با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون بدون گروه کنترل و روش آن بالینی بود. شرکت‌کنندگان تکلیف تشخیص جهت ضربۀ کلییر بدمینتون را در دو شرایط تمرینی تک حسی و دو حسی انجام دادند. در پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری دقت پاسخ، زمان پاسخ و مدت‌زمان تثبیت اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در آزمون یادداری فوری و تأخیری شرکت‌کنندگان گروه دو حسی دقت پاسخ بالاتر و زمان پاسخ کوتاه‌تری نسبت به گروه تک حسی داشتند. گروه دو حسی مدت‌زمان تثبیت بیشتری در مناطق کلیدی نسبت به گروه تک حسی در آزمون یادداری فوری و یادداری تأخیری داشتند.

نتیجه‌گیری: احتمالاً استفاده از بازخورد شنوایی را می‌توان به‌عنوان راهی برای بهبود مهارت تصمیم‌گیری در سطح مبتدی معرفی کرد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

Extended abstract

Objectives: The successful performance of tasks requires anticipating the opponent's future movements to compensate for the delay in processing sensory-motor information and, ultimately, decision-making. Athletes use rapid decision-making with the aim of positively and directly influencing the outcome of the competition. In research related to decision-making, it has been reported that the use of perceptual-cognitive exercises leads to improved decision-making and anticipation skills in athletes with semi-skilled and novice skill levels. According to research, there are a variety of instructions, but what matters is the effectiveness of that instruction. A widely discussed strategy for improving motor learning is the provision of external feedback instructions. In various studies, feedback has often been used in the form of visual and monosensory input. The latest sports simulators not only provide monosensory feedback but can also use multisensory feedback in complex tasks. Multisensory feedback operates through multisensory integration, which means that sensory information reaches its maximum encoding in the nervous system, which may be beneficial for the learning process. The present study aimed to determine the effect of bisensory feedback using eye movement sonification on the decision-making of the badminton clear shot direction.

Method: In a semi-experimental strategy, with pre-post design without a control group and clinical method, participants of the present study were 40 beginners (age: 21.58 ± 2.40, no previous badminton experience, right-handed, normal or corrected vision) and were randomly divided into two groups: visual (monosensory) and visual-auditory (binaural).

For data sonification, three skilled badminton players with an average playing experience of (9.30±0.89) years were first invited to the laboratory. They were asked to watch 20 video clips. The visual search pattern of the skilled players was extracted for each clip, then transformed into audio by an algorithm and sanified using parameter mapping, in which the data values and their distances from reference regions on a time scale were mapped to sound parameters. The participants' eye movement inputs were then mapped online and directly to sounds with a range between 0 and 300 Hz with MIDI notes 45 and 93,

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

corresponding to pitch and tone. To convert the information from the vision tracking device into audio, SuperCollider software (version 3.6.6) and a program written in C++ were used. Participants wore eye-tracking glasses. Three-point calibration was performed to link participants' eye positions to specific locations on the screen. Each video clip began with a sound at the beginning of the film to prepare participants for the start of the video. The duration of each clip (4 s) was the same across trials. The film consisted of a preparation phase and a hitting phase, with the film being interrupted at the moment the ball hit the racket (time occlusion) and played from the receiver's perspective. The order of the video clips presentation was completely randomized. Participants had to quickly decide whether the shot was stroked to the left or right of the court. Response speed was measured by pressing the response button after the film was interrupted. The dependent variables of the present study were response time, response accuracy, and viewing duration. For this purpose, the screen was divided into five areas (1) AOI-1, the skilled athlete's head; (2) AOI-2, the body; (3) AOI-3, the foot; (4) AOI-4, the arm; and (5) AOI-5, the racket-hand. All fixations outside these AOIs were considered as out-of-focus fixations. To compare the performance of the groups in the pre-test, immediate retention, and delayed retention, a mixed analysis of variance test (2 (visual group, visual-auditory group) * 3 (pre-test, immediate, and delayed retention)) was used. A repeated measures analysis of variance and an independent t-test were used at a significance level ($\alpha<0.05$).

Results: The results showed that there was a significant main effect for groups, times, and interaction between the two groups at three times in response time ($p<0.05$). The response time of the visual group in immediate retention (472.95±19.33) was shorter than the pre-test (80.524±13.75), in immediate retention (472.95±19.33) was shorter than the delayed retention (516.50±15.89), and the response time in delayed retention (516.50±15.89) was shorter than the pre-test (80.524±13.75). The response time of the audio-visual group in immediate retention (40.407±6.43) was shorter than the pre-test (50.531±9.41). However, there was no difference between immediate and delayed retention ($p>0.05$). A difference was also observed between the pre-test and delayed

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

retention (p<0.05), so that the response time in delayed retention (420±65.11) was shorter than the pre-test (50.531±9.41) (Figure 1).

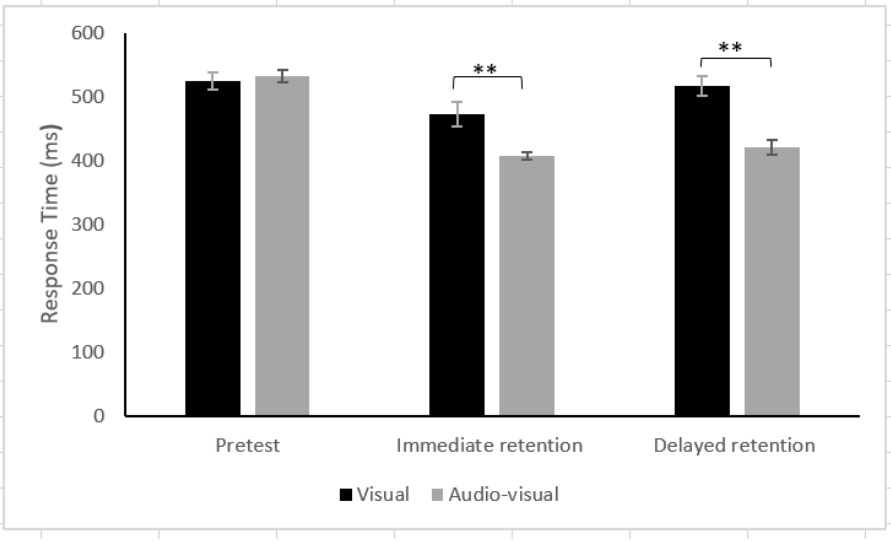


Figure 1. Response time (milliseconds) of the visual and visual-auditory groups at three measurement times (pretest, immediate recall, and delayed recall)

The results showed that there was a significant main effect for groups, times, and interaction between the two groups at three times in response accuracy (p<0.05) (Table 1).

Table 1. Results of the mixed ANOVA on the factors of groups and time

	Mean squares	df	F	sig	Partial Eta
Groups	18901.32	1	54.62	0.007	069
Times	23001.30	2	79.91	0.001	076
Groups×times	27021.09	2	566.91	0.001	0.94

The response accuracy of the visual group in immediate retention (30.20±6.43) was higher than the pre-test (30.30±9.46), in immediate retention (30.20±6.43) was higher than delayed retention (40.21±4.39), and the response accuracy in delayed retention (40.21±4.39) was higher than the pre-test (30.30±9.46). Also, the accuracy of the response of the audio-visual group in immediate retention (55.65±10.31) was higher than the pre-test (8.90±3.22). However, there was no difference between immediate and delayed retention (p<0.005). A difference was also observed between the pre-test and delayed retention (p<0.005), so that the

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

accuracy of the response in delayed retention (48.90±8.24) was higher than the pre-test (8.90±3.22). In the pre-test, there was no significant difference between the fixation duration to the head, trunk, and hand regions in the visual and visual-auditory groups ($p>0.05$). In the immediate retention, there was a significant difference between the visual and visual-auditory groups in the head, trunk, and hand regions ($p<0.005$). So that in immediate retention, the fixation duration to the head region in the visual-auditory group (102.14±85.38) was less than the visual group (264.69±51.86), the fixation duration in the visual-auditory group (10.413±16.07) was longer than the visual group (305.59±38.40), and fixation duration in the visual-auditory group (44.417±8.32) was longer than the visual group (80.356±27.84) in trunk region.

In the delayed retention, there was a significant difference between the visual and audio-visual groups in the head, trunk, and hand regions ($p<0.05$), so that the fixation duration in the audio-visual group (39.47±16.70) was also less than the visual group (275.75±50.47) in the head region, also, the fixation duration in the visual-auditory group (409.29±16.89) was longer than the visual group (274.23±28.73), and the fixation duration in the visual-auditory group (410.11±9.08) was also longer than the visual group (323.31±30.87) in the hand region. Also, the results for the foot and racket region showed that there was no significant interaction between the two groups at three times ($p>0.05$).

Conclusion: The results showed that participants in the visual-auditory feedback group had higher accuracy and significantly shorter response times after the intervention than the visual group. Also, examining the participants' eye movement patterns showed that using sound can bring the gaze behavior of beginners closer to that of skilled athletes. The augmented bisensory feedback used in this study likely facilitated the learning of complex eye movements and subsequent correct decision-making in a short period. Since the use of sound mediates the dynamic aspects of movement, the participants in the present study also used this facilitating tool to learn spatial and temporal aspects. The added auditory feedback probably did not impose an additional load on the participants' working memory, and it can be concluded that simultaneous and frequent feedback does not necessarily hinder learning. The results of the present study

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

also challenge the specificity learning theory. According to the sensory-motor specificity principle of this theory, learning motor skills is a sensory-motor representation that integrates motor components with sensory information during practice. This means that removing or adding sensory information in the acquisition phase will impair the performer's ability in the transfer or retention test. However, in this study, using an additional sense in the acquisition phase caused a difference in the sensory-motor representation between the acquisition and retention phases, and according to the specificity learning theory, this type of training should have impaired the participants' learning. However, the results showed that using bisensory feedback improved the detection of direction, even though simultaneous bisensory feedback was removed in the delayed retention test.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

مقدمه

مطالعه‌ی عملکرد خبرگی[1] نشان داده است ورزشکاران خبره توانایی بالاتری ندارند بلکه آنها مدت زمان زیادی را صرف تمرین عمدی[2] می‌کنند و این امر منجر به ویژگی‌ها در یک زمینه خاص[3] می‌گردد (۱). از این رو، مهارت‌های ادراکی- شناختی ورزشکاران ماهر را از غیرماهر متمایز می‌کند. تعدادی از اجزای ادراکی- شناختی مانند پیش‌بینی، فراخوانی[4] و زمان‌واکنش سبب برتری ورزشکاران ماهر در ادراک مهارت می‌گردد (۲). یکی از مهارت‌های ادراکی- شناختی که برای موفقیت ضروری است، مهارت تصمیم‌گیری می‌باشد (۳, ٤). اجرای موفقیت آمیز تکالیف ورزشی، نیازمند پیش‌بینی حرکات آینده‌ی حریف به منظور جبران در تاخیر پردازش اطلاعات حسی- حرکتی و نهایتاً تصمیم‌گیری است. ورزشکاران از تصمیم‌گیری سریع با هدف اثرگذاری مثبت و مستقیم بر نتیجه‌ی رقابت استفاده می‌کنند (۵, ٦). در تحقیقات مرتبط با تصمیم‌گیری گزارش شده است که استفاده از تمرینات ادراکی- شناختی منجر به بهبود مهارت تصمیم‌گیری و پیش‌بینی ورزشکاران با سطوح مهارت نیمه‌ماهر و مبتدی می‌گردد (۷). هاگمن، استراس و کینال- برولند[5] (۲۰۰٦) به بررسی پیش‌بینی ورزشکاران ماهر و مبتدی با استفاده از تمرین ادراکی (جهت‌دهی توجه بینایی با استفاده از نور قرمز) پرداختند. نتایج پژوهش مذکور نشان داد شرکت‌کنندگان مبتدی که با نور قرمز به تمرین پرداختند بهبود معناداری در مهارت تصمیم‌گیری خود در پس‌آزمون و آزمون یادداری در مقایسه با گروه کنترل کسب کردند؛ در حالی‌که بازیکنان لیگ محلی از پیش‌آزمون نسبت به پس‌آزمون پیشرفت داشتند و تمرین اثری بر بازیکنان ماهر نداشت (۸). طبق پژوهش‌ها دستورالعمل‌های تمرینی متنوعی وجود دارد اما آنچه مهم است کارآمدی آن دستورالعمل است (۹).

اخیراً تحقیقات بر کارآمدی دستورالعمل‌های تمرینی متمرکز شده‌اند. استراتژی که به طور گسترده برای بهبود یادگیری‌حرکتی مورد بحث قرار گرفته است، ارائه‌ی دستورالعمل بازخورد بیرونی است. در پژوهش‌های مختلف، بازخورد اغلب به صورت بینایی و تک‌حسی به کار رفته است (۱۰, ۱۱). جدیدترین شبیه‌سازهای ورزشی نه تنها بازخورد را به صورت تک‌حسی ارائه می‌کند بلکه می‌توان بازخورد چندحسی را در تکالیف پیچیده به کار برد. بازخورد چندحسی از طریق یکپارچگی چندحسی عمل می‌کند و یکپارچگی چندحسی یعنی اطلاعات حسی به حداکثر کدگذاری خود در سیستم عصبی برسد که ممکن است برای فرایند یادگیری مفید باشد. اگر اطلاعات بین ابعاد[6] مختلف توزیع شود بهتر پردازش می‌شوند (افراد برای پردازش اطلاعات، منابع شناختی مختلفی دارند). از سویی دیگر حس‌های انسان برای اطلاعات مختلف، خاص[7] است. اطلاعات فضایی از طریق بینایی نسبت به شنوایی، دقیق‌تر درک می‌شود. در حالی‌که شنوایی برای درک تناوب، نظم و

1 . Expert performance
2 . Deliberate practice
3 . Domain-specific
4 . Recall
5 . Hagemann, Strauss, Cañal-Bruland
٦ . Modalities
7 . Specialized

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

قاعده‌ی تکلیف و سرعت حرکت مناسب است (۱۲). بازخورد شنوایی می‌تواند تمرکز را بر تکلیف نگه دارد و توجه را به سمت جنبه‌های خاص حرکت هدایت کند. در مقابل، استفاده از حس اضافی در بازخورد ممکن است به دلیل بارشناختی و حواسپرتی برای یادگیری مضر باشد (۱۰). یا طبق فرضیه هدایت، سبب وابستگی فرد به بازخورد افزوده گردد (۱۳). با این حال طبق تحقیقات، احتمالاً بازخورد همزمان برای اجرای تکالیف پیچیده حرکتی موثرتر است. فرض شده است که بازخورد همزمان در تکالیف جدید، کشف نیازهای مهارت را تسهیل می‌سازد و به درک ساختار تکلیف کمک می‌کند و از طرفی سبب وابستگی گردد (۱۲, ۱٤). یکی از انواع بازخورد افزوده همزمان که اخیراً مورد توجه واقع شده است، استفاده از فراصوت[1] است. فراصوت، زیرمجموعه‌ای از نمایش‌های شنوایی است که از صداهای غیرکلامی برای نشان دادن اطلاعات استفاده می‌کند. از فراصوت در زمینه‌های توانبخشی، یادگیری مهارت و تصحیح الگوی حرکت ورزشکاران ماهر و نیمه ماهر استفاده می‌شود. لاسینگ و همکاران (۲۰۱٤) به بررسی هدایت جستجوی بینایی با استفاده از فراصوت در تکلیف شناخت پارامتر مکانی محرک خاص در میان حواس‌پرت‌کننده‌ها پرداختند. نتایج نشان داد استفاده از فراصوت جستجوی بینایی نشانه‌های بصری را تسریع می‌بخشد. همچنین کوتروت و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تاثیر صدا بر حرکات چشم افراد مبتدی در تکلیف ویدئویی پرداختند؛ نتایج نشان داد که صدا ممکن است بر موقعیت چشم، طول مدت تثبیت و دامنه ساکادها تاثیر بگذارد اما تاثیر صدا لزوماً در طول زمان ثابت نیست (۱۵). همچنین کیم و اربل[2] (۲۰۱۹) به بررسی بازخورد شنوایی تأخیری و همزمان در یادگیری آشکار پرداختند. نتایج نشان داد شرکت‌کنندگان به زمانبندی و مقدار بازخورد حساس بودند. در بازخورد همزمان، گروه بینایی افت عملکرد بیشتری را نسبت به گروه بازخورد شنوایی تجربه کرد اما در بازخورد تأخیری تفاوتی نداشتند (۱٦). فیاده و همکاران[3] (۲۰۱۷) بیان کردند بازخورد شنوایی فوری تاثیرگذارتر از زمان‌های دیگر بازخورد است (۱۷). در پژوهشی دیگر هیلدبرانت و کانال برولند[4] (۲۰۲۱) به بررسی اثر بازخورد شنوایی بر رفتار راه‌رفتن، الگوهای خیرگی و نتیجه عملکرد در پرش طول پرداختند. نتایج نشان داد عدم وجود بازخورد شنوایی اثر بازدارندگی در راه‌رفتن (مانند گام‌های کوتاه‌تر در فاز افزایش شتاب و گام‌های طولانی‌تر در فاز صفر) داشت. همچنین نبود بازخورد شنوایی منجر به ثبات خیرگی و به عبارتی انتقال‌های بین مناطق مورد علاقه کمتر شد ولی بازخورد شنوایی اثری بر طول پرش نداشت. این نتیجه پیشنهاد می‌کند استفاده از یادگیری چندحسی باعث درگیری آوران‌های حسی سایر حس‌ها می‌گردد (۱۸). اما استفاده از یادگیری چندحسی در محیط ورزشی فرضیه اختصاصی بودن یادگیری را به چالش می‌کشاند.

1 . Sonification
2 . Kim and Arbel
3 . Al Fayyadh, Hassan, Tran, Kempenich, Bunegin, Dent, & Willis
4 . Hildebrandt, Cañal-Bruland

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

پروتئو[1] (۱۹۹۲) با مطرح‌کردن فرضیهٔ اختصاصی‌بودن تمرین[2] معتقد است ویژگی‌های متفاوت تمرین، منجر به نتایج مختلف در پدیدهٔ ویژگی یادگیری می‌شود که به‌عنوان کارکردی از تعامل بین موقعیت‌های تمرین و یادگیری ظاهر می‌شود. بر اساس این نظریه، اطلاعات آوران حسی در تمامی مراحل یادگیری و تمرین مهارت مهم است و با افزایش طول جلسات و تعداد کوشش‌های تمرین، بر اهمیت نقش منابع اطلاعاتی مذکور افزوده می‌شود. رعایت اصول اختصاصی‌بودن تمرین سه ویژگی دارد که شامل ویژگی حسی و حرکتی، ویژگی زمینه و فرایند مناسب انتقال است. طبق اصل ویژگی حسی- حرکتی، یادگیری مهارت‌های حرکتی یک بازنمایی حسی- حرکتی است که اجزای حرکتی را با اطلاعات حسی در حین تمرین یکپارچه می‌کند. به این معنی که حذف یا اضافه‌کردن اطلاعات حسی موجود در مرحله اکتساب، باعث تخریب توانایی اجراکننده در آزمون انتقال یا یادداری می‌شود (۱۹). در پژوهش حاضر مسئله اصلی این است که آیا اضافه کردن بازخورد شنوایی بر بازخورد بینایی در مقایسه با بازخورد بینایی به تنهایی برای دقت و سرعت تصمیم‌گیری مفید است و می‌تواند الگوی حرکات چشم افراد را تغییر دهد؟ از سویی دیگر آیا استفاده از فراصوت سبب افزایش بازشناختی فرد شده و با استناد بر فرض اختصاصی بودن تمرین، عملکرد افراد تخریب می‌شود؟

روش‌شناسی

راهبرد پژوهش حاضر نیمه‌تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود که با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با دو گروه و به روش بالینی اجرا شد. شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر ۴۰ فرد مبتدی (سن: ۲/۴۰ ±۲۱/۵۸، نداشتن سابقه در بدمینتون، راست دست، بینایی طبیعی یا اصلاح شده) بودند و به طور تصادفی به دو گروه بینایی (تک‌حسی) و بینایی- شنوایی (دوحسی) تقسیم شدند. گروه اول از طریق بینایی[3](V) و گروه دوم از طریق بینایی- شنوایی[4] (AV) در مورد جهت ضربه، تصمیم‌گیری کردند. تمامی شرکت‌کنندگان قبل از شرکت در مطالعه رضایت‌نامه کتبی و فرم اطلاعات فردی را پر کردند. قبل از شروع اجرای پروتکل آزمایشی تاییدیه کمیته اخلاقی دانشگاه شهید بهشتی (IR.SBU.ICBS.98/1002) گرفته شد. ابزار اندازه‌گیری پژوهش شامل پرسشنامه اطلاعات فردی، دستگاه ردیابی چشم، دانگل، هدفون، پروژکتور و لپتاب بود.

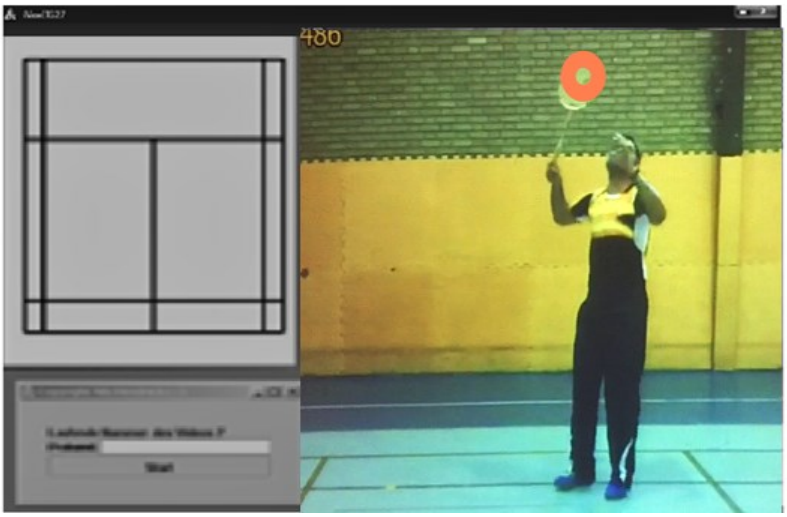
شرکت‌کنندگان از طریق توضیح مختصر در مورد روش، پارامتر شنوایی و نقشه‌برداری داده‌ها با روش کار آشنا شدند. به‌منظور ایجاد ذهنیت در مورد اینکه چطور داده‌های حرکت به‌عنوان بازخورد شنیداری به کار می‌رود، نمونه‌های ویدئویی سانیفای شده از مطالعات قبلی به شرکت‌کنندگان نشان داده شد. جهت فراصوت داده‌ها، ابتدا سه بازیکن ماهر بدمینتون با میانگین سابقهٔ بازی (۰٫۸۹±۹٫۳۰) سال به آزمایشگاه دعوت شدند. از آنها خواسته شد به ۲۰ کلیپ ویدئویی نگاه کنند. الگوی جستجوی بینایی افراد ماهر برای هر کلیپ استخراج شد سپس برای تبدیل به صوت، به الگوریتم تغییر شکل یافت و با استفاده از نقشه‌برداری پارامتر، سانیفای شد که

1 . Proteau
2 . Specificity of Practice
3 . Visual
4 . Audio-visual

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

در آن مقدار داده‌ها و فواصل آن از مناطق مرجع در مقیاس زمان به پارامترهای صدا نقشه‌برداری شدند (فراصوت نقاط مرجع). سپس مقادیر ورودی حرکات چشم شرکت‌کنندگان به‌صورت آنلاین و مستقیم به صداهایی با دامنهٔ بین ۰ و ۳۰۰ هرتز با نت‌های MIDI[1] ٤٥ و ۹۳ (برابر با ۱۱۰- ۱۷٦۰ هرتز که ۲ ± اوکتاوز در حدود ٤٤۰ هرتز)، مربوط به تن زیر و بمی نقشه‌برداری شد[2]. جهت تبدیل اطلاعات دستگاه ردیابی بینایی به صوت از نرم‌افزار سوپرکولایدر[3] (ورژن ۳,٦,٦) و برنامهٔ نگاشته شده در محیط C^{++} استفاده شد.

پس از معرفی روش انجام پژوهش، مداخلات و ارزیابی‌ها در آزمایشگاه علوم ورزشی دانشگاه شهید بهشتی انجام شد. شرکت‌کنندگان عینک دستگاه ردیابی چشم (SMI Eye tracking Glasses; ETG 2w, Germany) را زدند. کالیبریشن سه نقطه‌ای به‌منظور اتصال موقعیت چشم شرکت‌کنندگان به مکان‌های خاص روی صفحه انجام شد. هر کلیپ ویدئویی با صدایی در ابتدای فیلم به‌منظور آماده‌سازی شرکت‌کنندگان برای شروع ویدئو آغاز شد. مدت‌زمان هر کلیپ (٤ ثانیه) در تمام کوشش‌ها برابر بود. فیلم شامل مرحلهٔ آمادگی و مرحلهٔ ضربه بود که لحظه برخورد توپ به راکت فیلم قطع می‌شد (انسداد زمانی) و از منظر دریافت‌کننده پخش می‌شد. ترتیب نشان‌دادن فیلم‌های ویدئویی کاملاً تصادفی بود. شرکت‌کنندگان باید به‌سرعت تصمیم‌گیری می‌کردند که ضربه به سمت چپ یا راست زمین زده شده است. سرعت پاسخ از طریق فشاردادن دکمهٔ پاسخ پس از قطع‌شدن فیلم سنجیده شد.



شکل ۱. تصویری از ضربه کلییر بدمینتون

پیش‌آزمونِ تصمیم‌گیری در مورد جهت ضربه از طریق ۲۰ کلیپ فیلم ویدئویی ضربه‌ی کلییر بدمینتون و به صورت بینایی (تک حسی) از شرکت‌کنندگان گرفته شد.

1 . Musical Instruments Digital Interface
2 . Audification
3 . Supercollider

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

گروه تمرین بینایی، ۲۰۰ کلیپ ویدئویی را نگاه کردند و به آنها گفته شد که کدام مناطق از بدن را نگاه کنند (تنه، دست و راکت) و به تمرین تصمیم‌گیری جهت ضربه و سرعت پاسخ پرداختند. ۱۰۰ کلیپ ویدئویی ٤ ثانیه‌ای، شامل ضربه به چپ و راست زمین به هر شرکت‌کننده نشان داده شد. شرکت‌کنندگان هر کلیپ را که جهت یافتن جهت ضربه نگاه می‌کردند در کوشش بعدی همان کلیپ ویدئویی دوباره تکرار می‌شد با این تفاوت که بازخورد پایانی دریافت می‌کردند و در کلیپ ویدئویی دوم نتیجه و سرعت پاسخ خود را دریافت می‌کردند. در ۵۰ کوشش اول سرعت فیلم ۷۵ درصد کم شد و پس از هر ۵۰ کوشش تمرینی به سرعت فیلم ۲۵ درصد افزوده شد تا در نهایت ۵۰ کوشش آخر با سرعت طبیعی اجرا شد.

گروه تمرین بینایی – شنوایی نیز همان ۲۰۰ کلیپ ویدئویی گروه بینایی را نگاه کردند با این تفاوت که این گروه هدفون به گوش داشتند و الگوی حرکت چشم آنها به‌صورت آنلاین به صوت تبدیل شد. به گروه بینایی– شنوایی در مورد مناطقی که باید نگاه شود اطلاعاتی داده نشد. در ۵۰ کوشش اول سرعت فیلم ۷۵ درصد کم شد و پس از هر ۵۰ کوشش تمرینی به‌سرعت فیلم ۲۵ درصد افزوده شد تا در نهایت ۵۰ کوشش آخر با سرعت طبیعی اجرا شد. هرگاه شرکت‌کنندگان به مناطقی متفاوت با الگوی حرکت چشم افراد ماهر جهت پاسخ صحیح نگاه می‌کردند، به طور آنلاین صدای زیر ناخوشایند می‌شنیدند و اگر به مناطقی که در هر زمان باید نگاه می‌کردند، نزدیک می‌شدند صدای بم خوشایند می‌شنیدند. این گروه نیز همانند گروه بینایی، شرکت‌کنندگان هر کلیپ را که جهت یافتن جهت ضربه نگاه می‌کردند در کوشش بعدی همان کلیپ ویدئویی دوباره تکرار می‌شد. آنها بازخورد پایانی دریافت می‌کردند و در کلیپ ویدئویی دوم نتیجه و سرعت پاسخ خود را دریافت می‌کردند. میزان صدایی که شرکت‌کنندگان از هدفون می‌شنیدند از طریق خودگزارشی بود که با هر بلندی صدایی که راحت‌تر صدا را می‌شنیدند، تنظیم شد. شرکت‌کنندگان جهت پاسخ خود را با کلیک‌کردن روی صفحه‌نمایش نشان دادند که شاتل روی کدام نیمهٔ زمین می‌افتاد. شرکت‌کنندگان حین تمرین تشویق شدند که جهت ضربه را سریع‌تر تشخیص دهند. هر دو گروه پس از هر ۵۰ کوشش ۵ دقیقه استراحت داشتند.

یادداری فوری (دو ساعت پس از اتمام مداخله) و آزمون یادداری تأخیری (۷ روز پس از آخرین جلسهٔ تمرین)، پیش‌بینی جهت حرکت ضربهٔ کلییر بدمینتون بدون وجود فراصوت و با صدای طبیعی ضربات از طریق فیلم ویدئویی، به تعداد ۲۰ کوشش از شرکت‌کنندگان گرفته شد. متغیرهای وابسته پژوهش حاضر زمان پاسخ (از زمانی که شاتل با راکت (ms) تماس می‌یابد تا فشاردادن کلید توسط شرکت‌کننده. پاسخ با زمان واکنش کوتاه‌تر از ۱۵۰ میلی‌ثانیه و طولانی‌تر از ٦۰۰ میلی‌ثانیه حذف شد). دقت پاسخ (تعداد ضربه‌هایی که شرکت-کنندگان جهت ضربه را درست پاسخ داده بودند) و مدت‌زمان مشاهده (میانگین درصد زمانی که شرکت‌کنندگان برای تثبیت خیرگی روی هر منطقه موردعلاقه در صفحه صرف کردند) بود. برای این منظور، صفحه‌نمایش به پنج منطقه تقسیم شد (۱) AOI-1[1]، سر ورزشکار ماهر؛ (۲) AOI-2، بدن، (۳) AOI-3 پا، (٤) AOI-4

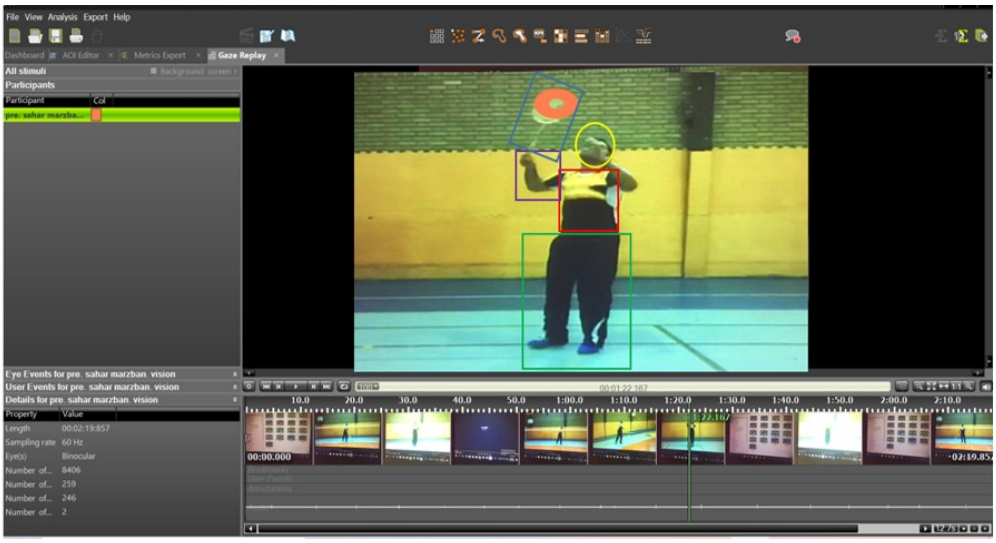
1 . Area of interest

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

بازو و (۵) AOI-5 راکت دست ضربه. تمام تثبیت‌های خارج از این AOIها به‌عنوان تثبیت‌های خارج[1] در نظر گرفته شد.

از آماره‌های توصیفی شامل فراوانی، میانگین و انحراف معیار برای توصیف داده‌ها استفاده شد. برای تحلیل استنباطی داده‌ها ابتدا از آزمون شاپیروویلک برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها و از آزمون لوین جهت بررسی برابری واریانس‌ها استفاده شد. برای مقایسه عملکرد گروه‌ها در پیش‌آزمون، یادداری فوری، یادداری تأخیری از آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ (گروه بینایی، گروه بینایی – شنوایی) * ۳ (پیش‌آزمون، یادداری فوری، یادداری تأخیری)) استفاده شد. هنگامی که تعامل معنادار بود جهت کنترل گروه از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری و برای کنترل زمان از آزمون تی مستقل در سطح معناداری (α <۰,۰۵) استفاده شد.



شکل ۲. نمایی از محیط کار نرم افزار Be gaze 3.7

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مشخصات فردی شرکت‌کنندگان شامل سن و فعالیت بدنی و اطلاعات توصیفی زمان پاسخ، دقت پاسخ و مدت‌زمان تثبیت به تفکیک گروه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف مشخصات فردی شرکت‌کنندگان به تفکیک گروه‌ها

متغیر	گروه	تعداد	میانگین ± انحراف استاندارد
سن (سال)	بینایی	۲۰	۲۱/۶۷ ± ۲/۵۷
	بینایی – شنوایی	۲۰	۲۱/۵۲ ± ۲/۲۳
فعالیت بدنی (ساعت در هفته)	بینایی	۲۰	۲/۷۳ ± ۰/۹۱
	بینایی – شنوایی	۲۰	۱/۱۲ ± ۰/۸۲

1 . Out

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

پیش از آزمون فرضیه‌ها نحوه توزیع متغیرهای وابسته (دقت پاسخ، زمان پاسخ، تعداد تثبیت و مدت تثبیت در نواحی مختلف) از طریق آزمون شـاپیروویلک بررسـی و پس از رعایت پیش‌فرض توزیع نرمال (p>۰/۰۵)، متغیرهای وابسته آزمون شدند.

زمان پاسخ

نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ (گروه: بینایی و بینایی- شنوایی) * ۳ (زمان: پیش‌آزمون، یادداری فوری، یادداری تأخیری)) نشان داد تعامل معناداری بین دو گروه در سه زمان وجود داشت (p<۰/۰۵). با معنادارشدن تعامل به کنترل زمان و گروه پرداخته شد (جدول ۱).

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس مرکب بر عامل زمان و گروه

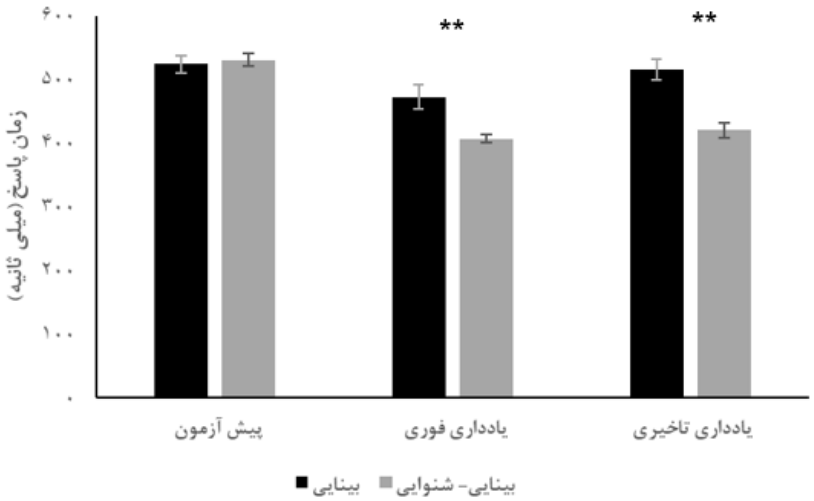
تعامل	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
زمان* گروه	۲	۲۷۰۲۱/۰۹	٥٦٦/٩١	۰/۰۰۱	۰/۹٤
خطا (زمان)	۷٦	۱٤۲/۲٤			

با کنترل اثر زمان، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد بین دو گروه در پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۰۵) اما در یادداری فوری (p=۰/۰۰۱، df=۳۸، t=۱٤/۳۹) و یادداری تأخیری (p=۰/۰۰۱، df=۳۸، t=۲۲/۰٤) تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با کنترل اثر گروه، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری نشان داد در گروه بینایی بین پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری تفاوت وجود داشت (ηp2=۰/۷۹، p=۰/۰۰۱، F=۷٤/۳٤). همچنین در گروه بینایی - شنوایی نیز بین پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری تفاوت وجود داشت (ηp2=۰/۹۸، p=۰/۰۰۱، F=۱۲۲٥/۲۱).

نتایج آزمون بونفرونی نشان داد در گروه بینایی بین پیش‌آزمون و یادداری فوری، یادداری فوری و یادداری تأخیری، پیش‌آزمون و یادداری تأخیری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (p <۰/۰٥) به‌طوری‌که زمان پاسخِ گروه بینایی در یادداری فوری (٤۷۲/۹٥±۱۹/۳۳) کوتاه‌تر از پیش‌آزمون (٥۲٤/۸۰±۱۳/۷٥)، در یادداری فوری (٤۷۲/۹٥±۱۹/۳۳) کوتاه‌تر از یادداری تأخیری (٥۱٦/٥۰±۱٥/۸۹) و زمان پاسخ در یادداری تأخیری (٥۱٦/٥۰±۱٥/۸۹) کوتاه‌تر از پیش‌آزمون (٥۲٤/۸۰±۱۳/۷٥) بود.

نتایج آزمون بونفرونی نشان داد در گروه بینایی - شنوایی بین پیش‌آزمون و یادداری فوری تفاوت وجود داشت (p <۰/۰٥) به‌طوری‌که زمان پاسخِ گروه مذکور در یادداری فوری (٤۰۷/٤۰±٦/٤۳)، کوتاه‌تر از پیش‌آزمون (٥۳۱/٥۰±۹/٤۱) بود. اما بین یادداری فوری و یادداری تأخیری تفاوت وجود نداشت (p>۰/۰٥). بین پیش-آزمون و یادداری تأخیری نیز تفاوت مشاهده شد (p <۰/۰٥) به‌طوری‌که زمان پاسخ در یادداری تأخیری (٤۲۰/٦٥±۱۱/۲۲) کوتاه‌تر از پیش‌آزمون (٥۳۱/٥۰±۹/٤۱) بود (شکل ۱).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]



شکل ۳. زمان پاسخ (میلی‌ثانیه) گروه بینایی و بینایی- شنوایی در سه زمان اندازه‌گیری (پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری)

دقت پاسخ

نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ (گروه: بینایی و بینایی- شنوایی) * ۳ (زمان: پیش‌آزمون، یادداری فوری، یادداری تأخیری)) نشان داد تعامل معناداری بین دو گروه در سه زمان وجود دارد (p<۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس مرکب بر عامل زمان و گروه

تعامل	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنادار	اندازه اثر
زمان* گرو خطا (زمان	۲ ۷۶	۲۶۴۳۵/۰۹ ۲۵,۰۰	۲۴۲/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۹۱

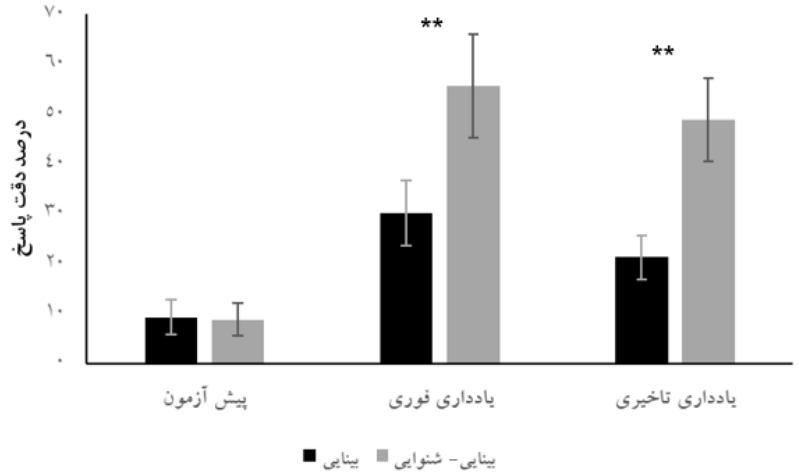
با کنترل اثر زمان، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد بین دو گروه در پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۰۵) اما در یادداری فوری (t=-۹/۳۶، df=۳۸ ،p=۰/۰۰۱) و یادداری تأخیری (p=۰/۰۰۱، df=۳۸، t=-۱۳/۱۶) تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با کنترل اثر گروه، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری نشان داد در گروه بینایی بین پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری تفاوت معنی‌داری در دقت پاسخ وجود داشت (ηp2=۰/۹۰، p=۰/۰۰۱، F=۱۶۶/۱۷). همچنین در گروه بینایی - شنوایی نیز بین پیش-آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری تفاوت وجود داشت (ηp2=۰/۹۵، p=۰/۰۰۱، F=۳۴۷/۴۹).

نتایج آزمون بونفرونی نشان داد در گروه بینایی بین پیش‌آزمون و یادداری فوری، یادداری فوری و یادداری تأخیری، پیش‌آزمون و یادداری تأخیری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (p <۰/۰۰۵). به‌طوری‌که دقت پاسخ گروه بینایی در یادداری فوری (۳۰/۲۰±۶/۴۳)، بیشتر از پیش‌آزمون (۹/۳۰±۳/۴۶)، در یادداری فوری

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

(۳۰/۲۰±٦/٤۳)، بیشتر از یادداری تأخیری (۲۱/٤۰±٤/۳۹) و دقت پاسخ در یادداری تأخیری (۲۱/٤۰±٤/۳۹) بیشتر از پیش‌آزمون (۹/۳۰±۳/٤٦) بود.

نتایج آزمون بونفرونی نشان داد در گروه بینایی - شنوایی بین پیش‌آزمون و یادداری فوری تفاوت وجود داشت (p <۰/۰۰۵) به‌طوری‌که دقت پاسخِ گروه مذکور در یادداری فوری (۵۵/٦۵±۱۰/۳۱)، بیشتر از پیش‌آزمون (۸/۹۰±۳/۲۲) بود. اما بین یادداری فوری و یادداری تأخیری تفاوت وجود نداشت (p>۰/۰۰۵). بین پیش‌آزمون و یادداری تأخیری نیز تفاوت مشاهده شد (p <۰/۰۰۵) به‌طوری‌که دقت پاسخ در یادداری تأخیری (٤۸/۹۰±۸/۲٤) بیشتر از پیش‌آزمون (۸/۹۰±۳/۲۲) بود (شکل ۲).



شکل ٤. درصد دقت پاسخ گروه بینایی و بینایی- شنوایی در سه زمان (پیش‌آزمون، یادداری فوری و یادداری تأخیری)

مدت‌زمان تثبیت

سر، تنه و دست: نتایج نشان داد تعامل معناداری بین دو گروه در سه زمان برای مناطق سر، تنه و دست وجود داشت (p <۰/۰۵). نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری نشان داد مدت‌زمان تثبیت در این سه منطقه، بین سه زمان تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p <۰/۰۵) و نتایج آزمون تی مستقل نشان داد مدت‌زمان تثبیت در بین دو گروه نیز تفاوت معنی‌داری داشت (p <۰/۰۵).

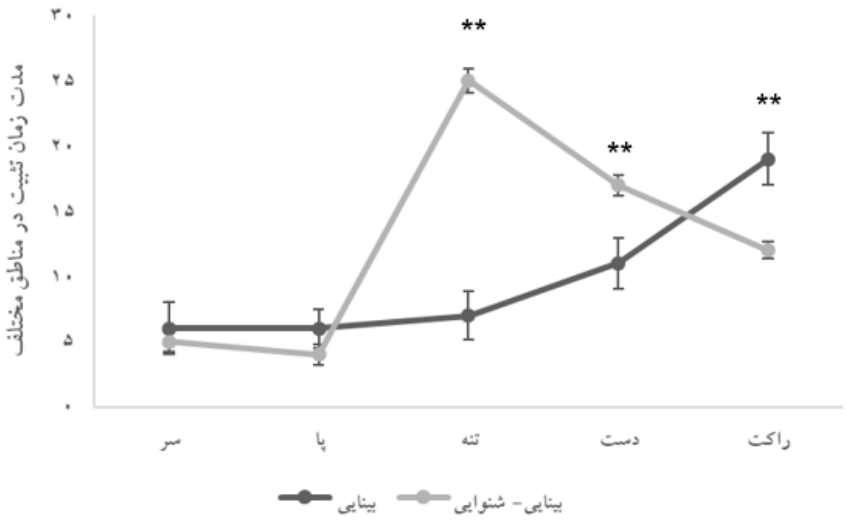
در مرحلهٔ پیش‌آزمون بین مدت‌زمان تثبیت به منطقه سر، تنه و دست در دو گروه بینایی و بینایی - شنوایی تفاوت معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۵). در مرحلهٔ یادداری فوری بین گروه بینایی و بینایی - شنوایی در منطقه سر، تنه و دست تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p <۰/۰۰۵). به‌طوری‌که در یادداری فوری، مدت‌زمان تثبیت به منطقه سر در گروه بینایی - شنوایی (۱۰۲/۱٤±۸۵/۳۸) کمتر از گروه بینایی (۲٦٤/٦۹±۵۱/۸٦)، در منطقه تنه، در گروه بینایی - شنوایی (۱٦/۰۷ ± ٤۱۳/۱۰) بیشتر از گروه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

بینایی (۳۸/٤۰±۳۰۵/۵۹) و مدت‌زمان تثبیت به منطقه دست در گروه بینایی – شنوایی (۸/۳۲ ± ٤۱۷/٤٤) بیشتر از گروه بینایی (۲۷/۸٤±۳۵٦/۸۰) بود.

در مرحلهٔ یادداری تأخیری بین گروه بینایی و بینایی – شنوایی در منطقه سر، تنه و دست تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p <۰/۰۵) به‌طوری‌که مدت‌زمان تثبیت به منطقه سر در گروه بینایی – شنوایی (۱٦/۷۰±۳۹/٤۷) در یادداری تأخیری نیز کمتر از گروه بینایی (۵۰/٤۷±۲۷۵/۷۵)، در منطقه تنه، مدت‌زمان تثبیت در گروه بینایی – شنوایی (۱٦/۸۹ ±۴۰۹/۲۹) بیشتر از گروه بینایی (۲۸/۷۳±۲۷٤/۲۳) و مدت‌زمان تثبیت به منطقه دست در گروه بینایی – شنوایی (۹/۰۸±٤۱۰/۱۱) نیز بیشتر از گروه بینایی (۳۱/۸۷±۳۲۳/۳۰) بود.

راکت و پا: همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب برای منطقهٔ پا و راکت نشان داد تعامل معناداری بین دو گروه در سه زمان وجود نداشت (p>۰/۰۵).



شکل ۵. مدت زمان تثبیت بر مناطق مختلف در هر دو گروه

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر بازخورد دوحسی با استفاده از فراصوت حرکات چشم بر تصمیم‌گیری جهت ضربهٔ کلییر بدمینتون بود. نتایج نشان داد شرکت‌کنندگان گروه بازخورد بینایی – شنوایی پس از مداخله، دقت بالاتر و مدت‌زمان پاسخ کوتاه‌تر و معنی‌دار نسبت به گروه بینایی داشتند. همچنین بررسی الگوی حرکات چشم شرکت‌کنندگان نشان داد استفاده از صدا می‌تواند الگوی رفتار خیرگی افراد مبتدی را به ورزشکاران ماهر نزدیک کند.

مکان‌هایی که بینایی تثبیت می‌شود عامل کلیدی در پیش‌بینی و تصمیم‌گیری جهت ضربه بدمینتون است (۷). طبق نتایج پژوهش حاضر، عاملی که منجر به تفاوت‌های اساسی بین گروه‌های بازخورد تک‌حسی و چندحسی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

شد تثبیت بر مکان‌های کلیدی متفاوت و معنی‌دار بود به طوری‌که در پژوهش آلدر و همکاران (۲۰۱۴)، هنگامی‌که شرکت‌کنندگان بر مکان‌های دیستال (راکت و مچ) تثبیت داشتند تصمیم‌گیری جهت ضربه ناصحیح بود (۹). تفاوت پژوهش آلدر و همکاران با پژوهش حاضر در این است که در پژوهش آنها شرکت‌کنندگان به سمت نقاط کلیدی که برای پیش‌بینی ضروری است، هدایت نشدند و مکان تثبیت در کوشش‌های صحیح و ناصحیح مقایسه شد. احتمالاً بازخورد افزوده چندحسی که در این مطالعه استفاده شد سبب تسهیل یادگیری حرکات پیچیده چشم و به دنبال آن تصمیم‌گیری صحیح در مدت زمان کوتاه گردید. همچنین تمرین با بازخورد تک‌حسی (بینایی) نیز موثر بود که با استفاده از آن شرکت‌کنندگان در یادداری فوری تمایل داشتند از دستورالعمل حرکات چشم که در حین تمرین داده شد، استفاده کنند و سبب افزایش معنی‌دار دقت تصمیم‌گیری صحیح از خط پایه گردید. اما این اثر در آزمون یادداری تأخیری کمتر شد. احتمالاً اضافه کردن بازخورد شنوایی سبب افزایش یادگیری پارامترهای مکانی در فواصل زمانی مناسب شد. یکی از جنبه‌های مهم عملکرد ماهرانه زمان و مکان نگاه است. حرکات چشم از طریق استراتژی جستجو که اجراکننده را به استفاده موثرتر از زمان در دسترس برای تجزیه و تحلیل هدایت می‌کند، کنترل می‌شود. در واقع توانایی اجراکننده برای برداشت نشانه‌های از پیش ارائه شده یا شناسایی الگوهای تعیین‌کننده در بازی با استفاده از این روش صورت می‌گیرد که افراد، صفحه نمایش را برای استخراج اطلاعات مربوطه جستجو می‌کنند (۲). اجراکنندگان با تکلیف برداشت اطلاعات مرتبط در ورزش، در فرایند جستجوی بینایی درگیر می‌شوند. ورزشکاران ماهر الگوی جستجوی بینایی کارآمدتری نسبت به افراد مبتدی دارند به طوریکه هاگمن (۲۰۰۶) در بدمینتون نشان داد ورزشکاران ماهر ابتدا به تنه، دست و سپس به راکت تثبیت‌های بینایی را انجام می‌دهند (۸). همچنین من و همکاران[1] (۲۰۱۹) نیز این نتیجه را در پژوهش مروری خود نشان دادند که افراد خبره الگوی جستجوی بینایی خاصی در هر رشته ورزشی دارند (۲۰). طبق نتایج پژوهش حاضر استفاده از بازخورد شنوایی منجر به تغییر الگوی رفتار خیرگی شرکت‌کنندگان گردید به طوریکه افراد صحنه بصری را کارآمدتر جستجو می‌کردند و در واقع الگوی حرکات چشم‌شان به افراد ماهر نزدیک شده بود. می‌توان این‌گونه نتیجه گیری کرد که استفاده از صوت سبب جهت‌دهی الگوی چشم افراد مبتدی پس از تمرین گردید که نتایج حاصل با پژوهش هیلدبرانت و کانال برولند (۲۰۲۱) همراستا است. در پژوهش آنها نیز استفاده از بازخورد شنوایی سبب الگوی رفتار خیرگی کارآمد شد. از آنجایی که استفاده از صوت جنبه‌های پویای حرکت را وساطت می‌کند، شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر نیز از این ابزار تسهیل‌ساز برای یادگیری جنبه‌های فضایی و زمانی استفاده کردند. این مسئله مطابق با پژوهش سیژریست و همکاران (۲۰۱۵) و دی‌یر و همکاران (۲۰۱۷) و جاکس و همکاران[2] (۲۰۱۷) بود (۴, ۱۲, ۲۱). در پژوهش سیژریست و همکاران (۲۰۱۵)، شرکت‌کنندگان، در اجرای صحیح مهارت پیچیده با بازخورد بینایی- شنوایی بهتر از بازخورد بینایی-لمسی و بینایی به تنهایی بودند که منجر به کاهش خطای فضایی-

1 . Mann, David, Causer, Joe, Nakamoto, Hiroki, Runswick, Oliver
2 . Jakus, Stojmenova, Tomažič, & Sodnik

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

زمانی، شد. همچنین دی‌یر و همکاران (۲۰۱۷) و جاکس و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند استفاده از صوت به عنوان بازخورد، ادراک حرکت را افزایش می‌دهد با این شرط که با احتیاط استفاده گردد.

همچنین نتایج آزمون یادداری تأخیری نشان داد گروه بازخورد بینایی – شنوایی که بازخورد هم‌زمان دریافت می‌کردند در تصمیم‌گیری جهت ضربه نسبت به گروه بینایی دقیق‌تر و سریع‌تر عمل کردند. نتایج از فرضیهٔ هدایت، حمایت می‌کند؛ اما عدم وابستگی شرکت‌کنندگان به بازخورد بینایی – شنوایی در یادداری تأخیری نشان داد بازخورد هم‌زمان سبب هدایت شرکت‌کنندگان گردید؛ اما منجر به وابستگی آنها نشد. همان‌طور که توسط محققان دیگر گزارش شده است بازخورد شنوایی می‌تواند توجه را بر جنبه‌هایی خاص از تکلیف متمرکز کند که در پژوهش حاضر هدف، مناطق خاص بدن بود و شرکت‌کنندگان با استفاده از صدا، انحراف واقعی را نسبت به مرجع با استفاده از یادگیری اکتشافی درک کردند.

از آنجایی‌که این بازخورد سبب بهبود عملکرد شد احتمالاً بازخورد افزوده‌شنوایی همزمان، اضافه باری را بر حافظه کاری شرکت‌کنندگان تحمیل نکرد و می‌توان این نتیجه‌گیری را کرد که بازخورد همزمان و مکرر لزوماً مانع یادگیری نمی‌شود. اگر بازخورد به خوبی طراحی شده باشد یعنی سبب تحمیل بار اضافی به یادگیرنده نشود و اجازه دهد یادگیرنده به پردازش بازخورد درونی بپردازد سبب وابستگی وی نمی‌گردد. در واقع، اگرچه بازخورد بینایی سبب شد شرکت‌کنندگان تصمیم‌گیری صحیح و الگوی جستجوی بینایی متناسب با دستورالعمل داشته باشند اما طبق نتایج، بازخورد بینایی به تنهایی سبب تشخیص جهت ضربه در یادداری تأخیری نشد و اثر آن از بین رفت. به نظر می‌رسد، فراصوت حرکت چشم که به بازخورد بینایی اضافه شد ادراک حرکت را بیشتر از بازخورد بینایی به تنهایی تسهیل می‌سازد. با این وجود نمی‌توان ادعا کرد که تنظیم پارامترها با استفاده از فراصوت برای شرکت‌کنندگان با هر سطح مهارتی مطلوب است. طبق پژوهش سیژریست و همکاران (۲۰۱۵) می‌توان گفت احتمالاً فراصوت حرکت به بخشی از بازنمایی درونی فرد و احساسات آنها مبدل می‌گردد (۱۲).

همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر، نظریه‌ی اختصاصی بودن یادگیری را به چالش می‌کشاند. فرض اصلی این نظریه این است ویژگی‌های متفاوت تمرین، منجر به نتایج مختلف در یادگیری می‌شود که به عنوان عملکردی از تعامل بین موقعیت‌های تمرین و یادگیری ظاهر می‌شود. براساس این نظریه، اطلاعات آوران حسی در تمامی مراحل یادگیری و تمرین مهارت مهم است و با افزایش طول جلسات و تعداد کوشش های تمرین، بر اهمیت نقش منابع اطلاعاتی مذکور افزوده می شود. طبق اصل ویژگی حسی و حرکتی این نظریه، یادگیری مهارت‌های حرکتی یک بازنمایی حسی- حرکتی است که اجزای حرکتی را با اطلاعات حسی در حین تمرین یکپارچه می‌کند. به این معنی که حذف یا اضافه کردن اطلاعات حسی موجود در مرحله اکتساب، باعث تخریب توانایی اجراکننده در آزمون انتقال یا یادداری می‌شود (۱۹). اما در این پژوهش استفاده از حس اضافی در مرحله اکتساب، سبب تفاوت بازنمایی حسی- حرکتی بین مرحله‌ی اکتساب و یادداری شد و طبق نظریه‌ی اختصاصی بودن یادگیری این نوع تمرین باید منجر به تخریب یادگیری شرکت‌کنندگان می‌گشت اما نتایج نشان داد استفاده از بازخورد چندحسی سبب پیشرفت در تشخیص جهت ضربه شد با وجود اینکه در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

آزمون یادداری تأخیری بازخورد همزمان چندحسی حذف شد همچنین شرکت‌کنندگان الگوی خیرگی (تثبیت کمتر، مدت زمان طولانی‌تر بر نقاط کلیدی) و دقت تصمیم‌گیری بالاتری نسبت به پیش‌آزمون داشتند. احتمالاً پردازش موازی صوت و اضافه نکردن بار اضافی در حافظه کاری منجر به چالش کشیدن نظریه اختصاصی تمرین گردید.

ازآنجایی‌که عملکرد شرکت‌کنندگان حین خستگی کاهش می‌یابد، پیشنهاد می‌شود نقش فراصوت حرکات چشم در پیش‌بینی جهت ضربه حین خستگی ذهنی و جسمی نیز سنجیده شود. همچنین ازآنجایی‌که صوت می‌تواند توجه شرکت‌کنندگان را تغییر دهد، پیشنهاد می‌شود محققان جهت انجام پژوهش‌های تمرکز توجه از این روش به‌عنوان اطمینان از جهت‌دهی تمرکز توجه استفاده کنند.

این مقاله مستخرج از رساله دکتری است و پژوهشگران از تمامی شرکت‌کنندگانی که در این پژوهش باعلاقه و صبوری شرکت کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

Refrences

1. Smith SM, Krajbich Ps. Gaze amplifies value in decision making. Psychological science. 2019;30(1):116-28.https://doi.org/10.1177/0956797618810521
2. Williams AM, Jackson RS. Anticipation in sport: Fifty years on, what have we learned and what research still needs to be undertaken? Psychology of Sport and Exercise. 2019;42:16-24.https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.11.014
3. Hancock DJ, Ste-Marie D. Gaze behaviors and decision making accuracy of higher-and lower-level ice hockey referees. Psychology of Sport and Exercise. 2013;14(1):66-71. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.08.002
4. Dyer JF, Stapleton P, Rodger M. Mapping sonification for perception and action in motor skill learning. Frontiers in neuroscience. 2017;11:463. https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00463
5. Schnyder U, Koedijker JM, Kredel R, Hossner EJ. Gaze behaviour in offside decision-making in football. German journal of exercise and sport research. 2017;2(47):103-9. 10.1007/s12662-017-0449-0
6. Raab M, Bar-Eli M, Plessner H, Araújo D. The past, present and future of research on judgment and decision making in sport. Psychology of Sport and Exercise. 2019;42:25-32.https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.10.004
7. Orquin JL, Loose SM. Attention and choice: A review on eye movements in decision making. Acta psychologica. 2013;144(1):190-206. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.06.003
8. Hagemann N, Strauss B, Cañal-Bruland R. Training perceptual skill by orienting visual attention. Journal of sport and exercise psychology. 2006;28(2):143-58. https://doi.org/10.1123/jsep.28.2.143
9. Alder D, Ford PR, Causer J, Williams AM. The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of badminton shots. Human movement science. 2014;37:167-79. https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.07.002
10. Sigrist R, Rauter G, Riener R ,Wolf P. Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review. Psychonomic bulletin & review. 2013;20(1):21-53. https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]

11. Chen S, Shi Z, Müller HJ, Geyer T. Multisensory visuo-tactile context learning enhances the guidance of unisensory visual search. Scientific reports. 2021;11(1):1-15. https://doi.org/10.1038/s41598-021-88946-6
12. Sigrist R, Rauter G, Marchal-Crespo L, Riener R, Wolf P. Sonification and haptic feedback in addition to visual feedback enhances complex motor task learning. Experimental brain research. 2015;233(3):909-25. https://doi.org/10.1007/s00221-014-4167-7
13. Schmidt RA. Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations. Tutorials in motor neuroscience: Springer; 1991. p. 59-75. https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.07.002
14. Wolpert DM, Diedrichsen J, Flanagan J. Principles of sensorimotor learning. Nature Reviews Neuroscience. 2011;12(12):739-51. doi:10.1038/nrn3112
15. Coutrot A, Guyader N, Ionescu G ,Caplier A. Influence of soundtrack on eye movements during video exploration. Journal of Eye Movement Research. 2012;5(4):2. https://hal.science/hal-00723883v1
16. Khalaji M, Aghdaei M, Farsi A, Piras A. The effect of eye movement sonification on visual search patterns and anticipation in novices. Journal on Multimodal User Interfaces. 2022. 1:1-0. https://doi.org/10.1007/s12193-021-00381-z
17. Al Fayyadh MJ, Hassan RA, Tran ZK, Kempenich JW, Bunegin L, Dent DL, Willis RE. Immediate auditory feedback is superior to other types of feedback for basic surgical skills acquisition. Journal of surgical education. 2017;74(6):55-61. https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2017.08.005
18. Hildebrandt A, Cañal-Bruland R. Effects of auditory feedback on gait behavior, gaze patterns and outcome performance in long jumping. Human Movement Science. 2021;78:102-127. https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102827
19. Proteau LJAip. On the specificity of learning and the role of visual information for movement control. Advances in psychology. 1992;85:67-103. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62011-7
20. Mann DL, Causer J, Nakamoto H, Runswick OR. Visual search behaviours in expert perceptual judgements. In Anticipation and decision making in sport. 2019. p. 59-78. https://doi.org/10.4324/9781315146270-4
21. Jakus G, Stojmenova K, Tomažič S, Sodnik J. A system for efficient motor learning using multimodal augmented feedback. Multimedia Tools and Applications. 2017;76(20):20409-21. DOI 10.1007/s11042-016-3774-7

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22520716.1404.15.29.4.6]