Sport Sciences Research Institute of Iran

Spring 2024/ Vol. 13/ No. 47/ Pages 125-144

Extended Abstract

The Effect of Mental Fatigue on Gaze Behavior and Decision-Making in Forehand Smash in Badminton

Faezeh Khoshdouni Farahani[1], Parvaneh Shamsipour Dehkordi[2], Maryam Khalaji[3]

1. MSc, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
3. Postdoc Researcher, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

Received: 11/04/2023, Revised: 30/01/2024, Accepted: 19/02/2024

* Corresponding Author: Maryam Khalaji, Tel: 09129547767, E-mail: m_khalaji@sbu.ac.ir

How to Cite: Khoshdouni Farahani, F., hamsipour Dehkordi, P., Khalaji, M. (2024). The Effect of Mental Fatigue on Gaze Behavior and Decision-Making in Forehand Smash in Badminton. *Sport Psychology Studies*, *13*(47), 125-144. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

In racket sports, the ability to quickly process relevant visual information is crucial in sports performance. This active process is essential, Boksem, Meijman, Lorist, 2005). This is particularly important in badminton, known for its fast flight velocities and short, high-intensity actions. (Alder et al., 2019). Many theories analyzing visual search data suggest that effective processing of search arrays is crucial for decision-making (Williams & Jackson, 2019). While various factors can contribute to memory loss and inefficient visual search, mental fatigue—defined as the result of intense cognitive activity—plays a particularly significant role (Alder et al., 2019; Williams & Jackson, 2019). Accordingly, this study aimed to investigate the effect of mental fatigue on gaze behavior and decision-making in the badminton overhead shot.

Materials and Methods

Thirty-six female students (aged 20–35) from Alzahra University participated in this study. Participants were randomly assigned to either the mental fatigue group or the control group. All participants provided written informed consent, and the study was approved by the Research Institute of Sports Sciences (104690). Eye movements were recorded during each trial using a 120 Hz eye-tracking system (Pupil Labs, Berlin, Germany). To

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/).

induce and measure mental fatigue, the Stroop test, a visual analog scale ranging from 0 to 10, and the Borg scale ranging from 6 to 20 were utilized.

First, the eye-tracking device was calibrated to map participants' eye positions to specific locations on the screen for the pre-test. Following calibration, participants viewed a 20-shot video of badminton overhead shots, with the video paused at the moment of racket-shuttle contact. Participants were instructed to decide the direction of the shot as quickly as possible while wearing the eye-tracking device. Forty-eight hours after the pre-test, participants completed the visual analog scale questionnaire to measure mental fatigue, both before and after a 60-minute Stroop test. The control group followed their daily routine and then completed the post-test following the same procedure as the pre-test. Decision accuracy, decision time, and gaze behavior (mean fixation duration and mean fixation number) were measured. A mixed variance analysis (2 × 2) was used to evaluate the effects of group (mental fatigue vs. control) and phase (pre-test vs. post-test) on these variables.

Findings

The findings presented in Table 1 revealed significant effects for the interactive effect, the main effect of the phases, and the main effect of the group on decision accuracy and decision time ($p < 0.05$). Further analysis using an independent t-test, with time held constant, indicated significant differences between the two groups in the post-test for both decision accuracy and decision time ($p < 0.05$).The comparison of means revealed that the mental fatigue group had lower decision accuracy (12.77 ± 8.94) compared to the control group (30.55 ± 9.37), and a longer decision time (2.89 ± 0.68) compared to the control group (2.63 ± 0.62) after experiencing fatigue. Controlling for group effects, the results of the dependent t-test indicated a significant difference between the pre-test and post-test within the mental fatigue group for both decision accuracy and decision time ($p < 0.05$).In the control group, there was no significant difference between the pre-test and post-test ($p > 0.05$). Additionally, the comparison of means indicated that in the post-test, the mental fatigue group had lower decision accuracy (12.77 ± 8.94) compared to the pre-test (32.63 ± 11.47), and a longer decision time (2.89 ± 0.68) compared to the control group (2.52 ± 0.61).In fixation duration and fixation number, the interactive effect, the main effect of phases, and the main effect of group were all significant ($p < 0.05$) (Table 1). Further analysis using an independent sample t-test revealed significant differences between the two groups in fixation duration and fixation number in the post-test ($p < 0.05$). The comparison of means showed that the mental fatigue group had a shorter fixation duration (314.72 ± 40.48) compared to the control group (357.15 ± 30.43). Additionally, the fixation duration in the mental fatigue group was shorter in the post-test (314.72 ± 40.48) compared to the pre-test (347.61 ± 43.57). In contrast, there was no significant difference in fixation duration between the two measurement times in the control group. The comparison of means for fixation numbers showed that the mental fatigue group (47.22 ± 5.36) had a higher number of fixations compared to the control group (39.16 ± 6.71) in the post-test.

Table 1. Analysis of dependent variables in the mental fatigue and control groups

Source		Sum of squares	df	Mean squares	F	Sig	Partial Eta
Decision Accuracy	phase	1375.45	1	1375.45	79.84	0.001	0.69
	group	2117.21	1	2117.21	10.10	0.003	0.22
	phase × group	1548.42	1	1548.42	89.88	0.001	0.72
	error	602.92	35	17.22	---	-------	--------
Decision time	phase	2.40	1	2.40	8.21	0.007	0.19
	group	7.99	2	3.99	6.61	0.004	0.28
	phase × group	8.99	2	4.50	15.24	0.001	0/47
	error	9.94	35	0.29	------	------	-------
Fixations duration	phase	3186.36	1	3186.36	6.97	0.012	0.16
	group	9505.29	1	9505.29	5.37	0.026	0.13
	phase × group	7218.36	1	7218.36	15.81	0.001	0.31
	error	15979.09	35	456.54	------	-----	------
Fixation number	phase	230.06	1	230.06	7.63	0.009	0.17
	group	27.55	1	27.55	0.56	0.040	0.01
	phase × group	378.98	1	378.98	12.57	0.001	0.26
	error	1054.47	35	30.12	------	-----	------

Conclusion

The results indicate that mental fatigue impairs the accuracy and decision-making time in overhead shots in badminton, leading to increased fixation duration and numbers in the mental fatigue group compared to the control group. According to Smith et al. (2016), mental fatigue can hinder efficient visual search. They also observed differences in the visual search behaviors of fatigued soccer players compared to those who were not fatigued, suggesting that the fatigued players may have had difficulty effectively using contextual cues that influence decision-making and anticipation. . Specifically, the participant is likely to analyze information related to the direct opponent's body position. However, mental fatigue can cause the player to rely on less relevant information, thus affecting the decision-making process (Boksem, Meijman, & Lorist, 2005). These findings provide additional and comprehensive insights into the impact of demanding cognitive tasks on players' ability to make accurate decisions.

Article Message

Mental fatigue can significantly impact an athlete's performance in badminton, particularly during over-head shots. A recent study revealed that mental fatigue can lead to changes in gaze behavior, reducing visual attention and slowing decision time. This can impair an athlete's ability to make quick and accurate decisions during a match. To combat this, athletes should incorporate mental fatigue management strategies into their training routine. Coaches also play a crucial role in supporting their athletes in managing mental fatigue. By addressing these psychological

factors, athletes and coaches can interact together to optimize performance in badminton and other sports.

Ethical Considerations

When studying the effect of mental fatigue on novices' gaze behavior and decision-making in badminton, ethical considerations are paramount. Researchers must ensure participants' well-being, informed consent, and confidentiality. It's crucial to minimize any potential harm and provide debriefing after the study. Additionally, researchers should be transparent about the study's purpose and potential risks, and ensure that participants have the option to withdraw at any time without consequences.

پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی
بهار ۱۴۰۳، دوره ۱۳، شماره ۴۷، صفحه‌های ۱۴۴-۱۲۵

تاثیر خستگی ذهنی بر رفتار خیرگی و تصمیم‌گیری در ضربه‌ی تاس فورهند بدمینتون

فائزه خوشدونی فراهانی[۱]، پروانه شمسی‌پوردهکردی[۲]، مریم خلجی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲ ، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

* Corresponding Author: Maryam Khalaji, Tel: 09129547767, E-mail: m_khalaji@sbu.ac.ir

How to Cite: Khoshdouni Farahani, F., hamsipour Dehkordi, P., Khalaji, M. (2024). The Effect of Mental Fatigue on Gaze Behavior and Decision-Making in Forehand Smash in Badminton. *Sport Psychology Studies*, *13*(47), 125-144. In Persian.

چکیده

اهداف: خستگی ذهنی که ناشی از انجام فعالیت شناختی سخت تعریف می‌شود می‌تواند جستجوی بینایی، سرعت حرکت یا انتخاب‌های تاکتیکی در ورزش را مختل کند بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر خستگی ذهنی بر رفتارخیرگی و تصمیم‌گیری در ضربه ی تاس فورهند بدمینتون بود. مواد و روش: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی که در دو زمان پیش‌آزمون پس‌آزمون همراه با گروه کنترل انجام شد. بدین منظور تعداد ۳۶ دانشجو (سن:۲۰-۳۵، جنسیت: مؤنث) از دانشگاه الزهرا (س) به‌صورت در دسترس انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی در دو گروه خستگی ذهنی و گروه کنترل قرار گرفتند. در مرحله پیش‌آزمون، فیلم آزمون ۲۰ ضربه تاس فورهند بدمینتون که در لحظه برخورد توپ با راکت قطع‌شده بود، نمایش داده شد. شرکت‌کنندگان جهت حرکت شاتل را در حالی‌که عینک ردیابی چشم زده بودند، تصمیم‌گیری می‌کردند. ۴۸ ساعت پس از مرحله پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان پرسشنامه‌ی مقیاس آنالوگ بینایی را برای سنجش میزان خستگی‌ذهنی قبل و بعد از اجرای ۶۰ دقیقه آزمون استروپ پر کردند. گروه کنترل در این زمان تکلیفی را انجام نداد سپس پس‌آزمونی مطابق مراحل پیش‌آزمون انجام شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد خستگی ذهنی منجر به افزایش تعداد تثبیت‌ها و کاهش مدت زمان آن شد و دقت تصمیم‌گیری کاهش و زمان آن افزایش یافت. نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که خستگی ذهنی دقت و سرعت تصمیم‌گیری را در بدمینتون مختل می‌کند. این اختلالات احتمالاً به تغییر در رفتار جستجوی بینایی مربوط می‌شود.

واژگان کلیدی: دقت، تثبیت، پاسخ حرکتی، خستگی ذهنی

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/).

مقدمه

خستگی شناختی به تبیین شناختی درماندگی می‌پردازد. اگر افراد در موقعیتی قابل کنترل قرار گیرند، بازخورد اطلاعاتی مناسب و بامعنایی را در پاسخ به فرضیه‌هایی که در ذهن خود شکل داده، دریافت می‌کنند و به تدریج یک فرضیه تأیید و سایر فرضیه‌ها رد می‌شود؛ اما در مواجهه با یک موقعیت غیرقابل کنترل، افراد بازخورد اطلاعاتی معناداری دریافت نمی‌کنند و این امر باعث ایجاد ابهاماتی در ذهن آنها می‌شود که پس از مدتی به یک حالت روانشناختی با عنوان خستگی شناختی وارد می‌شوند که در آن حالت افراد از فکر کردن باز می‌ایستند (اسمیت و همکاران[1]، ۲۰۱۶). خستگی شناختی می‌تواند از نظر ذهنی (افزایش احساس خستگی، فقدان انرژی، کاهش انگیزش و هشیاری)، رفتاری، کاهش در عملکرد تکلیف شناختی (کاهش دقت و یا افزایش زمان عکس العمل) و تغییرات الکتروفیزیولوژیک در فعالیت مغز نشان داده شود (وان کاستم [2] و همکاران ، ۲۰۱۷). به عبارت دیگر، هنگامی که ظرفیت ذهنی فراتر رود، مغز از نظر ذهنی خسته می‌شود. وقتی افراد خسته هستند بی‌تفاوت، ناامید و دچار استرس می‌شوند و توانایی یا ظرفیت یادگیری آن‌ها کاهش می‌یابد (آلین باین و همکاران[3]، ۲۰۲۲). در محیط ورزشی خستگی ذهنی می‌تواند خود را به روش‌های مختلف مانند افزایش خطا، زمان واکنش کند از طریق تاثیر در مهارت‌های فنی مانند جستجوی بینایی، سرعت حرکت و دقت تصمیم‌گیری یا انتخاب‌های تاکتیکی خود را نشان دهد (فورتس و همکاران[4]، ۲۰۲۲).

تصمیم‌گیری به توانایی مغز انسان برای درک اطلاعات مرتبط از محیط، تفسیر صحیح این اطلاعات و سپس انتخاب پاسخ حرکتی مناسب اشاره دارد (گانتویس[5] و همکاران، ۲۰۲۲). با توجه به فرآیند شناختی مربوط به تصمیم‌گیری (ادراک بصری، توجه، پیش بینی و حافظه) و مقدار اطلاعاتی که هر لحظه به ورزشکاران داده می‌شود، این احتمال وجود دارد که اگر یکی از مولفه‌های تصمیم‌گیری او به خطر بیفتد یعنی ورزشکار از نظر ذهنی خسته شده باشد ممکن است نتواند بهترین تصمیم را بگیرد. بازیکنان در روند اجرای مهارت‌های حرکتی در تکالیف نزدیک[6] تثبیت‌های کمتر با مدت‌زمان طولانی‌تر را تجربه می‌کند و در تلاش هستند تا از این طریق اطلاعات موردنیاز برای پیش‌بینی حرکت حریف را فراهم کند. اما این الگوی رفتار خیرگی می‌تواند از طریق عوامل شناختی مختلف مانند خستگی ذهنی بیش از حد معکوس گردد و افراد برای جبران خستگی ذهنی، تعداد تثبیت‌ها را افزایش و مدت آن را کوتاه کنند (ویلیامز و جکسون[7]، ۲۰۱۹، پیراس و همکاران[8]، ۲۰۱۴). خستگی ذهنی عملکرد اجرایی و توانایی حفظ توجه به آنچه در طول یک کار مهم است، تمرکز ضعیف، تنظیم عملکرد، واکنش سریع و دقیق، و تفسیر نشانه‌های معنادار در میدان بینایی را به خطر می‌اندازد (بوکسم[9] و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین، خستگی ذهنی ممکن است برای عملکرد ورزشکاران بدمینتون مضر باشد زیرا تصمیم‌گیری و مهارت‌های فنی به آن مؤلفه‌های شناختی متکی است (کاساک و همکاران[10]، ۲۰۲۰، وان کاستم و همکاران[11]، ۲۰۱۹). در مهارت‌های ورزشی، برای شناسایی سریع مسیر شاتل بدمینتون یا تشخیص موقعیت حمله در نت‌بال، اجراکنندگان باید موقعیت چشم‌ها را به طور پیوسته برای وضوح بینایی مطلوب حفظ نمایند تا بتوانند صحیح‌ترین تصمیم را بگیرند اما طبق پژوهش‌های مختلف خستگی خصوصا در ورزشکاران مبتدی مانع از این امر می‌شود (وان کاستم و همکاران، ۲۰۱۹، پاگوکس و لپرز[12]، ۲۰۱۸). فورتس و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر مهارت تصمیم‌گیری و رفتار جستجوی بینایی در بسکتبالیست‌ها پرداختند؛ آن‌ها نشان دادند خستگی ذهنی ناشی از بازی ویدیویی مبتنی بر ورزش، تصمیم‌گیری را مختل می‌کند و درصد خطا در تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد و تعداد تثبیت ها را نسبت به قبل از خستگی ذهنی افزایش می دهد. می توان گفت مهارت‌های ادراکی-شناختی، ظرفیت ورزشکار برای شناسایی اطلاعات مربوط به تکلیف در محیط هستند که اطلاعات موجود را با دانش قبلی فرد برای تصمیم‌گیری یا کنترل پاسخ‌های حرکتی یکپارچه می‌کند. رفتار خیرگی یکی از مهارت‌های ادراکی مرتبط با عملکرد است و عامل

1. Smith, Zeuwts, Lenoir, Hens, De Jong, & Coutts
2.Van Cutsem & Marcora & De Pauw & Bailey & Meeusen & Roelands
3. Alleyne Bayne & Inan
2. Fortes, Lima-Junior, Barbosa, Faro, Ferreira, & Almeida
4. Gantois & Ferreira & Lima-Junior & Nakamura & Batista & Fonseca & Fortes
5. Close Task
6. Williams, & Jackson
7. Pires, Silva-Junior, Brietzke
8. Boksem & Meijman & Lorist
9. Kosack, Staiano, Folino, Hansen, & Lønbro
10. Van Cutsem, De Pauw, Vandervaeren, Marcora, Meeusen, & Roelands
11. Pageaux, & Lepers

کلیدی برای تصمیم‌گیری است که بر خبرگی و عملکرد تاثیر می‌گذارد. ورزشکاران برای تصمیم‌گیری صحیح نیاز به استخراج مناطق غنی از اطلاعات دارند که رفتار خیرگی فرد می‌تواند حاکی از این باشد که فرد این مناطق را برای تصمیصم‌گیری صحیح شناسایی کرده است یا خیر (بابادی آقاخانپور و همکاران، ۲۰۲۱). بابادی آقاخانپور و همکاران، (۲۰۲۱) به مقایسه‌ی رفتار جستجوی بینایی و دقت تصمیم‌گیری در داوران خبره و مبتدی شمشیربازی پرداختند. نتایج نشان داد داوران خبره دقت تصمیم‌گیری بالاتری نسبت به داوران مبتدی داشتند. همچنین میانگین مدت زمان تثبیت داوران خبره طولانی‌تر، تعداد تثبیت کمتر و مکان تثبیت متفاوتی نسبت به داوران مبتدی داشتند. همچنین خلجی و همکاران (۲۰۲۱) و هاگمن (۲۰۰۶) بیان کردند برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری صحیح جهت ضربات تاس بدمینتون، ورزشکاران باید ابتدا به مناطق پروگزیمال (تنه) و سپس به مناطق دیستال جهت‌دهی توجه بصری را انجام دهند. همچنین کونیرو سوارز [1] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش مروری خود به تأثیر آموزش تصمیم گیری از دیدگاه شناختی بر تصمیم گیری پرداختند. هدف اصلی پژوهش آن‌ها بهبود تصمیم‌گیری از طریق پارامترهای بینایی و زمانی و همچنین بهینه‌سازی استراتژی جستجوی بینایی بود. سوارز و همکاران (۲۰۲۰) بر این عقیده بودند که بهبود در تصمیم‌گیری از طریق بهبود فرایندهای شناختی و فرایندهای مرتبط با حافظه قابل دست‌یابی است. نتایج نشان داد آموزش تصمیم‌گیری مبتنی بر دیدگاه شناختی بر بهبود فرایندهای مربوط به حافظه در شرایط خستگی ذهنی از طریق مشاهده فیلم و یا بازخورد ویدئویی تأثیر می‌گذارد؛ همچنین روش آموزش تصمیم‌گیری این امکان را می‌دهد که مهم‌ترین محرک‌ها در محیط حتی در شرایط خستگی، انتخاب و پردازش شوند و سریع‌تر به پاسخ مناسب و مؤثر در شرایط مختلف دست پیدا کنند. بازیکنان در رشته های مختلف باید برای دوره های طولانی متمرکز بمانند و به طور مداوم محیط در حال تغییر را اسکن و اطلاعات مربوطه را شناسایی کنند تا تحت محدودیت‌های زمانی و فشار شدید تصمیم گیری کنند (کوتس[2]، ۲۰۱۶). این خواسته‌های ادراکی–شناختی احتمالاً باعث افزایش سطح خستگی ذهنی در طول رقابت می شود (والش[3]، ۲۰۱۴). نشان داده شده است که خستگی ذهنی منجر به کاهش عملکرد فنی (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶) و عملکرد تاکتیکی (کونرات و همکاران[4]، ۲۰۲۰)، کاهش مهارت بدنی (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵)، اختلال در ادراک محیطی (کنرات و همکاران، ۲۰۲۰)، و افزایش زمان تصمیم گیری و کاهش دقت (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶) می شود. در حالی که پژوهش‌های بنیادی نشان می‌دهد که خستگی ذهنی منجر به استفاده ضعیف از نشانه‌های بصری برای آماده سازی اقدام می شود (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۶). تأثیر خستگی ذهنی بر رفتارهای جستجوی بصری در ورزش کمتر واضح است. به عنوان مثال، اسمیت و همکاران (۲۰۱۶)، توضیح می دهد که چگونه در فوتبال انجام ۳۰ دقیقه فعالیت ذهنی چالش برانگیز، مانند تکلیف استروپ، رتبه‌بندی تلاش ذهنی را افزایش داد و سرعت و دقت تصمیم گیری را مختل کرد. اسمیت و همکاران (۲۰۱۶)، بیان کرد حجم نمونه در تعیین اینکه آیا خستگی ذهنی بر رفتار جستجوی بصری و تصمیم‌گیری تأثیر می‌گذارد یا خیر، دشوار می‌سازد. هنوز پژوهش‌های لازم برای بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر رفتارهای جستجوی بصری ورزشکاران ماهر و مبتدی اندک است. همچنین دانکن و همکاران[5] (۲۰۱۵) بر این عقیده بودند که فعالیت شناختی مداوم منجر به خستگی ذهنی می‌شود و بر مهارت‌های هماهنگی و عملکرد زمان‌بندی پیش‌بینی تصادفی در مقایسه با شرایط کنترل تأثیر منفی می گذارد. از طرفی بورا[6] (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر توانایی‌های ادراکی منتخب (ادراک عمق، ادراک وزن و ادراک پیش‌بینی) در میان دانش‌آموزان پرداخت که نتیجه پژوهش او نشان داد خستگی ذهنی بر ادراک پیش‌بینی تاثیری ندارد. این مطالعات، اطلاعاتی در مورد جستجوی بینایی و تأثیر خستگی بر سرعت و دقت مهارت نتایج متناقضی ارائه می‌دهد. خستگی ذهنی می‌تواند بر مهارت‌های مرتبط با بینایی حرکتی در محیط ورزشی خاص آسیب رساند (بهرنس[7] و همکاران، ۲۰۱۷، لومانسک[8] و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین آلدر و همکاران[9] (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر قضاوت‌های پیش‌بینی‌کننده‌ی بازیکنان ماهر فوتبال بررسی کردند. نتایج نشان داد دقت پاسخ در شرایط خستگی ذهنی در مقایسه با پایه کاهش یافت. پرگر[10] و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند خستگی ذهنی باعث ایجاد تداخل در جستجوی بینایی شد که منجر

1. Conejero Suárez
2. Coutts
3. Walsh
4. Kunrath& Nakamura & Roca
5. Duncan, Fowler, George, Joyce, & Hankey
6. Bora
7. Behrens & Mau-Moeller & Lischke & Katlun, & Gube & Zschorlich &.Weippert
8. Le Mansec & Pageaux & Nordez & Dorel & Jubeau
9. Alder, Broadbent& Poolton
10. Pergher & Vanbilsen & Hulle

به کاهش دقت و افزایش زمان واکنش گردید. اما اسمیت و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند خستگی ذهنی منجر به اختلال در تصمیم‌گیری شد اما تغییراتی در رفتار جستجوی بینایی مشاهده نشد. در ورزش بدمینتون که سرعت ضربات بالا است، وزشکاران همواره نیاز به تصمیم‌گیری و پیش‌بینی جهت ضربه دارند. افراد مبتدی هنگام آغاز یادگیری توجه بصری محدوتری دارند و احتمالاً محرک‌های مزاحم بر عملکردشان تاثیر می‌گذارد. با توجه به بررسی پیشینه‌ی پژوهش و نتایج متناقض در این زمینه به ویژه در الگوی جستجوی بینایی و استفاده از تکالیف ورزشی متفاوت پژوهش حاضر این مسئله را بررسی می‌کند که آیا خستگی ذهنی می‌تواند سرعت و دقت تصمیم‌گیری افراد مبتدی را در تکلیف ضربه تاس بدمینتون تحت تاثیر قرار دهد؟ و آیا رفتار خیرگی تحت تاثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرد؟

روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی، با طرح پیش‌آزمون- پس- آزمون با گروه کنترل و از حیث هدف ، کاربردی بود.

شرکت‌کنندگان

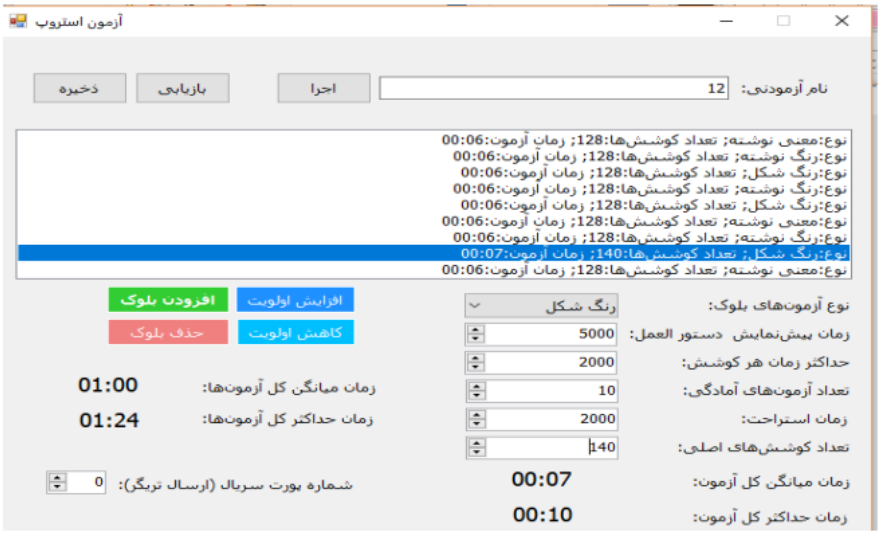
تعداد نمونه بر اساس نرم‌افزار جی پاور نسخه‌ی (G*Power 3.1.9.7) اندازه‌گیری شد. برای دستیابی به توان ۰/۸۰ با ۰/۰۵= α ، اندازه اثر = ۰/۵۰، تعداد گروه= ۲، برای آزمون آماری ANOVA (Fixed effect, special, main effects and interaction) و نوع تحلیل توان (compute required sample size- given α, power, and effect size)، حجم نمونه ۳۴ نفر تخمین زده شد. به منظور انجام این پژوهش ۳۴ شرکت‌کننده (جنسیت: مونث، سن: ۲۰-۳۵ سال، راست دست، با بینایی نرمال) که آشنایی قبلی با فعالیت‌های ارائه شده در پژوهش نداشتند، به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به دو گروه خستگی ذهنی و کنترل (n=۱۸) تقسیم شدند. تمامی شرکت‌کنندگان قبل از شرکت در مطالعه، رضایت‌نامه کتبی و فرم اطلاعات فردی را پر کردند. پیش از جمع آوری داده ها از پژوهشگاه علوم ورزشی کد اخلاق به شماره‌ی SSRI.REC-2205-1620 اخذ شد.

ابزار و شیوه گردآوری داده‌ها

ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل پرسش‌نامه اطلاعات دموگرافیک، فرم رضایت آگاهانه، دستگاه ردیابی چشم (مدل: SMI، ساخت شرکت: Pupil Labs، سرعت نمونه‌گیری[1]: ۶۰HZ، دقت: ۰/۴۰ درجه، کشور ساخت: آلمان) برای ثبت حرکات چشم، آزمون تصمیم‌گیری (تشخیص دقت و سرعت جهت شاتل بدمینتون در ضربه‌ی تاس فورهند)، آزمون استروپ به منظور ایجاد خستگی ذهنی (پایایی این آزمون از طریق آزمون-آزمون مجدد ۰/۸۲ و روایی آن ۰/۸۵ است (استروپ، ۱۹۹۲). در تکلیف استروپ به صورت رنگ کلمه، شرکت‌کننده‌ها باید بدون توجه به معنی کلمه، یکی از چهار کلید رنگی روی صفحه‌کلید (زرد، قرمز، آبی، سبز) را که مطابق با رنگ جوهر کلمه بود فشار می‌دادند. این روش به فرایند کنترل توجه (نامگذاری رنگ کلمه) و فرایند کنترل خودکار (خواندن) معطوف می‌شود. تداخل نامگذاری رنگ کلمه با فرایند خواندن باعث ایجاد اثر استروپ می‌شود که منجر به بازداری ذهنی می شود (مکلود[2]، ۱۹۹۲). با این حال، برای معنی کلمه، شرکت‌کننده مجبور بود دستورالعمل قبلی را نادیده بگیرد و به کلمه توجه کند نه رنگ جوهر. برای مثال، هنگامی که کلمه‌ی زرد به رنگ قرمز ظاهر می‌شد، شرکت‌کننده باید کلید را مطابق با کلمه‌ی نوشته شده، یعنی کلید زرد، فشار می‌داد)، پرسشنامه‌ی مقیاس آنالوگ بینایی (با شاخص روایی محتوای ۷۲ درصد برای سنجش خستگی شناختی)، لپتاپ، پروژکتور و دوربین فیلمبرداری استفاده شد.

1. Sample Rate

2. MacLeod



شکل ۱. آزمون استروپ

روش اجرا

ابتدا نحوه‌ی اندازه‌گیری متغیرهای دقت تصمیم‌گیری، زمان تصمیم‌گیری، مدت و تعداد تثبیت و فیلم آزمون گرفته شده توضیح و سپس روش اجرا به طور مبسوط شرح داده می‌شود.

دقت تصمیم‌گیری

دقت تصمیم‌گیری به این صورت تعریف شد که آیا شرکت‌کننده به درستی جهت ضربه را انتخاب کرد یا خیر. درصد تعداد پاسخ‌های صحیح به عنوان دقت تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد.

زمان تصمیم‌گیری

زمان تصمیم‌گیری به عنوان زمان (بر حسب میلی‌ثانیه) بین انسداد ویدئو و شروع پاسخ کلامی (به عنوان مثال، ضربه به چپ یا راست زمین) تعریف شد. پاسخ شفاهی با میکروفون چشم دستگاه ردیاب بینایی ضبط شد. مدت زمان فریم بین انسداد فیلم با شروع پاسخ کلامی به عنوان زمان تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد. واتر، روکا و ویلیامز (۲۰۱۶) از این روش برای اندازه‌گیری دقت پاسخ و زمان پاسخ استفاده کردند.

رفتار خیرگی

تثبیت به عنوان مدت زمانی (≥۱۰۰ms) که چشم با تحمل ۱/۵° انحراف در یک مکان ثابت می‌ماند، تعریف می‌شود (واردو همکاران ۲۰۰۲). مکان تثبیت جدید، به عنوان تغییر نقطه‌ی تثبیت از مکان قبلی به مکان جدید تعریف شد (روکا و همکاران، ۲۰۱۳). میانگین تعداد کل تثبیت‌هادر هر کوشش، میانگین زمان تثبیت (ms) ارزیابی شد.

فیلم آزمون

از یک بازیکن لیگ ملی بدمینتون در حال زدن ضربه‌ی تاس فورهند از منظر دریافت‌کننده فیلم گرفته شد. کلیپ‌های فیلم در ارتفاع ۱۵۴ سانتی‌متری زمین و ۵۵۰ سانتی‌متری از تور در وسط زمین ضبط شد. ۲۰ کلیپ ویدئویی انتخاب شد که در آن بازیکن جهت ضربه را به صورت تصادفی به راست یا چپ زمین زد و فیلم در لحظه ی برخورد توپ با راکت قطع شد. فیلم آزمون استفاده‌شده مشابه با پژوهش خلجی و همکاران (۲۰۲۱)، هاگمن و همکاران (۲۰۰۶) بود.

ابتدا در مورد اهداف و روش اجرای پژوهش توضیحاتی یکسان به شرکت‌کنندگان داده شد. از آنها خواسته شد پرسش‌نامه مربوط به داده‌های دموگرافیک را برای جمع‌آوری اطلاعات در حوزه بینایی، مشکلات مربوط به سیستم عصبی و مصرف داروهای خاص تکمیل کنند. در صورت داشتن هرگونه سابقه ضربه مغزی، آسیب‌دیدگی در ناحیه چشم‌ها یا مشکلات بینایی مانند تاربینی، انجام عمل‌های مغزی، قرنیه و استفاده از داروهایی که بر سیستم بینایی، هوشیاری و سیستم حرکتی تاثیرگذار باشد از روند انجام پژوهش خارج شدند. قبل از شروع مراحل اجرایی پژوهش، رضایت‌نامه کتبی از هر یک از شرکت‌کنندگان گرفته شد.

در پیش‌آزمون، ابتدا کالیبریشن دستگاه ردیابی چشم به منظور اتصال موقعیت چشم شرکت‌کنندگان به مکان‌های خاص روی صفحه انجام

شد. از این دستگاه به منظور ارزیابی الگوی رفتار خیرگی شرکت‌کنندگان استفاده شد. با این دستگاه می‌توان تعداد تثبیت، مدت تثبیت و مکان تثبیت را اندازه‌گیری کرد.

گروه خستگی ذهنی و کنترل ۲۰ فیلم ضربه‌ی تاس فورهند بدمینتون را مشاهده کردند. فیلم شامل ضربه‌ی تاس فورهند بدمینتون بود که در لحظه‌ی برخورد توپ با راکت فیلم قطع می‌شد. ترتیب نشان دادن فیلم‌های ویدئویی کاملاً تصادفی بود. برای سنجش مهارت تصمیم‌گیری، از شرکت‌کنندگان خواسته شد به صورت کلامی جهت ضربه را هر چه سریع‌تر مشخص کنند و صحیح یا غلط بودن پاسخ ثبت شد و تعداد و مدت زمان تثبیت بینایی نیز ثبت شد.

در جلسه‌ی دوم که ۴۸ ساعت پس از جلسه‌ی اول انجام شد ابتدا شرکت‌کنندگان پرسشنامه‌ی مقیاس آنالوگ بینایی را برای سنجش خستگی ذهنی پر کردند و بلافاصله آزمون استروپ را به مدت ۶۰ دقیقه برای ایجاد خستگی ذهنی انجام دادند. برای ایجاد خستگی ذهنی در این پژوهش مطابق پژوهش کوزاک و همکاران[1] (۲۰۲۰) و محمدزاده و همکاران (۱۳۹۸)، ۶۰ دقیقه آزمون استروپ اجرا شد و سپس شرکت‌کنندگان دوباره پرسشنامه‌ی مقیاس آنالوگ بینایی را را پر کردند اما گروه کنترل در این زمان تکلیفی را انجام ندادند. سپس بلافاصله شروع به انجام آزمون تصمیم‌گیری جهت ضربه‌ی تاس بدمینتون در حالی‌که عینک ردیاب بینایی روی چشم داشتند، کردند.

سرعت تصمیم‌گیری، دقت تصمیم‌گیری، میانگین تعداد کل تثبیت‌ها و میانگین مدت زمان کل تثبیت‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد.

از آمار توصیفی برای طبقه‌بندی، تنظیم داده‌ها و تعیین شاخص مرکزی (میانگین) و شاخص پراکندگی (انحراف معیار) و ترسیم نمودارها و جداول استفاده شد. از آزمون شاپیروویلک برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لوین برای برابری واریانس‌ها استفاده شد. با برقراری مفروضه‌های فوق از آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ (گروه) × ۲ (مرحله)) برای متغیرهای تصمیم‌گیری، مدت تثبیت و تعداد تثبیت استفاده شد. در صورت معناداری تعامل از آزمون تی مستقل با کنترل اثر زمان و از آزمون تی وابسته با کنترل اثر گروه در سطح α=۰/۰۵ استفاده شد. در صورت معناداری اثر اصلی گروه یا زمان از مقایسه‌ی میانگین‌ها برای بررسی اثر خستگی ذهنی استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 25 و رسم نمودارها با نرم افزار Excel 2016 انجام شد.

نتایج

جدول شماره یک نتایج توصیفی میانگین و انحراف استاندارد نمره‌های دقت، زمان تصمیم‌گیری و رفتار خیرگی (مدت زمان تثبیت، تعداد تثبیت) و مقیاس آنالوگ بینایی را در مراحل آزمون نشان می‌دهد. نتایج مقیاس آنالوگ بینایی نشان داد که آزمون استروپ منجر به خستگی ذهنی شرکت‌کنندگان شد (جدول ۱).

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد نمره های تصمیم‌گیری و الگوی رفتار خیرگی در مراحل مختلف آزمون

گروه		مرحله ارزیابی	
		قبل از خستگی ذهنی (انحراف‌استاندارد ± میانگین)	پس از خستگی ذهنی (انحراف‌استاندارد ± میانگین)
گروه خستگی ذهنی	دقت تصمیم‌گیری	۳۲/۶۳ ± ۵/۴۷	۱۲/۷۷ ± ۸/۴۹
	میانگین مدت زمان کل تثبیت	۳۴۷/۶۱ ± ۴۳/۵۷	۳۱۴/۷۲ ± ۴۰/۴۸
	میانگین تعداد کل تثبیت	۴۱/۴۷ ± ۶/۷۴	۴۷/۲۲ ± ۵/۳۶
	زمان تصمیم‌گیری	۲/۶۳ ± ۰/۶۲	۳/۸۹ ± ۰/۶۸
	مقیاس آنالوگ بینایی	۲۲/۱۸ ± ۷/۲۴	۸۲/۶۷ ± ۱۶/۲۱
گروه کنترل	دقت تصمیم‌گیری	۳۲/۱۰ ± ۴/۹۹	۳۰/۵۵ ± ۹/۳۷
	میانگین مدت زمان کل تثبیت	۳۵۰/۵۲ ± ۲۶/۹۴	۳۵۷/۱۵ ± ۳۰/۴۳
	میانگین تعداد کل تثبیت	۴۲/۴۷ ± ۶/۲۲	۳۹/۱۶ ± ۶/۷۱
	زمان تصمیم‌گیری	۲/۶۵ ± ۰/۶۹	۲/۵۲ ± ۰/۶۱
	مقیاس آنالوگ بینایی	۲۱/۷۹ ± ۶/۸۶	۲۳/۷۱ ± ۷/۴۸

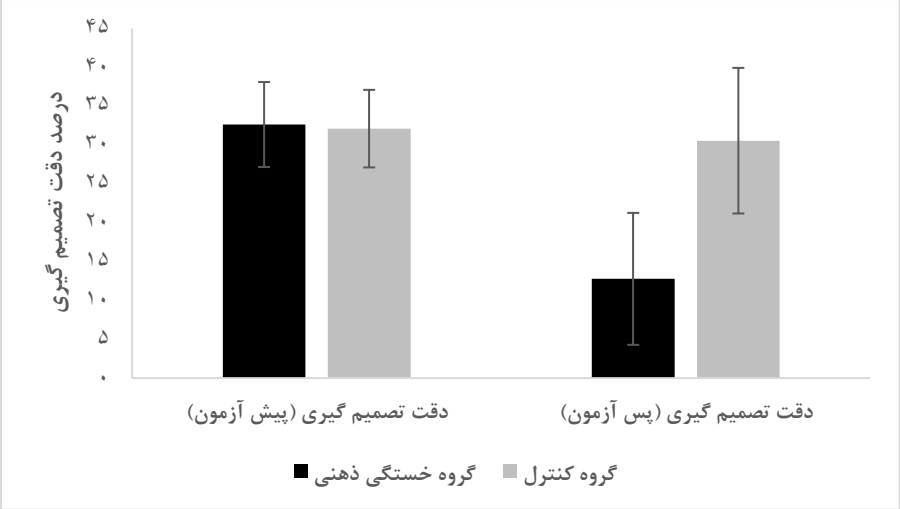
1. Kosack, Staiano, Folino, Hansen, & Lonbro

یافته‌های ارائه‌شده در جدول شماره یک نشان داد میانگین دقت تصمیم‌گیری و تثبیت برای گروه خستگی‌ذهنی در جلسه دوم آزمون پس از آزمون استروپ پایین تر از گروه کنترل بود. همچنین، میانگین تعداد تثبیت و زمان تصمیم‌گیری برای گروه خستگی‌ذهنی بالاتر از گروه کنترل بود. نتایج آزمون شاپیرو–ویلک و آزمون لوین برای متغیرهای وابسته‌ی پژوهش (دقت و زمان تصمیم‌گیری، مدت و زمان تثبیت) نشان داد پیش‌فرض طبیعی بودن و برابری واریانس‌ها رعایت شده است ($p<۰/۰۵$). از تحلیل واریانس مرکب با اندازه های تکراری (۲ (تعداد گروه) × ۲ (مرحله ارزیابی)) برای تحلیل متغیرهای پژوهش استفاده شد.

جدول ۲. تحلیل متغیرهای وابسته در گروه خستگی ذهنی و کنترل در مرحله ارزیابی قبل از خستگی و پس از خستگی

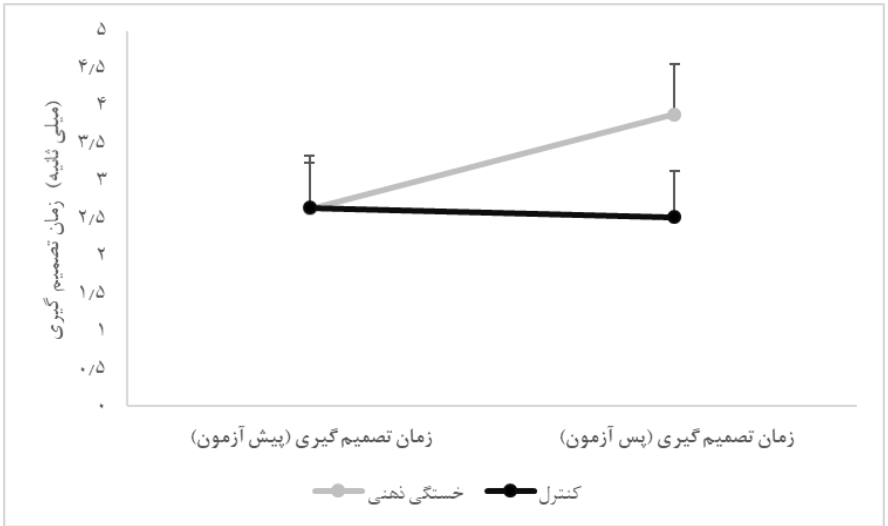
	آماره	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
دقت تصمیم‌گیری	مرحله ارزیابی	۱۳۷۵/۴۵	۱	۱۳۷۵/۴۵	۷۹/۸۴	۰/۰۰۱	۰/۶۹
	گروه	۲۱۱۷/۲۱	۱	۲۱۱۷/۲۱	۱۰/۱۰	۰/۰۰۳	۰/۲۲
	مرحله ارزیابی × گروه	۱۵۴۸/۴۲	۱	۱۵۴۸/۴۲	۸۹/۸۸	۰/۰۰۱	۰/۷۲
	خطا	۶۰۲/۹۲	۳۵	۱۷/۲۲	---	--------	--------
زمان تصمیم‌گیری	مرحله ارزیابی	۲/۴۰	۱	۲/۴۰	۸/۲۱	۰/۰۰۷	۰/۱۹
	گروه	۷/۹۹	۲	۳/۹۹	۶/۶۱	۰/۰۰۴	۰/۲۸
	مرحله ارزیابی × گروه	۸/۹۲	۲	۴/۵	۱۵/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۴۷
	خطا	۹/۹۴	۳۵	۰/۲۹	------	------	-------
مدت تثبیت	مرحله ارزیابی	۳۱۸۶/۳۶	۱	۳۱۸۶/۳۶	۶/۹۷	۰/۰۱۲	۰/۱۶
	گروه	۹۵۰۵/۲۹	۱	۹۵۰۵/۲۹	۵/۳۷	۰/۰۲۶	۰/۱۳۳
	مرحله ارزیابی × گروه	۷۲۱۸/۳۶	۱	۷۲۱۸/۳۶	۱۵/۸۱	۰/۰۰۱	۰/۳۱
	خطا	۱۵۹۷۹/۰۹	۳۵	۴۵۶/۵۴	------	-----	------
تعداد تثبیت	مرحله ارزیابی	۲۳۰/۰۶	۱	۲۳۰/۰۶	۷/۶۳	۰/۰۰۹	۰/۱۷
	گروه	۲۷/۵۵	۱	۲۷/۵۵	۰/۵۶	۰/۰۴	۰/۰۱۶
	مرحله ارزیابی × گروه	۳۷۸/۹۸	۱	۳۷۸/۹۸	۱۲/۵۷	۰/۰۰۱	۰/۲۶
	خطا	۱۰۵۴/۴۷	۳۵	۳۰/۱۲	------	-----	------

یافته های ارائه شده در جدول شماره دو نشان داد اثر تعاملی گروه در مرحله ارزیابی (η^2=۰/۷۲، p=۰/۰۰۱، df=۱، F=۸۹/۸۸)، اثر اصلی مرحله ارزیابی (η^2=۰/۶۹، p=۰/۰۰۱، df=۱، F=۷۹/۸۴) و اثر اصلی گروه (η^2=۰/۲۲، p=۰/۰۰۳، df=۱، F=۱۰/۱۰) نیز در دقت تصمیم–گیری معنادار بود ($p<۰/۰۵$). بررسی‌های بیشتر با استفاده از آزمون تی مستقل با ثابت نگه داشتن زمان نشان داد بین دو گروه در پیش–آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$) اما در پس‌آزمون بین دو گروه تفاوت معناداری وجود داشت (p=۰۰۱، df=۳۵، t=۵/۸۴). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد گروه خستگی ذهنی دقت تصمیم‌گیری کمتری (۸/۹۴±۱۲/۷۷) نسبت به گروه کنترل (۹/۳۷±۳۰/۵۵) پس از اعمال خستگی داشتند (جدول ۱). با کنترل اثر گروه، نتایج آزمون تی وابسته نشان داد در گروه خستگی ذهنی بین پیش‌آزمون و پس–آزمون تفاوت معنی‌داری وجود داشت (df =۱۷، p =۰/۰۰۱ ،t =۱۷/۶۳) اما در گروه کنترل بین پیش و پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). مقایسه‌ی میانگین‌ها نیز نشان داد در پس‌آزمون (۸/۹۴±۱۲/۷۷) گروه خستگی ذهنی دقت تصمیم‌گیری پایین‌تری نسبت به پیش‌آزمون (۱۱/۴۷±۳۲/۶۳) داشتند.



شکل ۱. مقایسه‌ی دقت تصمیم‌گیری بین دو گروه خستگی ذهنی و کنترل

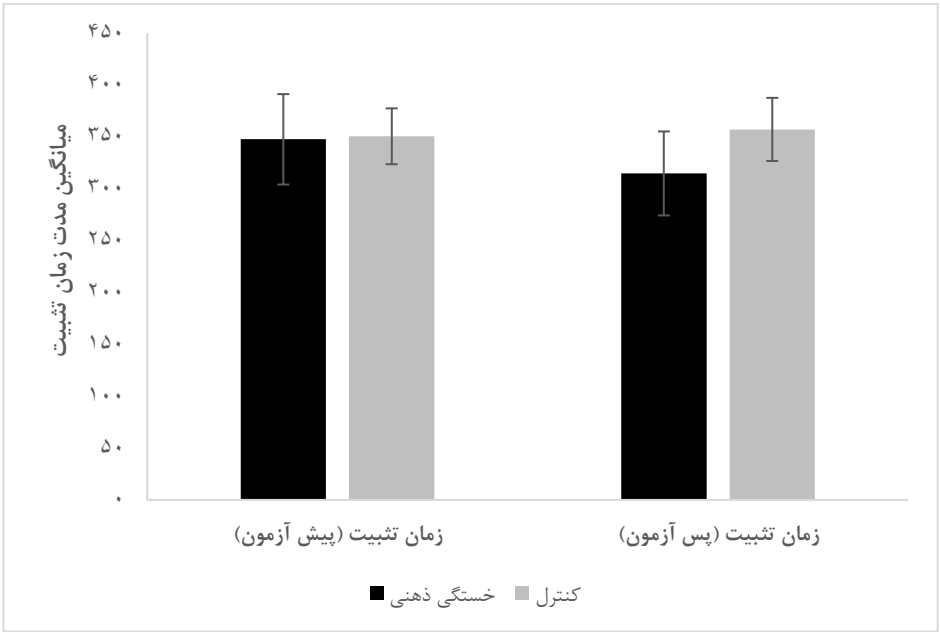
برای متغیر زمان تصمیم‌گیری نتایج نشان داد اثر تعاملی گروه در مرحله ارزیابی (η^2=۰/۴۷، p=۰/۰۰۱، df=۲، F=۱۵/۲۴)، اثر اصلی مرحله ارزیابی (η^2=۰/۱۹، p=۰/۰۰۷، df=۱، F=۸/۲۱) و اثر اصلی گروه (η^2=۰/۲۸، p=۰/۰۰۴، df=۲، F=۶/۶۱) نیز معنادار بود (p<۰/۰۵). حال باید به کنترل تک تک متغیرها پرداخت. با کنترل اثر زمان، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد در پیش‌آزمون بین گروه خستگی ذهنی و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۵) اما در پس‌آزمون بین دو گروه تفاوت معناداری وجود داشت (t =۵/۰۷، df =۳۵، p =۰/۰۰۱) مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد گروه خستگی ذهنی زمان تصمیم‌گیری طولانی‌تری (۰/۶۸±۲/۸۹) نسبت به گروه کنترل (۰/۶۱±۲/۵۲) در پس‌آزمون داشت (جدول ۱، شکل ۱). همچنین نتایج آزمون تی وابسته نشان داد در گروه کنترل بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت اما در گروه خستگی‌ذهنی، شرکت‌کنندگان در پس‌آزمون (۰/۶۸±۲/۸۹) زمان تصمیم‌گیری طولانی‌تری نسبت به پیش‌آزمون (۰/۶۲±۲/۶۳) داشتند.



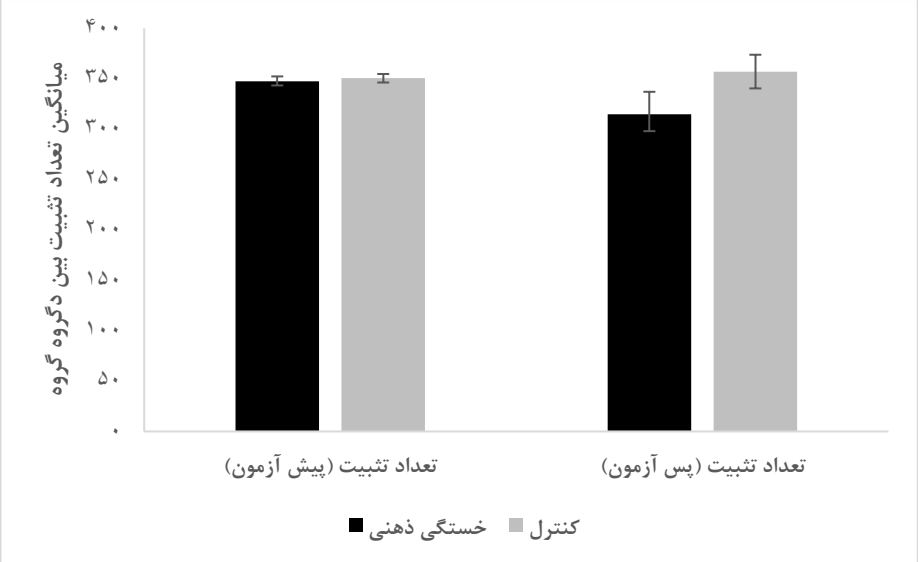
شکل ۲. مقایسه‌ی زمان تصمیم‌گیری (میلی‌ثانیه) بین دو گروه خستگی ذهنی و کنترل

در مدت تثبیت نیز اثر تعاملی گروه در مرحله ارزیابی (η^2=۰/۳۱، p=۰/۰۰۱، df=۱، F=۱۵/۸۱)، اثر اصلی ارزیابی (η^2=۰/۱۶، p=۰/۰۱، df=۱، F=۶/۹۷) و اثر اصلی گروه (η^2=۰/۱۳، p=۰/۰۲، df=۱، F=۵/۳۷) نیز در معنادار بود (p<۰/۰۵). با کنترل اثر زمان، نتایج آزمون تی مستقل در پیش‌آزمون تفاوت معناداری نشان نداد اما در پس‌آزمون بین دو گروه در مدت تثبیت تفاوت معناداری وجود داشت (t =۲/۸۵، df =۳۵، p =۰/۰۰۷). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد گروه خستگی ذهنی مدت تثبیت کوتاهتری (۳۱۴/۷۲±۴۰/۴۸) نسبت به گروه کنترل (۳۵۷/۱۵±۳۰/۴۳) در پس‌آزمون داشتند. با کنترل اثر گروه، نتایج آزمون تی وابسته نشان داد بین پیش و پس‌آزمون گروه خستگی ذهنی تفاوت معناداری وجود داشت (t =۲/۸۵، df =۳۵، p =۰/۰۰۷) اما در گروه کنترل تفاوت بین پیش و پس آزمون معنادار نبود به طوری‌که در پس‌آزمون مدت تثبیت گروه خستگی ذهنی(۳۱۴/۷۲±۴۰/۴۸) کوتاهتر از پیش آزمون(۳۴۷/۶۱±۴۳/۵۷) بود. اما در گروه کنترل تفاوت معناداری بین دو زمان اندازه‌گیری وجود نداشت.

در تعداد تثبیت نیز اثر تعاملی گروه در مرحله ارزیابی (η^2=۰/۳۱، p=۰/۰۰۱، df=۱، F=۱۵/۸۱)، اثر اصلی ارزیابی (η^2=۰/۱۶، p=۰/۰۱، df=۱، F=۶/۹۷) و اثر اصلی گروه (η^2=۰/۱۳، p=۰/۰۲، df=۱، F=۵/۳۷) نیز در معنادار بود (p<۰/۰۵). با کنترل اثر زمان، نتایج آزمون تی مستقل در پیش‌آزمون تفاوت معناداری نشان نداد اما در پس‌آزمون بین دو گروه در تعداد تثبیت تفاوت معناداری وجود داشت (t =۲/۸۵، df =۳۵، p =۰/۰۰۷). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد گروه خستگی ذهنی تعداد تثبیت بیشتری (۴۷/۲۲±۵/۳۶) نسبت به گروه کنترل (۳۹/۱۶±۶/۷۱) در پس‌آزمون داشتند. با کنترل اثر گروه، نتایج آزمون تی وابسته نشان داد بین پیش و پس‌آزمون گروه خستگی ذهنی تفاوت معناداری وجود داشت (t =۲/۸۵، df =۳۵، p =۰/۰۰۷) اما در گروه کنترل تفاوت بین پیش و پس آزمون معنادار نبود.



شکل ۳. مقایسه‌ی میانگین مدت تثبیت (میلی‌ثانیه) بین دو گروه خستگی ذهنی و کنترل



شکل ۴. مقایسه‌ی تعداد تثبیت بین دو گروه خستگی ذهنی و کنترل

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر خستگی ذهنی بر رفتار خیرگی دقت و سرعت تصمیم گیری در بدمینتون بود. شرکت‌کنندگان پژوهش ۳۶ فرد مبتدی در بدمینتون (جنسیت: مونث، سن: ۲۰ تا ۳۵ سال) بودند. افراد در دو گروه خستگی ذهنی و گروه کنترل به تعداد مساوی و به صورت تصادفی تقسیم شدند. افراد با استفاده از دستگاه‌های ثبت حرکات چشم و آزمون‌های ویدئویی که در لحظه برخورد شاتل با راکت قطع شده بود، برای دقت، زمان تصمیم‌گیری و جستجوی بینایی شدند. نتایج نشان داد مدت تثبیت و دقت تصمیم‌گیری در شرکت‌کنندگان با خستگی ذهنی، به طور معناداری کمتر و تعداد تثبیت و مدت تصمیم‌گیری آنها بیشتر از گروه کنترل بود.

عملکرد ماهرانه ورزشی و دقت تصمیم‌گیری در مورد جهت ضربه در صورتی امکان‌پذیر است که توجه به نشانه‌های مرتبط با تکلیف، متمرکز شود (کاساک و همکاران، ۲۰۲۰؛ بوکسم و همکاران ۲۰۰۵). موقعیت‌های ورزشی اطلاعات بینایی پیچیده‌ای نیاز دارد که لازم است محرک‌های مرتبط را به خاطر سپرده و از آن‌ها به‌منظور تشخیص جهت ضربه و آماده شدن برای واکنش به ضربه حریف استفاده کرد. مکان‌هایی که بینایی در آن تثبیت می‌شود عامل کلیدی در دقت پاسخ به جهت ضربه در بدمینتون است. در ورزش‌های راکتی، مهارت تصمیم‌گیری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مهارت‌ها برای مقابله با محدودیت‌های زمانی و سرعت‌بالای اشیا در نظر گرفته می‌شود. مطالعات در بخش علوم رفتاری نشان داده است ورزشکاران خبره مدت‌زمان زیادی را صرف تمرین هدفمند می‌کنند؛ ازاین‌رو، مهارت‌های ادراکی- شناختی مانند تصمیم‌گیری، پیش‌بینی و زمان‌واکنش ورزشکاران ماهر را از مبتدی متمایز می‌کند. یکی از جنبه‌های مهم در عملکرد ماهرانه تاکتیک‌ها و مدت زمان فعالیت است که منجر به افزایش خستگی می‌گردد. افزایش خستگی ذهنی سبب اختلال در برداشت ویژگی‌های زمان‌بندی حرکت و کاهش دقت در برداشت نشانه‌های کلیدی می‌گردد و سبب کاهش ظرفیت پردازش و الگوی رفتار خیرگی غیربهینه می‌شود. در این راستا کاساک و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر خستگی ذهنی حاد بر عملکرد بازیکنان حرفه ای با استفاده از آزمون استروپ پرداختند. شرکت‌کنندگان دو روز پیاپی آزمون استروپ را انجام دادند. نتایج نشان داد با اینکه آزمون استروپ به لحاظ ذهنی ورزشکاران خبره را خسته کرده بود اما تاثیری در عملکرد به لحاظ زمان، ضربان قلب، پرش و خستگی ادارک شده بازیکنان نداشت. نتایج پژوهش مذکور با پژوهش حاضر همراستا نبود و علت را می‌توان سطح خبرگی عنوان کرد. از آنجایی که ورزشکاران خبره به مدت طولانی در در شرایط ساختاریافته و اختصاصی تمرین می‌کنند، احتمالاً نوع و مدت تمرین عاملی برای تمرین با وجود خستگی ذهنی باشد. در واقع اینگونه می‌توان بیان کرد که ورزشکاران خبره در حین دوره‌ی تمرینی خود بارها و بارها با شرایط خستگی ذهنی به تمرین خود ادامه می‌دهند اما احتمالاً خستگی ذهنی باعث

کاهش ظرفیت توجهی فرد مبتدی شده و عملکرد را به لحاظ زمانی و دقت آن تخریب می‌کند. پاگوکس و لپرز (۲۰۱۸) در مطالعه‌ی مروری خود که پژوهش‌های انجام شده از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ را بررسی کرد، بیان نمود خستگی ذهنی از طریق میانجی‌گری ادراک خستگی منجر به کاهش در عملکرد مهارت‌های حرکتی زیر بیشینه مانند فعالیت‌های استقامتی، مهارت‌های حرکتی و عملکرد تصمیم-گیری می‌گردد و تاثیر در مهارت‌های بیشینه و بالاتر از حد بیشینه ندارد. احتمالاً بتوان نتایج برگرفته از پژوهش حاضر را اینگونه تفسیر کردکه فعالیت‌های انجام شده در پژوهش حاضر از نوع زیر بیشینه بودند که خستگی ذهنی منجر به تخریب دقت و زمان تصمیم‌گیری، افزایش تعداد تثبیت و کاهش مدت تثبیت شد.

همانطور که گفته شد از عوامل اثرگذار بر تصمیم‌گیری، استخراج اطلاعات زمینه‌ای و قامتی است و اطلاعات قامتی از طریق هدایت توجه بصری به مناطق کلیدی بدن حریف به دست می‌آید. توجه بصری از طریق جستجوی بینایی فعال که یکی از زیرمجموعه‌های توجه بصری است هدایت می‌شود با توجه به پیچیدگی‌های دنیای بصری، فرآیندهای توجهی نیاز است تا بتوان اطلاعات مربوطه را برای اهداف فعلی انتخاب کرد و پردازش محرک‌های منحرف‌کننده توجه را سرکوب نمود (سوتو[1] و همکاران ۲۰۰۵). یکی از محرک‌های منحرف‌کننده توجه خستگی است که باعث افزایش خطا و زمان واکنش کندتر هنگام انجام تکالیف شناختی می‌شود و با تغییر فعالیت مغز بر سیستم پاداش، تمرکز ذهنی و انگیزه تأثیر می‌گذارد. دانکن و همکاران[2] (۲۰۱۵) نشان دادند که ۴۰ دقیقه فعالیت شناختی مداوم منجر به خستگی ذهنی می‌شود و بر مهارت دستی و عملکرد زمان‌بندی پیش‌بینی تصادفی در مقایسه با شرایط کنترل تأثیر منفی دارد. پژوهش‌های قبلی اثرات منفی مشابهی از خستگی ذهنی را بر عملکرد مهارت‌های شناختی و ادراکی مرتبط از جمله توجه انتخابی بصری (فابر و همکاران[3]، ۲۰۱۲)، عملکرد زمان واکنش و پیش‌بینی (لانگر و همکاران[4]، ۲۰۰۹) و عملکرد رانندگی شبیه سازی شده (فیشرو همکاران[5]، ۲۰۰۸) نشان داده‌اند که می‌توان گفت به دلیل ماهیت شناختی تصمیم‌گیری با نتایج پژوهش حاضر همراستا هستند. محمدزاده و همکاران (۱۳۹۸) به این نتیجه دست یافتند که خستگی ذهنی با کاهش دقت پاسخ و افزایش میزان درصد خطا در کارایی شبکه عصبی کنترل اجرایی توجه در ورزشکاران حرفه‌ای همراه است. با افزایش خستگی شناختی شرکت‌کنندگان به طور فزاینده تمایل به پاسخ دادن به اطلاعات غیرمرتبط دارند که منجر به کاهش دقت پاسخ می‌شود. تفاوت پژوهش محمدزاده و همکاران (۱۳۹۸) با پژوهش حاضر در سطح مهارت شرکت‌کنندگان بود. همچنین مطابق با قانون فیتز و پوسنر[6] (۱۹۶۷) با افزایش خستگی شناختی، دقت عملکرد با حفظ سرعت عکس العمل آسیب می‌بیند در واقع رابطه‌ی معکوس دقت با سرعت تشدید می‌گردد. بدان جهت طبق قانون فیتز و پوسنر خستگی شناختی باعث افزایش درصد میزان خطا و کاهش سرعت واکنش می‌شود بنابراین دقت تصمیم‌گیری افراد کاهش و زمان آن افزایش می‌یابد

همچنین همسو با پژوهش پژوهش آلدر و همکاران (۲۰۲۱) که به بررسی تأثیر ترکیب خستگی جسمانی و خستگی ذهنی بر قضاوت‌های پیش‌بینی‌کننده بازیکنان فوتبال پرداخت. نتایج نشان داد همراه با کاهش دقت پیش‌بینی، رفتار جستجوی بصری در شرایط خستگی ذهنی با افزایش تعداد تثبیت ها تغییر کرد. افزایش تعداد تثبیت‌ها ممکن است منعکس‌کننده مشکلاتی در شناسایی نواحی غنی از اطلاعات نمایشگر به دلیل کاهش منابع توجه ناشی از خستگی ذهنی باشد. همچنین نتایج پژوهش حاضر با پژوهش اسمیت و همکاران (۲۰۱۶) که به بررسی تعیین تأثیر خستگی‌ذهنی بر تصمیم‌گیری در فوتبال و رفتار خیرگی پرداختند همراستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند خستگی ذهنی دقت و سرعت تصمیم‌گیری خاص فوتبال را مختل می‌کند. توضیحی بالقوه برای اختلال ناشی از خستگی ذهنی در مهارت تصمیم گیری این است که بازیکنان ممکن است نتوانند به طور موثر از نشانه های محیطی جهت آماده شدن برای تصمیمات آینده خود استفاده کنند اما الگوی رفتار خیرگی تغییر نکرد. احتمالاً در ورزش‌های تیمی خستگی ذهنی بیشتر زمان نشان دادن عکس‌العمل را به تاخیر می‌اندازد و در شرایط خستگی ذهنی افراد نمی‌توانند پاسخ به محرک را سریع‌تر انجام دهند. همچنین طبق پژوهش های بوکسم و همکاران[7]، (۲۰۰۵) و لوریست و همکاران (۲۰۰۰) که نشان دادند خستگی ذهنی بر فرآیندهای آماده‌سازی و برنامه‌ریزی تکلیف تأثیر منفی می‌گذارد. در این پژوهش که در رابطه با یک تکلیف خاص در

1. Soto & Humphreys & Heinke
2. Duncan, Fowler, George, Joyce, & Hankey
3. Faber, Maurits, & Lorist
4. Langner, Steinborn, Chatterjee, Sturm, & Willmes
5. Fischer, Langner, Birbaumer, & Brocke
6. Fitts & Posner
7. Boksem, Meijman, Lorist

بدمینتون انجام شده ممکن است به صورت کاهش توانایی در تفسیر و یا پیش‌بینی حرکت بازیکن و توپ ظاهر شود.

از پژوهش های ناهمسو با پژوهش حاضر پژوهش بورا (۲۰۲۰) بود که به بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر توانایی‌های ادراکی منتخب (ادراک عمق، ادراک وزن و ادراک پیش‌بینی) در میان دانش‌آموزان پرداخت. نتایج نشان داد خستگی ذهنی بر ادراک پیش‌بینی تاثیری ندارد.ادراک پیش‌بینی توانایی پیش‌بینی رویداد آینده بر اساس اطلاعاتی موجود در محیط است که اغلب به عنوان یکی از مهم‌ترین مهارت‌های ادراکی زیربنایی عملکرد حرکتی مؤثر در نظر گرفته می‌شود. بورا (۲۰۲۰) برای سنجش پیش بینی در شرایط خستگی ذهنی از آزمون توانایی پیش بینی استفاده کرد در این آزمون یک نور قرمز با صدا روی صفحه نمایش روشن و خاموش میشدکه شرکت کننده باید مکان بعدی روشن شدن نور قرمز را پیش بینی می‌کرد. جاب و دالزیل[1] (۲۰۲۱) بیان کردند خستگی از طریق تاثیر بر حالت سیستم عصبی–مرکزی که در آن پردازش ذهنی قبلی در غیاب استراحت کافی سبب کاهش ظرفیت سلولی یا تضعیف آوران‌های عصبی برای حفظ فعالیت‌های ادراکی– شناختی مانند پیش‌بینی و تصمیم‌گیری می‌شود، اثر می‌گذارد. آنها دلایل اصلی اثرگذاری خستگی بر مهارت‌های ادراکی– شناختی را اینگونه بیان کردند که اولاً، علت خستگی ذهنی به پردازش ذهنی قبلی نسبت داده شده است که قبل از اجرای تکالیفی که نیازمند مهارت ادارکی– شناختی است، انجام می‌شود. دوماً، نداشتن استراحت کافی منجر به کاهش عملکرد در اجرای مهارت‌های ادارکی– شناختی می‌شود. سوماً، ظرفیت سلولی یا انرژی ناکافی علت فیزیولوژیک خستگی ذهنی است که در سطح سلولی سیستم قرار می‌گیرد و در آخر، برای حفظ سطح فعالیت یا پردازش موثر مهارت‌های ادراکی– شناختی ممکن است سیستم‌های خستگی وارد عمل شود تا استراحت کافی انجام شود و اجرای مهارت در سطح پایین قرار نگیرد (جاب و دالزیل، ۲۰۲۱). بورا (۲۰۲۰) برای ایجاد خستگی ذهنی از آزمون خستگی ذهنی استفاده کرد که این آزمون دارای ده ستون عمودی ۳۶ عددی که اعداد آنها از ۱ تا ۹ متغیر بود و آزمودنی باید اعداد مربوط به ستون های ۱ و ۲ را ضرب میکرد و مقدار ضرب شده آنها را در فضایی که بین این ستون ها در نظر گرفته شده است مینوشت پس از اتمام ضرب ستون یک و دو، دانش آموز باید ستون های دو و سه و غیره را ضرب میکرد. آزمودنی‌ها باید ضرب‌ها را با حداکثر سرعتی که‌می‌توانستند بدون استراحت در مدت ۳۰ دقیقه انجام دهند. بنابراین تفاوت در نوع آزمون گرفته شده در پژوهش بورا با پژوهش حاضر می‌تواند علت ناهمسو بودن نتایج باشد.

همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر با پژوهش فورتس و همکاران (۲۰۲۲) که بر تأثیر خستگی ذهنی بر مهارت تصمیم‌گیری و رفتار جستجوی بینایی در بسکتبالیست‌ها پرداختند، در تعداد تثبیت‌ها همراستا بود اما در مدت تثبیت همراستا نبود. آن‌ها مشاهده کردند تعداد تثبیت در گروه خستگی ذهنی بیشتر از گروه کنترل بود اما مدت تثبیت در هر دو گروه مشابه بود. از آنجایی که خستگی ذهنی بر تعاملات بین فرآیندهای شناختی و اعمال حرکتی تأثیر می‌گذارد و می‌تواند مهارت‌های فنی مانند جستجوی بینایی، سرعت حرکت یا انتخاب‌های تاکتیکی را مختل کند بنابراین می توان نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در افزایش تعداد تثبیت و کاهش زمان تثبیت را به دلیل خستگی ذهنی افراد منطقی توصیف کرد و علت تفاوت دو پژوهش را بتوان در نوع ایجاد خستگی ذهنی ایجاد شده در پژوهش حاضر با پژوهش فورتس و همکاران (۲۰۲۲) توجیح کرد.

همچنین وان کاستم و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند خستگی ذهنی میتواند زمان پاسخ دیداری– حرکتی[2] را در بازیکنان بدمینتون و شرکت‌کنندگان مبتدی مختل کند. آنها از طریق آزمون فلانکر[3] مهارت دیداری– حرکتی بازیکنان بدمینتون و گروه کنترل را سنجیدند. گروه خبره ۹۰ دقیقه آزمون استروپ را انجام داد و گروه مبتدی ۹۰ دقیقه فیلم مستند دید. نتایج نشان داد در هر دو گروه دقت حرکت کاهش و زمان پاسخ افزایش یافت. اما گروه ماهر که آزمون استروپ انجام دادند، خستگی ذهنی بیشتری را گزارش کردند اما در زمان پاسخ مهارت بینایی– حرکتی بهتر عمل کردند. هر دو سطح مهارت با اینکه با محرک‌های مختلف خستگی ذهنی را تجربه کرده بودند، اما نتوانستند در مقابل خستگی ذهنی بازداری کنند. می‌توان گفت در مطالعه‌ی مذکور همانند پژوهش حاضر تکالیف شناختی با اجزای حرکتی بیشتر به اثرات منفی خستگی ذهنی حساس‌تر هستند نسبت به تکالیفی که اجزا حرکتی کمتری دارند.

به طور کلی می‌توان گفت طبق نتایج پژوهش حاضر خستگی ذهنی عاملی مخرب برای تکلیف مبتنی بر ویدئوی بود و طبق نتایج پژوهش‌های پیشین از آنجایی که تکلیف دارای اجزای شناختی به همراه اجزای حرکتی بود و در طبقه‌ی مهارت‌های زیربیشینه قرار

1. Job & Dalziel
2. Visuomotor response time
3. Flanker test

می‌گرفت، خستگی ذهنی بیشتر اثر مخرب خود را در عملکرد پژوهش نشان داد.

پیام مقاله

خستگی ذهنی یکی از مؤلفه‌های اصلی است که می‌تواند در عملکرد بهینه ورزشکاران در حوزه‌ی ورزش اثر بگذارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر که نشان داد خستگی می‌تواند بر سرعت و دقت تصمیم‌گیری افراد مبتدی اثر بگذارد، با کنترل خستگی ذهنی از طریق روش‌های غیرتهاجمی مانند مداخلات روانشناختی در ورزشکاران می‌توان آموزش‌های موثرتری در رشته‌های انفرادی و راکتی داشت که با تکیه بر آن می‌توان شاهد پیشرفت تیم‌های ورزشی کشور و یادگیری افراد مبتدی با سرعت بیشتر شد.

پیشنهادات پژوهشی

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی به بررسی متغیرهای پژوهش در سطوح مهارت مختلف به‌منظور تعیین تفاوت سطح خبرگی و همچنین در مهارت های دیگر بدمینتون پرداخته شود.

محدودیت ها پژوهش

در پژوهش حاضر میزان انگیزه، خواب و شرایط تغذیه شرکت‌کنندگان قابل کنترل نبود. افراد از رشته های تحصیلی گوناگون انتخاب شده بودند که احتمال داده می‌شود خستگی ذهنی با رشته‌ی تحصیلی آنها مرتبط باشد، در نظر گرفته نشد.

ملاحظات اخلاقی

پیش از جمع آوری داده های پژوهش از پژوهشگاه علوم ورزشی کد اخلاق اخذ شد و شرکت‌کنندگان فرم رضایت فردی را پرکردند و به آنها اطلاع داده شد در صورت بروز مشکل در هر زمانی می‌توانند از پژوهش کناره‌گیری کنند.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجوی دانشگاه الزهرا می باشد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده‌ی اول اجراکنندهٔ پژوهش، نویسنده‌ی دوم در نگارش مقاله، تکمیل ایدهٔ پژوهش و نویسنده‌ی سوم پیشنهاد ایده‌ی پژوهش، تکمیل روش‌شناسی پژوهش کمک شایانی داشتند.

تشکر و قدردانی

از ورزشکاران و دانشجویانی که در روند اجرای پژوهش ما را همراهی کردند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Aghakhanpour, N. B., Abdoli, B., Farsi, A., & Moeinirad, S. (2021). Comparison of visual search behavior and decision-making accuracy in expert and novice fencing referees. *Optometry and Vision Science*, *98*(7), 783-788. 10.1097/OPX.0000000000001726
2. Alleyne Bayne, G. & Inan, F. (2022). Development of the Online Course Overload Indicator and the Student Mental Fatigue Survey. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 23(4), 74–92. https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i4.6223.
3. Alder, D., Broadbent, D. P., & Poolton, J. (2021). The combination of physical and mental load exacerbates the negative effect of each on the capability of skilled soccer players to anticipate action. Journal of Sports Sciences, 39(9), 1030-1038.
https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1855747
4. Behrens, M., Mau-Moeller, A., Lischke, A., Katlun, F., Gube, M., Zschorlich, V., ... & Weippert, M. (2018). Mental fatigue increases gait variability during dual-task walking in old adults. The Journals of Gerontology: Series A, 73(6), 792-797. https:/ /doi.org/10.1093/gerona/ glx210.
5. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. (2005). Effects of mental fatigue on retention: an ERP study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 25(1):107–16. doi: 10.1016/j.cogbrainres.
6. Williams, A. M., & Jackson, R. C. (2019). Anticipation in sport: Fifty years on, what have we learned and what research still needs to be undertaken? *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 16-24.
https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.11.014
7. Boksem MAS, Meijman TF, Lorist MM (2005). Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 25:107–116. DOI: 10.1080/17461391.2019.1656781.

8. Bora, R. (2020). Effect Of Mental Fatigue On Selected Perceptual Abilities Among School Children. *Parishodh Journal*. 2347-6648. DOI: 10.1080/17461391.2019.1656781.
9. Conejero Suárez, M., Prado Serenini, A. L., Fernández-Echeverría, C., Collado-Mateo, D., & Moreno Arroyo, M. P. (2020). The effect of decision training, from a cognitive perspective, on decision-making in volleyball: A systematic review and meta-analysis. International journal of environmental research and public health, 17(10), 3628. https://doi.org/10.3390/ijerph17103628
10. Coutts, A. J. (2016). Fatigue in football: it's not a brainless task!. *Journal of sports sciences*, *34*(14), 1296-1296.https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1170475
11. Duncan, M. J., Fowler, N., George, 0., Joyce, S., & Hankey, J. (2015). Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 113. https://doi.org/10.1080/15438627.2014.975811.
12. Faber LG, Maurits NM, Lorist MM. (2012). Mental fatigue affects visual selective attention. *PLoS One*, 7(10). doi:10.1371/0048073.
13. Fischer, T., Langner, R., Birbaumer, N., & Brocke, B. (2008). Arousal and attention: Self-chosen stimulation optimizes cortical excitability and minimizes compensatory effort. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1443–1453. doi:10.1016/j.psychsport.2015.06.002
14. Fortes, L. S., Lima-Junior, D., Barbosa, B. T., Faro, H. K., Ferreira, M. E., & Almeida, S. S. (2022). Effect of mental fatigue on decision-making skill and visual search behavior in basketball players: an experimental and randomized study. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1-20. DOI: 10.1080/17461391.2019.1656781.
15. Job, R. S., & Dalziel, J. (2000). Defining fatigue as a condition of the organism and distinguishing it from habituation, adaptation, and boredom. In *Stress, workload, and fatigue* (pp. 466-476). CRC Press. http://worldcat.org/isbn/0805831789
16. Khalaji, M; Aghdaei, M; Farsi, A. R, & Piras, A. (2021). The Effect of Audio-Visual Information on Gaze Behavior in Individuals with Trait Anxiety: Investigating the Role of Multisensory Perception. *Sport Psychology Studies*, 10(35), 1-18. In Persian. DOI: 10.22089/spsyj.2020.9512.2048
17. doi: 10.1080/02640414.2018.1483699.
18. Kosack, M. Staiano, W. Folino, R. Hansen,M. Lonbro,S. (2020). The Acute Effect of Mental Fatigue on Badminton Performance in Elite Players; *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15, 632-638. doi:10.1016/j.psychsport.2015.06.002
19. Kunrath, C. A., Nakamura, F. Y., Roca, A., Tessitore, A., & Teoldo Da Costa, I. (2020). How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *Journal of Sports Sciences*, *38*(15), 1818-1828.https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1756681
20. Khalaji, M., Aghdaei, M., Farsi, A., & Piras, A. (2021). The effect of eye movement sonification on visual search patterns and anticipation in novices. Journal on Multimodal User Interfaces, 1-10. doi:10.1016/j.psychsport.2015.06.002
21. Langner, R., Steinborn, M.B., Chatterjee, A., Sturm, W., & Willmes, K. (2009). Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction time performance. *Acta Psychologica*, 133, 64–72. doi:10.1016/j.psychsport.2015.06.002
22. Le Mansec, Y., Pageaux, B., Nordez, A., Dorel, S., & Jubeau, M. (2017). Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. *Journal of Sports Science*, 1-9. https:/ /doi.org/10.1080/02640414.2017.1418647.
23. Lorist MM, Klein M, Nieuwenhuis S, De Jong R, Mulder G, Meijman TF. (2000). Mental fatigue and task control: planning and preparation. *Psychophysiology*. 37:614-625. doi:10. 1 l 11/1469-8986.3750614.

24. MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*, 109(2), 163 . https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i4.622
25. Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., and Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: a meta-analysis. *Sports Exerc. Psycho*. doi: 10.1123/jsep.29.4.457.
26. Mohammadzadeh, S; Farsi, A. R; & Khosrowabadi, R. (2020). The Effect of Cognitive Fatigue on the Neural Efficacy of the Executive Control Network among Athletes: Dual Regulation System Model. Sport Psychology Studies, 8(30); Pp: 41-56. In Persian. DOI: 10.22089/spsyj.2019.7301.1778
27. Pageaux, B., & Lepers, R. (2018). The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Progress in brain research*, *240*, 291-315. https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.10.004
28. Pergher, P; Vanbilsen, N; Hulle, M; (2021). The Effect of Mental Fatigue and Gender on Working Memory Performance during Repeated Practice by Young and Older Adults; *Neural Plasticity*. 10-17. https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i4.622
29. Pires, F. O., Silva-Junior, F. L., Brietzke C., et al. (2018). Mental fatigue alters cortical activation and psychological responses, impairing performance in a distance-based cycling trial. *Frontiers in Physiology*, 9 (227-238). doi: 10.3389/fphys.2018.00227.
30. Piras, A., Lobietti, R., & Squatrito, S. (2014). Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. *Journal of ophthalmology*, *2014*.https://www.hindawi.com/journals/joph/2014/189268/
31. Rahimpour M, Vaez Mousavi M, Namazizadeh M, Shams A. The Effect of Fatigue on Decision- Making and the Visual Search behavior of Novice and Expert Soccer Players. Motor Behavior. Spring 2020; 13 (43): 17-38. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2018.5471.1639
32. Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P., & Mark Williams, A. (2011). Identifying the processes underpinning anticipation and decision-making in a dynamic time-constrained task. Cognitive processing, 12, 301-310https://link.springer.com/article/10.1007/s10339-011-0392-1
33. Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcom SM.(2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Med Sci Sports Exerc*. 48(2):267-276. doi:10.1249/MSS.0000000000000762.
34. Van Cutsem, J., De Pauw, K., Vandervaeren, C., Marcora, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2019). Mental fatigue impairs visuomotor response time in badminton players and controls. Psychology of Sport and Exercise, 45, 101579. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101579
35.
36. Walsh, V. (2014). Is sport the brain's biggest challenge?. *Current Biology*, 24(18), R859-R860.https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.08.003
37. Ward, Paul, A. Mark Williams, and Simon J. Bennett. "Visual search and biological motion perception in tennis." Research Quarterly for Exercise and Sport 73.1 (2002): 107-112.https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10608997
38. Williams AM, Ward P, Smeeton NJ. (2004). Perceptual and cognitive expertise in sport. Skill acquisition in sport: Research, theory, and practice. *Psychology of Sport and Exercise*. 1(8):328-350. https://doi.org/10.1037/0033-295x.101.2.343
39. Y. Nakamura, Gilmário Ricarte Batista, Fabiano S. Fonseca & Leonardo de Sousa Fortes (2019). Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes, *European Journal of Sport Science*, 15(3),31-402. DOI: 10.1080/17461391.2019.1656781.