Sports. Psychol. 2026, 18(1): 1-17, doi: 10.48308/MBSP.2022.229308.1170

Sports Psychology

Journal homepage: https://mbsp.sbu.ac.ir

Original Article

Effect of Throw Distance, Mental Fatigue and Muscular Fatigue on Throw Accuracy and Movement Time in Dart Throwing Skill

Najmeh Parhiz Meymandi[1], Ali Reza Farsi[2*], Mohammad Ali Sanjari[3]

1. Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities and Social Sciences, Ardakan University, Ardakan, Iran.
2. Department of Cognitive and Behavioural Sciences and Technology in Sport, Faculty of Sport and Health Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Biomechanics Lab., Rehabilitation Research Centre, and Department of Basic Rehabilitation Sciences, Faculty of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 31/10/2022, Revised: 16/01/2023, Accepted: 02/03/2023

Abstract

Purpose: The present study was conducted to investigate the effect of throw distance, mental fatigue and muscular fatigue on throw accuracy and movement time in dart throwing skill.

Methods: This is quasi-experimental applied research with a pretest-posttest design and independent variable intervention. Nineteen right-handed females and nine right-handed males participated in this study. They were 28.96±0.64 years old in average, and had no regular experience in throwing darts. Data were collected from the dart throwing task in six experimental conditions (three fatigue conditions and two throwing distances). After checking the normality of data distribution using skewness and kurtosis, 3 (fatigue) x 2 (throwing distance) analysis of variance test was used with repeated measurements at a significance level of 0.05.

Results: The results showed that the main effect of fatigue (P=0.001) and the main effect of throw distance (P=0.001), was significant on the throwing accuracy. However, no significant interaction effect was observed (P=0.401). Also, the main effect of fatigue (P=0.001) and the main effect of throwing distance (P=0.001) on movement time were significant. However, no significant interaction effect was observed (P=0.909).

Conclusion: Mental and muscular fatigue can negatively affect the performance accuracy. On the other hand, the movement time decreases by reducing the amount of force during muscular fatigue. Also, increasing the throw distance can reduce the movement time to produce the required force and thus reduce the throw accuracy.

Keywords: Speed-Accuracy Trade-Off, Fatigue, Attention.

* Corresponding Author: AliReza Farsi, E-mail: A_farsi@sbu.ac.ir

How to Cite: ParhizMeymandi, N., Farsi, A. R., Sanjari, M. A. Effect of Throw Distance, Mental Fatigue and Muscular Fatigue on Throw Accuracy and Movement Time in Dart Throwing Skill. *Sports Psychology*, 2026; 18(1): 1-17. In Persian

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/).

Extended Abstract
Background and Purpose

Understanding human motor performance requires examining the interplay of individual, environmental, and task-related constraints. Among these, fatigue is a complex, multidimensional phenomenon that impairs the capacity for optimal performance. Previous research distinguishes between mental fatigue (resulting from prolonged cognitive activity) and muscular fatigue (resulting from sustained physical exertion). Mental fatigue has been shown to reduce attention, focus, and the ability to use feedback effectively, while muscular fatigue reduces force production capacity and disrupts proprioceptive feedback. Dart throwing is a goal-directed motor skill requiring both accuracy and force generation. According to Fitts' law, there is a well-known speed-accuracy trade-off: increasing movement speed typically reduces spatial accuracy. As throw distance increases, task difficulty and force requirements also increase. However, it remains unclear how different types of fatigue (mental vs. muscular) interact with throw distance to affect both movement time and throwing accuracy.

Therefore, the purpose of the present study was to investigate the independent and interactive effects of throw distance (standard vs. long), mental fatigue, and muscular fatigue on throw accuracy and movement time in a dart-throwing task.

Materials and Methods

This was a quasi-experimental applied study with a pretest-posttest design and repeated measures. A total of 28 right-handed participants (19 females, 9 males; mean age = 28.96 ± 0.64 years) with no regular dart-throwing experience volunteered. Inclusion criteria included normal or corrected vision, no upper/lower limb injuries or pain, no neurological disorders, and no use of psychoactive substances. Exclusion criteria included insufficient sleep and failure to reach fatigue indices (≥50 on Visual Analog Scale for mental fatigue; 50% reduction in maximal upper limb force for muscular fatigue).

Instruments

- Stroop Task (mental fatigue induction): A 70–80-minute computerized Stroop task with incongruent color-word stimuli.
- Visual Analog Scale (VAS): An 18-item scale measuring perceived mental fatigue (0–10 per item).
- Spring-loaded Dynamometer: Used to measure maximal upper limb force (kgf).
- Resistance Band: Used to simulate dart-throwing motion for muscular fatigue induction.
- Dartboard, Darts, and Stand: Standard dartboard with scoring 1–10; throwing distances: standard (2.37 m) and long (increased distance requiring greater force).

Participants first completed a familiarization session with 90 practice throws (45 from each distance). Then, each participant underwent three experimental conditions in counterbalanced order (one week apart):

1. Non-fatigue control condition: 14 blocks of 3 throws from both distances (randomized), 30s rest between blocks.
2. Mental fatigue condition: VAS assessment, 70–80 min Stroop task, post-task VAS (score ≥50 confirmed fatigue), then 14 blocks of 3 throws from both distances. To prevent recovery, participants repeated 15 min of Stroop after the 7th block.
3. Muscular fatigue condition: Pre-test maximal upper limb force measured. Participants performed repeated simulated throws with a resistance band until force dropped to 50% of maximum. Then, 7 blocks of 3 throws, with additional fatigue-inducing sets between blocks to maintain fatigue.

Movement time was defined as the interval from maximum elbow flexion to maximum

elbow extension. Accuracy was the average score per throw (1–10). Descriptive statistics were computed for six conditions: (fatigue: non, mental, muscular) × (distance: standard, long). Normality was checked via skewness and kurtosis. A 3 (fatigue) × 2 (distance) repeated-measures ANOVA was used (α = 0.05). Effect sizes (partial eta-squared) were interpreted using Cohen's guidelines (0.01=small, 0.06=medium, 0.14=large). Bonferroni post-hoc tests were applied.

Results

Manipulation Checks

- Muscular fatigue: Mean upper limb force decreased from 8.88 ± 0.35 kgf to 4.33 ± 0.17 kgf (51.24% reduction).
- Mental fatigue: Mean VAS score increased from 17.43 ± 0.69 to 127.14 ± 3.38, indicating a substantial increase in perceived mental fatigue.

Throw Accuracy

The main effect of fatigue was significant ($F(1.63, 44.08) = 37.04$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.58$). Bonferroni post-hoc tests showed that accuracy was significantly lower in muscular fatigue than in mental fatigue ($p = 0.001$) and non-fatigue ($p = 0.001$); accuracy was also significantly lower in mental fatigue than non-fatigue ($p = 0.001$). The main effect of throw distance was significant ($F(1, 27) = 259.71$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.91$), with lower accuracy at the long distance compared to standard distance. The fatigue × distance interaction was not significant ($F(2, 54) = 0.93$, $p = 0.401$, $\eta^2 = 0.03$).

Movement Time

The main effect of fatigue was significant ($F(1.63, 44.18) = 30.98$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.53$). Post-hoc tests revealed that movement time was significantly longer in muscular fatigue than in mental fatigue ($p = 0.001$) and non-fatigue ($p = 0.001$). There was no significant difference between mental fatigue and non-fatigue ($p > 0.05$). The main effect of throw distance was significant ($F(1, 27) = 36.32$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.57$), with shorter movement time at the long distance compared to standard distance. The fatigue × distance interaction was not significant ($F(2, 54) = 0.09$, $p = 0.909$, $\eta^2 = 0.01$).

Conclusion

The present study investigated the effects of throw distance, mental fatigue, and muscular fatigue on dart-throwing accuracy and movement time. The results confirmed that both mental and muscular fatigue impair throwing accuracy, supporting the first hypothesis. Participants in both fatigue conditions scored lower than in the non-fatigue condition, with muscular fatigue causing a greater accuracy decrement than mental fatigue. These findings can be explained by attentional and proprioceptive mechanisms. Mental fatigue reduces the ability to maintain focus, allocate attention efficiently, and use error-based feedback for motor adjustments. According to the parallel information processing model and Easterbrook's cue-utilization theory, mental fatigue narrows attentional focus, preventing optimal task monitoring. Previous studies (e.g., Van der Linden et al., Boxma et al.) have shown that mentally fatigued individuals struggle with planning, strategy switching, and ignoring irrelevant information, leading to performance deterioration.

Muscular fatigue impairs accuracy primarily through reduced proprioceptive feedback from joints and compensatory variability mechanisms. During dart throwing, proximal deviations are normally corrected by distal joints using proprioceptive input. However, muscular fatigue disrupts this process, reducing error correction and post-error performance adjustment, as noted by Lorist et al. and Boksem et al. Regarding movement time, muscular fatigue significantly increased movement time compared to both mental fatigue and non-fatigue conditions. This is

physically expected: given constant mass (the dart), reduced force production (50% of maximum) directly reduces velocity, increasing movement time. In contrast, mental fatigue did not significantly affect movement time, consistent with Van Cutsem et al., who found that mental fatigue affects perceived effort and cognitive aspects of performance but does not directly impair physiological force-generating capacity. The results also showed a clear speed-accuracy trade-off with increased throw distance. At the long distance, participants reduced movement time (i.e., increased throwing speed) to generate the necessary force to reach the dartboard. This increase in speed, however, led to a significant decrease in throwing accuracy. This finding aligns with Fitts' law: as task difficulty (distance) increases, the required speed increases, and accuracy decreases. The lack of significant interaction effects between fatigue and distance suggests that fatigue and distance independently influence performance, rather than amplifying each other's effects. This study provides empirical evidence that both mental and muscular fatigue negatively affect dart-throwing accuracy, with muscular fatigue having a more detrimental effect. Muscular fatigue also increases movement time due to reduced force capacity, whereas mental fatigue does not alter movement time. Increasing throw distance reduces movement time (increases speed) to meet force demands, but this speed increase comes at the cost of reduced accuracy, consistent with the speed-accuracy trade-off.

Funding
This study received no funding from public, commercial, or nonprofit organizations.

Authors' Contributions
All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study.

Conflicts of Interest
The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgement
We sincerely appreciate all professional female athletes who participated in the present study.

روانشناسی ورزشی، ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۱، صص ۱۷-۱. doi: 10.48308/MBSP.2022.229308.1170

روانشناسی ورزشی

Journal homepage: https://mbsp.sbu.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

اثر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت

نجمه پرهیزمیمندی[۱]، علیرضا فارسی[۲*]، محمدعلی سنجری[۳]

۱. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۲. گروه علوم رفتاری، شناختی و فناوری ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.

۳. مرکز تحقیقات توانبخشی و گروه آموزشی علوم پایه توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۹، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۱

چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت انجام شد.

روش‌ها: این پژوهش نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون و مداخله متغیر مستقل، از نوع کاربردی است. شرکت‌کنندگان این مطالعه ۱۹ دختر و نه پسر راست دست با میانگین سنی ۰/۶۴±۲۸/۹۶ سال و بدون تجربه منظم در پرتاب دارت بودند. داده‌ها از تکلیف پرتاب دارت در شش شرایط آزمایشی (سه حالت خستگی و دو فاصله پرتاب) جمع‌آوری شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از چولگی و کشیدگی، از آزمون تحلیل واریانس ۳ (خستگی) × ۲ (فاصله پرتاب) با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر اصلی خستگی (P=۰/۰۰۱) و اثر اصلی فاصله پرتاب (P=۰/۰۰۱)، بر دقت پرتاب معنی‌دار بود. اما اثر تعاملی معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۴۰۱). همچنین اثر اصلی خستگی (P=۰/۰۰۱) و اثر اصلی فاصله پرتاب (P=۰/۰۰۱) بر زمان حرکت معنی‌دار بود. اما تعامل معنی‌داری بین خستگی و فاصله پرتاب مشاهده نشد (p=۰/۹۰۹).

نتیجه گیری: خستگی ذهنی و عضلانی می‌توانند بر دقت عملکرد تأثیر منفی داشته باشند. از طرفی می‌توان گفت: با کاهش میزان نیرو به هنگام خستگی عضلانی، زمان حرکت کاهش می‌یابد. همچنین افزایش فاصله پرتاب می‌تواند سبب کاهش زمان حرکت برای تولید نیروی مورد نیاز و در نتیجه کاهش دقت پرتاب شود.

واژه‌های کلیدی: مبادله سرعت-دقت، خستگی، توجه.

* Corresponding Author: AliReza Farsi, E-mail: A_farsi@sbu.ac.ir

How to Cite: ParhizMeymandi, N., Farsi, A. R., Sanjari, M. A. Effect of Throw Distance, Mental Fatigue and Muscular Fatigue on Throw Accuracy and Movement Time in Dart Throwing Skill. *Sports Psychology*, 2026; 18(1): 1-17. In Persian

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

درک قوانین مربوط به عملکرد و کنترل حرکتی مستلزم مطالعه عوامل موثر بر عملکرد است. عملکرد حرکتی می‌تواند تحت تأثیر قیود فرد، محیط و تکلیف قرار گیرد. طبق مدل پیشنهادی نیوول قید مرتبط با تکلیف، قیدی است که بیرون از بدن و وابسته به هدف تکلیف، یا ابزارهای مورد استفاده در انجام یک تکلیف یا مهارت ویژه است. قید مرتبط با فرد شامل ویژگی‌های فیزیکی یا رفتاری فرد است.

قیود محیطی شرایط مرزی فیزیکی بیرون از بدن و مربوط به جهان پیرامون هستند (۱). یکی از قیود اثرگذار بر عملکرد حرکتی، خستگی است. خستگی یک پدیده پیچیده است که به عنوان کاهش ظرفیت برای حداکثر عملکرد و ناتوانی در انجام کاری که زمانی در یک دوره معقول قابل دستیابی بود شناخته می‌شود (۲, ۳). مطالعات قبلی بین خستگی شناختی و عصبی عضلانی (۴, ۵)، که به ترتیب ناشی از یک دوره طولانی فعالیت شناختی (۶) و تمرین بدنی۱ (۷) هستند، تمایز قائل شده‌اند. به طور کلی، خستگی عضلانی به عنوان کاهش در توانایی فرد برای اعمال نیرو تعریف می‌شود (۸) که دارای دو نوع محیطی و مرکزی است. خستگی محیطی در عضلات رخ می‌دهد و گروه خاصی از آن‌ها را درگیر می‌کند که در حرکت نقش دارند. این نوع خستگی می‌تواند اتصال عصبی عضلانی، مکانیسم‌های تحریک-انقباض، آزادسازی کلسیم و همچنین تحریک اجزای انقباضی تولیدکننده نیرو را مختل کند (۹). از طرف دیگر، خستگی مرکزی مربوط به قسمت‌های فوقانی مغز و فراخوانی نورون‌های حرکتی آلفا است که بر کل بدن تأثیر می‌گذارد (۱۰). به عبارت دیگر، فرمان حرکتی در خستگی محیطی کاهش نمی‌یابد اما خستگی مرکزی دستورات حرکتی ارسال شده به عضلات را کاهش می‌دهد و متعاقباً، تنش یا نیروی عضلانی کاهش می‌یابد (۱۱).

علاوه بر این، افراد اغلب زمانی که برای مدت طولانی درگیر یک کار هستند که مستلزم استفاده از عملکردهای شناختی است، خستگی ذهنی را تجربه می‌کنند. خستگی ذهنی منجر به کاهش عملکرد، انگیزه کم‌تر برای ادامه کار و افزایش تعداد و شدت خطاها می‌شود (۱۲). افراد خسته ذهنی معمولاً نمی‌توانند تمرکز کنند یا توجه خود را حفظ کنند و به راحتی حواس‌شان پرت می‌شود که نشان‌دهنده تأثیر خستگی ذهنی بر توجه است (۱۳).

خستگی به عنوان یک اختلال درونی اجتناب‌ناپذیر عمل می‌کند که در تکالیف حرکتی مختلف هم به صورت ذهنی و هم به صورت عضلانی با سهم متفاوت دیده می‌شود. برخی از مطالعات تأثیر خستگی ذهنی یا عضلانی را بر عملکرد، فعالیت الکتریکی عضلانی، نحوه انجام حرکات و همچنین ویژگی‌های کینماتیکی و کینتیکی حرکات، ارزیابی کرده‌اند. نتایج خستگی عضلانی نشان‌دهنده تغییرات در برخی عناصر مانند اوج فعالیت عضلانی (۱۴)، ظرفیت تولید نیروی عضلانی، دقت و سرعت عملکرد بود (۱۵-۱۷). علاوه بر این، این نوع خستگی می‌تواند بر دقت و سرعت حرکات هدفمند تأثیر منفی بگذارد (۱۸). در مقابل، برخی از پژوهشگران تفاوت معنی‌داری را از نظر عملکرد بازیکن در حالت خستگی و استرس فیزیکی در مقایسه با حالت بدون خستگی گزارش نکرده‌اند (۱۹).

در مورد خستگی ذهنی، برخی از مطالعات تأثیر محدود آن را بر قدرت (۲۰-۲۲)، توجه (۲۳) و تکالیف حرکتی که نیاز به دقت دارند (۲۴) نشان داده‌اند. ناتوانی در حفظ تمرکز (۲۳)، مشکل در استفاده صحیح از بازخورد و تنظیم عملکرد پس از خطا (۲۵, ۲۶)، می‌توانند از دلایل تأثیر منفی خستگی ذهنی باشند. برخی دیگر از پژوهشگران تأثیر منفی این خستگی را بر عملکرد حرکات هدفمند، مهارت دستی، زمان‌بندی پیش‌بینی و دقت نشان داده‌اند (۲۴, ۲۷, ۲۸).

پرتاب دارت یک حرکت هدفمند است و همان‌طور که سینگر تمرکز توجه را به عنوان سومین مورد از پنج مرحله کلی برای اجرای موفقیت‌آمیز پیشنهاد کرده است (۲۹)، می‌توانیم توجه

را یک عامل اساسی مؤثر بر مهارت هدفمند پرتاب دارت بدانیم. لازم به ذکر است که افراد خسته ذهنی اغلب در تمرکز، برنامه‌ریزی، تغییر استراتژی‌های سازگار با محیط، آماده‌سازی پاسخ‌ها و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط دچار مشکل می‌شوند (۶, ۱۳, ۳۰). این موارد منعکس‌کننده اثرات خستگی ذهنی بر توجه هستند. بنابراین به نظر می‌رسد خستگی ذهنی می‌تواند بر دقت پرتاب دارت تأثیر بگذارد.

پرتاب دارت، که هم به دقت و هم به تولید نیرو نیاز دارد (۳۱)، یکی از مهارت‌های ورزشی هدفمند است که هدف آن، جای دادن دارت در یک موقعیت خاص روی تخته است. منطقه‌ای که دارت پرتاب شده به تخته برخورد می‌کند به ترکیبی از موقعیت، سرعت و جهت حرکت در لحظه رها شدن دارت بستگی دارد (۳۲). از طرفی یکی از اصول اساسی حرکات انسان، ارتباط میان سرعت و دقت حرکت است. بر اساس اصل مبادله سرعت-دقت در تکالیف نیازمند سرعت و دقت، تلاش برای انجام سریع‌تر حرکت با افزایش احتمال خطا یعنی کاهش دقت فضایی همراه است و به منظور افزایش دقت باید سرعت را کاهش داد. همچنین، تمرکز بیش‌تر روی دقت حرکت باعث آهسته‌تر شدن حرکت می‌شود. زمانی که افراد برای رسیدن به هدف، سرعت را افزایش می‌دهند عملکرد آن‌ها با کاهش دقت همراه می‌شود (۲۷). قانون فیتز بر یک رابطه معکوس بین دشواری حرکت و سرعتی که حرکت می‌تواند انجام شود، دلالت دارد. افزایش دشواری، میزان سرعت را کاهش می‌دهد، به عبارت بهتر زمان حرکت افزایش می یابد (۳۳). همان‌طور که در بالا اشاره شد پرتاب دارت، هم به دقت و هم به تولید نیرو نیاز دارد. با افزایش فاصله پرتاب، دشواری تکلیف بیش‌تر شده و نیاز به تولید نیرو افزایش می‌یابد. سوال این‌جا است که آیا این افزایش تولید نیرو با کاهش زمان حرکت و در نتیجه تاثیر بر دقت فضایی پرتاب همراه است؟

با توجه به مباحث مطرح شده، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت انحام شد.

روش پژوهش

نظر به ماهیت موضوع مورد مطالعه و سایر ویژگی‌های پژوهش، این مطالعه با راهبرد نیمه آزمایشی و طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون و مداخله متغیر مستقل، از نوع پژوهش کاربردی بود که در آن به تحلیل اثر خستگی ذهنی و عضلانی بر دقت و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت پرداخته شد.

نمونه های پژوهش

شرکت‌کننده‌های پژوهش حاضر ۱۹ دختر و نه پسر راست دست با میانگین سنی ۰/۶۴±۲۸/۹۶ سال، بودند که هیچ‌کدام تجربه منظم در پرتاب دارت نداشتند و به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. در این پژوهش معیارهای ورود شامل دید طبیعی یا اصلاح شده با عینک، نداشتن هرگونه آسیب یا درد در اندام فوقانی و تحتانی، نداشتن هرگونه بیماری نورولوژیکی، مصرف نکردن مواد مخدر و داروهای روان‌گردان و معیارهای خروج شامل نداشتن خواب شبانه کافی و نرسیدن به شاخص خستگی بود. نشانه خستگی ذهنی، کسب حداقل نمره ۵۰ در مقیاس آنالوگ بینایی (VAS)[۲] و نشانه خستگی عضلانی، کاهش ۵۰ درصدی حداکثر نیروی اندام فوقانی بود.

معیارهای ورود و خروج

معیارهای ورود به پژوهش شامل فعالیت در یکی از رشته‌های ورزشی به مدت ۳ سال، متأهل بودن و داشتن حداقل یک سال سابقه زندگی مشترک به منظور شکل‌گیری تجربه واقعی از رابطه زناشویی، داشتن حداقل ۲۵ سال سن، تمایل و رضایت آگاهانه برای شرکت در پژوهش و توانایی خواندن و پاسخ‌گویی به پرسشنامه‌ها به صورت آنلاین بود. همچنین شرکت‌کنندگان باید در زمان اجرای پژوهش در یکی از

باشگاه‌ها، تیم‌های ورزشی یا مسابقات رسمی به عنوان ورزشکار فعال حضور داشته باشند. معیارهای خروج از پژوهش شامل از جمله عدم تکمیل کامل پرسشنامه‌ها، پاسخ‌دهی تصادفی یا غیرواقعی به سؤالات، انصراف فرد از ادامه همکاری در هر مرحله از پژوهش، داشتن سابقه طلاق یا جدایی در زمان تکمیل پرسشنامه‌ها و همچنین ابتلا به اختلالات روان‌شناختی شدید گزارش‌شده توسط خود فرد که می‌توانست بر پاسخ‌دهی دقیق به پرسشنامه‌ها تأثیر بگذارد. پرسشنامه‌هایی که به‌صورت ناقص تکمیل شده بودند یا الگوی پاسخ‌دهی غیرمنطقی داشتند، از تحلیل نهایی حذف شدند.

ابزار گردآوری داده‌ها

نرم‌افزار تکلیف استروپ[۳]

در این پژوهش از تکلیف استروپ برای ایجاد خستگی ذهنی استفاده شد. این تکلیف شامل واژه‌های رنگارنگ (سبز، آبی، قرمز و زرد) بود که یکی پس از دیگری با رنگی نامتجانس بر صفحه نمایش، ظاهر می‌شدند (مثلاً واژه "سبز" به رنگ آبی). روی صفحه کلید چهار کلید پاسخ به رنگ‌های قرمز، سبز، زرد و آبی وجود داشت. از شرکت‌کنندگان خواسته شد به محض ظاهر شدن هر واژه بر صفحه نمایش، کلید پاسخی را فشار دهند که همرنگ جوهر است (برای مثال، از آن‌ها انتظار می‌رفت که به هنگام ظاهر شدن واژه آبی که به رنگ سبز بود کلید پاسخ سبز را فشار دهند). با این حال، اگر رنگ جوهر قرمز بود، باید کلیدی را فشار می‌دادند که رنگ آن با نام رنگ مطابقت دارد (به عنوان مثال، انتظار می‌رفت که به هنگام ظاهر شدن واژه زرد که به رنگ قرمز بود کلید پاسخ زرد را فشار دهند). ظهور واژه‌ها روی صفحه نمایش کاملا تصادفی بود و یک چهارم کل مدت زمان تکلیف مربوط به ظهور واژه‌هایی بود که با جوهر قرمز نمایش داده می‌شدند. علاوه بر این، از شرکت‌کنندگان خواسته شد که تا حد امکان سریع و دقیق پاسخ دهند. قبل از شروع تکلیف خستگی ذهنی، ۲۰ کوشش آزمایشی انجام شد تا اطمینان حاصل شود که شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌ها را به درستی درک کرده‌اند (۲۷). بر اساس مطالعات پیشین، مدت زمان انجام این تکلیف برای رسیدن به شاخص خستگی (کسب امتیاز حداقل ۵۰ از مقیاس آنالوگ بینایی) بین ۳۰ تا ۹۰ دقیقه متغیر بود (۲۷, ۳۴). بنابراین پیش از انجام این مداخله، در یک مطالعه اولیه، پنج شرکت‌کننده تکلیف استروپ را به مدت ۹۰ دقیقه انجام دادند تا زمان مناسب برای این مطالعه تعیین شود. این پنج آزمودنی فقط در این مطالعه اولیه حضور داشتند اما دارای ویژگی‌های یکسانی با شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر بودند. به عبارت دیگر، آن‌ها جزء ۲۸ شرکت کننده اصلی نبودند. از دقیقه ۶۰ به بعد، هر ۱۰ دقیقه یکبار سطح خستگی آن‌ها با VAS ارزیابی شد تا مشخص شود که چه زمانی نشانه خستگی ذهنی به دست می‌آید. بر اساس زمان مشاهده نشانه خستگی ذهنی، مدت زمان تکلیف استروپ برای مطالعه حاضر حداقل ۷۰ دقیقه در نظر گرفته شد. هر واژه به مدت ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه روی صفحه نمایش داده می‌شد و سپس یک صفحه خالی به مدت ۱۵۰۰ میلی‌ثانیه قبل از نمایش واژه بعدی ظاهر می‌شد. در مجموع ۱۶۸۰ محرک در طول ۷۰ دقیقه ارائه شد (۳۵).

مقیاس آنالوگ بینایی

در این مطالعه برای سنجش ادراک خستگی ذهنی باید ابزاری به کار گرفته می‌شد که علاوه بر اجرای آسان و نمره‌دهی سریع، در مدت زمان کوتاهی بدون ایجاد فرصت ریکاوری تکمیل می‌شد. پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی این ویژگی‌ها را در بر دارد و سودمندی آن برای اندازه‌گیری خستگی ذهنی توسط مانک نشان داده شده است (۳۶). این مقیاس دارای ۱۸ گویه است که گویه‌های ۵-۱ و ۱۸-۱۱ مربوط به خستگی و گویه‌های ۱۰-۶ مربوط به انرژی است. زیر هر گویه یک خط ۱۰ سانتی‌متری از صفر تا ۱۰ وجود دارد و شرکت‌کننده بر اساس وضعیت فعلی خود یکی از این اعداد را علامت‌گذاری می‌کند. مقدار صفر نشان‌دهنده کم‌ترین میزان خستگی (یا انرژی) و مقدار ۱۰ نشان‌دهنده بیش‌ترین میزان خستگی (یا انرژی) است. ارزیابی‌های روان‌سنجی اولیه انجام شده توسط

لی و همکاران پایایی درونی بالایی را از ۰/۹۴ تا ۰/۹۶ نشان داده‌اند. روایی همزمان با مقیاس خواب‌آلودگی استنفورد و مقیاس وضعیت‌های خلقی ایجاد شده است (۳۷).

نیروسنج

به منظور ارزیابی نیروی عضلانی شرکت‌کنندگان در جلسه خستگی عضلانی و در نتیجه سنجش میزان خستگی از نیروسنج استفاده شد.

کش بدنسازی

برای ایجاد خستگی عضلانی، از یک کش بدنسازی استفاده شد که پرتاب دارت با عضلات درگیر را شبیه‌سازی می‌کرد و ارتفاع اتصال کش متناسب با قد آزمودنی تنظیم می‌شد.

دارت، صفحه دارت و پایه دارت

در پژوهش حاضر از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا پرتاب دارت را اجرا کنند. بنابراین ابزار مورد نیاز برای اجرای این تکلیف شامل دارت، صفحه دارت با مقیاس‌بندی یک تا ۱۰ و پایه دارت به ارتفاع استاندارد ۱/۷۳ بود.

روش اجرا

پس از انتخاب شرکت‌کنندگان با توجه به معیارهای عنوان شده، هر شخص یک رضایت‌نامه کتبی پرکرد. پیش از جلسه آزمایش، برای هر شرکت‌کننده یک جسله توجیهی برگزار شد تا با شیوه کار به طور کامل آشنا و زمان‌بندی حضور او در آزمایشگاه برای ثبت جمع‌آوری و ثبت داده مشخص شود. همچنین در جلسه توجیهی به شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌های زیر ارائه شد: در مدت ۴۸ ساعت قبل از آزمون تمرینات بدنی شدید نداشته باشید. شب قبل از آزمون کم‌تر از زمان معمول نخوابید. از هر نوع مواد محرک یا دارویی در روز آزمون استفاده نکنید. ۲۴ ساعت قبل از آزمون از هرگونه فعالیت ذهنی که می‌تواند برای شما یک فشار ذهنی یا خستگی و تغییر در روحیه شما ایجاد کند، خودداری کنید. پروتکل این مطالعه شامل یک مرحله آشنایی و سه شرایط آزمایشی بود. مرحله آشنایی، شامل ارائه دستورالعمل‌هایی در مورد نحوه پرتاب دارت، از جمله نحوه صحیح گرفتن دارت (شکل ۱ (الف))، پرتاب دارت، موقعیت قرارگیری نسبت به تخته دارت (شکل ۱ (ب)) بود. از شرکت‌کنندگان خواسته شد هنگام پرتاب به پهلو نسبت به تخته دارت بایستند، هر دو پا را عمود بر مسیر هدف قرار دهند و بدون چرخش شانه‌ها دارت را در صفحه فرونتال پرتاب کنند. مطابق شکل ۱(ب)، تخته دارت شامل دایره‌های سیاه و سفید هم مرکز از امتیاز ۱۰ در مرکز تا یک در حاشیه بود. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا مرکز تخته را نشانه بگیرند و سعی کنند دارت را به مرکزی‌ترین دایره بزنند.

پس از دریافت دستورالعمل‌ها، هر شرکت‌کننده ۹۰ پرتاب را در شش بخش ۱۵ کوششی از دو فاصله استاندارد و طولانی اجرا کرد (۳۸). هر بخش شامل پنج بلوک سه کوششی با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه بین بلوک‌ها بود (۳۹). لازم به ذکر است که در مجموع از هر فاصله به تعداد برابر پرتاب انجام شد (۴۵ پرتاب از هر فاصله).

در اولین شرایط آزمایشی، از هر شرکت‌کننده خواسته شد تا ۱۴ بلوک سه کوششی را از دو فاصله استاندارد و طولانی به تعداد برابر و کاملا تصادفی اجرا کند. به منظور جلوگیری از خستگی بین هر بلوک ۳۰ ثانیه استراحت لحاظ شد (۳۹). شرایط آزمایشی دوم و سوم شامل اجرا در خستگی ذهنی و عضلانی بود. این دو شرایط آزمایشی به‌صورت کاملاً تصادفی برای شرکت‌کنندگان انتخاب شد به‌طوری‌که برای نیمی از شرکت‌کنندگان، موقعیت آزمایشی دوم خستگی ذهنی و موقعیت آزمایشی سوم خستگی عضلانی بود. برای نیمی دیگر، این دو موقعیت جابه‌جا شد.

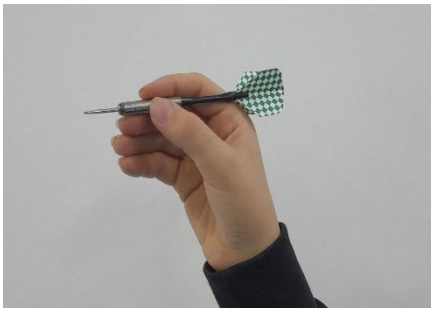
در موقعیت خستگی عضلانی، ابتدا حداکثر نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان با یک نیرو سنج فنری اندازه‌گیری شد. یک سر نیروسنج به یک میله عمودی ثابت وصل می‌شد تا بتوان محل آن را با توجه به قد شرکت‌کنندگان در سطح شانه آن‌ها تنظیم کرد و یک طناب به انتهای دیگر آن برای سهولت در کشیدن وصل شد. نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان با

نگه‌داشتن طناب و کشیدن آن در موقعیتی شبیه به پرتاب دارت اندازه‌گیری شد. سپس هر شرکت‌کننده حداقل سه ست از پروتکل خستگی را انجام داد که شامل شبیه‌سازی پرتاب دارت با یک نوار الاستیک بود. در پایان هر ست، نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان با نیروسنج فنری اندازه‌گیری شد. پروتکل خستگی تا زمانی که نیروی فردی به ۵۰ درصد از نیروی بیشینه کاهش یافت ادامه داشت (۴۰, ۴۱). سپس دارت‌ها در قالب هفت بلوک سه کوششی توسط شرکت‌کنندگان پرتاب شدند. پس از هر بلوک برای پیش‌گیری از ریکاوری در هنگام پرتاب دارت، یک ست از پروتکل خستگی اجرا شد. در پایان هفت بلوک، دوباره نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان اندازه‌گیری شد تا اطمینان حاصل شود که در طول پرتاب‌ها خستگی کاهش نیافته است. در موقعیت خستگی ذهنی، ابتدا سطح خستگی شرکت‌کنندگان به وسیله VAS که روی یک کاغذ تهیه شده بود و توسط شرکت‌کنندگان در مدت یک دقیقه تکمیل می‌شد، ارزیابی شد. پس از آن، شرکت‌کنندگان به مدت ۷۰ دقیقه تکلیف استروپ را انجام دادند. سپس VAS توسط شرکت‌کنندگان در مدت یک دقیقه تکمیل شد. اگر شرکت‌کنندگان در VAS حداقل ۵۰ امتیاز کسب می‌کردند، به این معنی بود که به سطح موردنظر از خستگی ذهنی رسیده‌اند (۳۵). در غیر این صورت، تکلیف استروپ را ادامه می‌دادند و هر ۱۰ دقیقه یکبار پرسشنامه VAS را تکمیل می‌کردند تا به سطح مورد نظر از خستگی ذهنی برسند. ۲۶ شرکت‌کننده پس از ۷۰ دقیقه و دو شرکت‌کننده پس از ۸۰ دقیقه، امتیاز حداقل ۵۰ را در VAS کسب کردند. پس از آن، شرکت‌کنندگان پرتاب‌ها را در قالب ۱۴ بلوک سه کوششی به صورت کاملا تصادفی از دو فاصله تعیین شده اجرا کردند. طبق پژوهش اسمیت و همکاران تا ۵۰ دقیقه بعد از اجرای تکلیف استروپ، خستگی ذهنی ادامه دارد و بالاتر از حد پایه است اما پس از گذشت ۱۰ دقیقه تا حدودی خستگی کاهش می‌یابد (۳۵). بنابراین در مطالعه حاضر به منظور پیش‌گیری از ریکاوری در طول پرتاب‌ها، هر شرکت‌کننده پس از بلوک هفتم که کم‌تر از ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامید، ۱۵ دقیقه تکلیف استروپ را انجام داد و دوباره میزان خستگی از طریق مقیاس آنالوگ بینایی مورد سنجش قرار گرفت و پس از آن بلوک هشتم تا دهم را اجرا کرد. لازم به ذکر است که بین شرایط دوم و سوم یک هفته فاصله وجود داشت تا اثرات احتمالی هر گونه خستگی در موقعیت بعدی از بین برود.

تحلیل آماری

میانگین زمان حرکت و دقت پرتاب (میانگین امتیازها) (۴۲) شرکت‌کنندگان در شش شرایط آزمایشی زیر به طور جداگانه محاسبه شد: ۱. خستگی ذهنی - فاصله استاندارد؛ ۲. خستگی ذهنی – فاصله طولانی؛ ۳. خستگی عضلانی-فاصله استاندارد؛ ۴. خستگی عضلانی - فاصله طولانی؛ ۵. بدون خستگی - فاصله استاندارد و ۶. بدون خستگی - فاصله طولانی. دقت پرتاب از امتیاز شرکت‌کنندگان در کوشش‌های مختلف محاسبه شد و زمان حرکت از اختلاف زمان حداکثر فلکشن آرنج تا حداکثر اکستنشن آرنج در هر پرتاب به دست آمد.

تحلیل‌های آماری با استفاده از بسته نرم افزاری SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از چولگی و کشیدگی، از آزمون تحلیل واریانس ۳ (خستگی) × ۲ (فاصله پرتاب) با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. طرح طبقه‌بندی مورد استفاده برای اندازه اثر بر اساس طبقه‌بندی کوهن (۰/۰۱ = اثر کوچک، ۰/۰۶ = اثر متوسط، و ۰/۱۴ = اثر بزرگ) بود (۴۳). آزمون تعقیبی بونفرونی نیز برای روشن شدن تفاوت بین شرایط آزمایشی اجرا شد.



(الف)

(ب)

شکل۱: شیوه صحیح گرفتن دارت (الف) و ایستادن (ب).

ملاحظات اخلاقی

تمام شرکت‌کنندگان با آگاهی از شرایط پژوهش، رضایت‌نامه کتبی پر کردند و در هر مرحله از پژوهش امکان خروج و ادامه ندادن داشتند. همچنین اطلاعات شرکت‌کنندگان کاملا محرمانه حفظ شد. این مطالعه دارای کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی دانشگاه شهید بهشتی با شماره IR.SBU.REC.1400.157 است.

یافته‌ها

اندازه‌های مقیاس آنالوگ بینایی و نیرو

نتایج نیروسنج فنری نشان داد که دامنه میانگین نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان قبل از پروتکل خستگی عضلانی ۱۳/۵-۶ کیلوگرم و بعد از پروتکل خستگی عضلانی ۶/۵-۳ کیلوگرم بود. دامنه امتیاز شرکت‌کنندگان در VAS قبل از خستگی ذهنی ۲۴-۱۲ و بعد از آن ۱۵۸-۱۰۱ بود.

جدول ۱ آمار توصیفی برای نمرات VAS و میانگین نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد. اندازه‌های نیرو نشان می‌دهد که میانگین نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان پس از پروتکل خستگی عضلانی ۵۱/۲۴ درصد کاهش یافته است. از سوی دیگر، بر اساس اندازه‌های به دست آمده از VAS نیز افزایش در نمرات شرکت‌کنندگان پس از خستگی ذهنی مشاهده می‌شود.

جدول ۱. آمار توصیفی نمرات مقیاس آنالوگ بینایی و نیروی اندام فوقانی شرکت‌کننده‌ها

	قبل		بعد	
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
مقیاس آنالوگ بینایی[1]	۰/۶۹	۱۷/۴۳	۳/۳۸	۱۲۷/۱۴
نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان (کیلوگرم نیرو)[2]	۰/۳۵	۸/۸۸	۰/۱۷	۴/۳۳

[1] قبل و بعد از خستگی ذهنی

[2] قبل و بعد از خستگی عضلانی

اندازه‌های دقت و زمان حرکت

جدول ۲ آمار توصیفی دقت پرتاب و زمان حرکت را برای شرایط آزمایشی مختلف نشان می‌دهد. امتیاز شرکت‌کنندگان از موقعیت بدون خستگی به خستگی ذهنی و سپس خستگی عضلانی کاهش یافته است. همچنین این کاهش دقت در فاصله طولانی نسبت به فاصله استاندارد نیز دیده می‌شود. از سوی دیگر میانگین زمان حرکت در فاصله طولانی نسبت به فاصله استاندارد با کاهش و در موقعیت خستگی عضلانی نسبت به شرایط بدون خستگی و خستگی ذهنی با افزایش همراه بوده است.

جدول ۲. آمار توصیفی دقت پرتاب و زمان حرکت بر اساس شرایط آزمایشی

	خستگی عضلانی		خستگی ذهنی		بدون خستگی	
	میانگین±انحراف استاندارد M± SD		میانگین±انحراف استاندارد M± SD		میانگین±انحراف استاندارد M± SD	
	فاصله استاندارد	فاصله طولانی	فاصله استاندارد	فاصله طولانی	فاصله استاندارد	فاصله طولانی
دقت پرتاب	۳/۱±۷۶/۱۷	۱/۰±۴۱/۹۶	۴/۱±۸۹/۱۷	۲/۱±۳۸/۲۱	۵/۰±۳۴/۹۴	۳/۱±۱۵/۰۱
زمان حرکت (ثانیه)	۰/۰±۲۲/۰۳	۰/۰±۲۱/۰۳	۰/۰±۲۰/۰۲	۰/۰±۱۹/۰۲	۰/۰±۲۰/۰۳	۰/۰±۱۹/۰۲

به منظور ارزیابی دقت پرتاب و نیز زمان حرکت از آزمون تحلیل واریانس ۳ (خستگی) × ۲ (فاصله پرتاب) با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج آزمون کرویت ماچلی در جدول ۳ آورده شده است. در موارد نقض کرویت (p<۰/۰۵) نتایج آزمون گرین‌هاوس-گیسر گزارش شده است.

جدول ۳. نتایج تحلیل آماری برای دقت پرتاب و زمان حرکت

		آزمون کرویت ماچلی		تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر			
		معنی‌داری p-value	درجه آزادی df	درجه آزادی ۱ df_1	درجه آزادی ۲ df_2	F	معنی‌داری p-value
دقت پرتاب	خستگی	۰/۰۳۶	۲	۱/۶۳	۴۴/۰۸	۳۷/۰۴	۰/۰۰۱*
	فاصله پرتاب		۰	۱	۲۷	۲۵۹/۷۱	۰/۰۰۱*
	خستگی*فاصله پرتاب	۰/۴۶۱	۲	۲	۵۴	۰/۹۳	۰/۴۰۱
زمان حرکت (ثانیه)	خستگی	۰/۰۳۸	۲	۱/۶۳	۴۴/۱۸	۳۰/۹۸	۰/۰۰۱*
	فاصله پرتاب		۰	۱	۲۷	۳۶/۳۲	۰/۰۰۱*
	خستگی*فاصله پرتاب	۰/۲۰۶	۲	۲	۵۴	۰/۰۹	۰/۹۰۹

* P < ۰/۰۵

اثر اصلی خستگی بر دقت پرتاب معنی‌دار بود (۰/۵۸= η^2, ۰/۰۰۱ = p, ۳۷/۰۴ = $F(۱/۶۳,۴۴/۰۸)$). به عبارت دیگر، بین دقت پرتاب دارت در سه شرایط خستگی ذهنی، خستگی عضلانی و غیرخستگی تفاوت معنی‌داری وجود داشت که در آن از آزمون تعقیبی بونفرونی برای روشن شدن تفاوت بین این شرایط استفاده کردیم. بر اساس نتایج آزمون بونفرونی، میانگین دقت پرتاب دارت در موقعیت خستگی عضلانی به طور معنی‌داری کم‌تر از موقعیت خستگی ذهنی (۰/۰۰۱ = p) و موقعیت غیرخستگی (۰/۰۰۱= p) بود. همچنین دقت پرتاب دارت در موقعیت خستگی ذهنی به طور معنی‌داری کم‌تر از شرایط غیرخستگی بود (۰/۰۰۱ = p).

اثر اصلی فاصله پرتاب بر دقت پرتاب نیز معنی‌دار بود (۰/۹۱= η^2, ۰/۰۰۱ = p, ۲۵۹/۷۱ = $F(۱,۲۷)$). به عبارت دیگر، بین دقت پرتاب دارت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که میانگین دقت پرتاب دارت از فاصله استاندارد بیش‌تر از فاصله طولانی بود.

تعامل معنی‌داری بین خستگی و فاصله پرتاب مشاهده نشد (۰/۰۳= η^2, ۰/۴۰۱ = p, ۰/۹۳ = $F(۲,۵۴)$).

در نتایج حاصل از تحلیل آماری زمان حرکت مشاهده شد که اثر اصلی خستگی بر زمان حرکت معنی‌دار بود (۰/۵۳= η^2, ۰/۰۰۱ = p, ۳۰/۹۸ = $F(۱/۶۳,۴۴/۱۸)$). به عبارت دیگر، بین زمان حرکت در سه شرایط خستگی ذهنی، خستگی عضلانی و غیرخستگی تفاوت معنی‌داری وجود داشت که در آن از آزمون تعقیبی بونفرونی برای روشن شدن تفاوت بین این شرایط استفاده کردیم. بر اساس نتایج آزمون بونفرونی، میانگین زمان حرکت در موقعیت خستگی عضلانی به طور معنی‌داری بیش‌تر از موقعیت خستگی ذهنی (۰/۰۰۱= p) و موقعیت بدون خستگی (۰/۰۰۱= p) بود. اما بین زمان حرکت در دو موقعیت خستگی ذهنی و بدون خستگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۰/۰۰۱= p).

اثر اصلی فاصله پرتاب بر زمان حرکت نیز معنی‌دار بود (۰/۵۷= η^2, ۰/۰۰۱ = p, ۳۶/۳۲ = $F(۱,۲۷)$). به عبارت دیگر، بین زمان حرکت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوریکه میانگین زمان حرکت در فاصله استاندارد بیش‌تر از فاصله طولانی بود.

تعامل معنی‌داری بین خستگی و فاصله پرتاب مشاهده نشد (۰/۰۱= η^2, ۰/۹۰۹ = p, ۰/۰۹ = $F(۲,۵۴)$).

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت پرداخته است. نتایج، اولین فرضیه این پژوهش که دقت پرتاب دارت در افراد با خستگی ذهنی یا عضلانی کاهش می‌یابد را تایید کرد. شرکت‌کنندگان در هر دو شرایط خستگی ذهنی و عضلانی در پرتاب دارت امتیاز کم‌تری نسبت به شرایط بدون خستگی کسب کردند. همچنین، کاهش دقت بیش‌تری در وضعیت خستگی عضلانی در مقایسه با وضعیت خستگی ذهنی مشاهده شد.

نتایج مطالعه حاضر را می‌توان با از دست دادن کنترل توجه بر بازخورد پس از خطا توضیح داد که منجر به

اختلال در نظارت بر عملکرد و تنظیم ناکافی عمل می‌شود (۲۶). در حین پرتاب، انحرافات در قسمت‌های پروگزیمال اندام رخ می‌دهد و این انحرافات را می‌توان با مفاصل دیستال‌تر از طریق "تغییرپذیری جبرانی[۴]" جبران کرد (۴۴). برای این کار، بازخورد حس عمقی مفاصل ضروری است (۴۴)، از سوی دیگر، خستگی عضلانی بر حس عمقی مفاصل تأثیر منفی می‌گذارد (۴۵). به گفته لوریست و همکاران، افراد خسته اشتباهات خود را کم‌تر تصحیح می‌کنند و تنظیم عملکرد پس از خطا مختل می‌شود (۲۶). علاوه بر این، بوکسم و همکاران، بیان کرده‌اند که افراد خسته در تنظیم عملکرد پس از خطا دچار اختلال می‌شوند (۲۵).

به نظر می‌رسد ناتوانی افراد در تخصیص کارآمد توجه یکی از دلایل اصلی تأثیر خستگی ذهنی بر عملکرد است که می‌تواند توجیه دیگری برای نتایج پژوهش حاضر باشد. توجه به احساس خستگی، فرد را از توجه همزمان به انجام بهینه تکلیف باز می‌دارد. این مدل به عنوان مدل پردازش اطلاعات موازی شناخته می‌شود (۴۶). همچنین با توجه به نظریه باریکی ادراکی ایستربروک نیز توجه به خستگی ذهنی به وجود آمده از توجه همزمان به بهینه انجام دادن تکلیف جلوگیری می‌کند، بنابراین می‌توان انتظار داشت که به وجود آمدن خستگی ذهنی، توجه به بهینه انجام دادن تکلیف را کاهش می‌دهد و در نهایت منجر به مختل شدن عملکرد می‌شود. در این راستا وندر لیندن و همکاران نشان دادند افراد خسته در تمرکز توجه، برنامه‌ریزی و تغییر استراتژی‌های سازگارانه در مواجهه با پیامدهای منفی با مشکل مواجه هستند (۱۳, ۳۰). باکسم و همکاران (۲۳, ۲۵)، گزارش کردند افراد خسته در آماده‌سازی پاسخ‌ها، حفظ توجه و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط دچار مشکل می‌شوند و از افزایش حواس‌پرتی رنج می‌برند. با توجه به نتیجه دیگر این پژوهش، زمان حرکت در موقعیت خستگی عضلانی به صورت معنی‌داری بیش‌تر از موقعیت بدون خستگی و خستگی ذهنی بود. اما بین خستگی ذهنی و بدون خستگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

سرعت حرکت نتیجه فیزیکی اعمال نیرو به جرم است. با فرض ثابت ماندن جرم، اگر نیرو کاهش یابد، سرعت نیز کاهش می‌یابد (۴۷). در پژوهش حاضر پس از پروتکل خستگی عضلانی، نیروی شرکت‌کنندگان به ۵۰ درصد حداکثر نیرو کاهش یافت. بنابراین افزایش زمان حرکت مشاهده شد. در مورد تأثیرناپذیری زمان حرکت از خستگی ذهنی، یافته‌های مطالعه ون‌کستم و همکاران (۴۸)، نشان داده است خستگی ذهنی نمی‌تواند متغیرهای فیزیولوژیکی از جمله قدرت را تحت تأثیر قرار دهد و از آن‌جا که این مؤلفه‌های فیزیولوژیکی از جمله قدرت یکی از عوامل تعیین‌کننده در ایجاد سرعت بالا هستند، پس به نظر می‌رسد این‌که در موقعیت خستگی ذهنی، زمان حرکت پرتاب دارت تفاوت معنی‌داری نکرده است، قابل توجیه است. چرا که خستگی ذهنی به جای مکانیسم‌های قلبی تنفسی و عضلانی، عملکرد ورزشی را از طریق ادراک تلاش بیش‌تر محدود می‌کند (۴۹).

نتایج پژوهش نشان داد بین دقت پرتاب دارت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که میانگین دقت پرتاب دارت از فاصله استاندارد بیش‌تر از فاصله طولانی بود. همچنین نتایج نشان داد بین زمان حرکت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت

معنی‌داری وجود داشت و میانگین زمان حرکت در فاصله طولانی کم‌تر از فاصله استاندارد بود. به عبارتی با افزایش فاصله پرتاب، هم‌زمان با کاهش مدت زمان حرکت، دقت پرتاب نیز کاهش یافت. در فاصله طولانی شرکت‌کنندگان برای رساندن دارت به تخته نیازمند نیروی بیش‌تری بودند. به نظر می‌رسد شرکت‌کنندگان با کاهش زمان حرکت و در واقع افزایش سرعت، نیروی مورد نیاز برای پرتاب را به دست آوردند. بنابراین با توجه به مبادله سرعت - دقت، وقتی زمان حرکت در فاصله طولانی کاهش یافت، دقت پرتاب نیز با کاهش همراه بود.

پی‌نوشت‌ها

1 Exercise

2 Visual Analog Scale

3 Stroop Task

4 Compensatory Variability

References

1. Newl K. Constraints on the development of coordination. Motor development in children: Aspects of coordination and control. 1986.
2. Russell S, Jenkins D, Halson S, Kelly V. Changes in subjective mental and physical fatigue during netball games in elite development athletes. Journal of Science and Medicine in Sport. 2020;23(6):615-20. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.017
3. Hatami Bahmanbegloo Z, Farsi A, Hassanlouei H, M T. The effect of maximal and submaximal fatiguing muscle contractions on muscle synergy and postural control: interpolation twitch technique Sport Psychology. 2021;6(1):161-78. In Persian https://doi.org/10.48308/mbsp.6.1.161
4. Branscheidt M, Kassavetis P, Anaya M, Rogers D, Huang HD, Lindquist MA, et al. Fatigue induces long-lasting detrimental changes in motor-skill learning. Elife. 2019;8:e40578. https://doi.org/10.7554/elife.40578
5. Taylor JL. Motor control and motor learning under fatigue conditions. Routledge handbook of motor control and motor learning: Routledge; 2013. p. 358-88.
6. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. Brain research reviews. 2008;59(1):125-39.
7. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. Physiological reviews. 2001.
8. Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. The Journal of physiology. 2008;586(1):11-23.
9. Joseph H, Katleen M. Biomechanical basis of human movement. US: Lippincott Williams &Wikins. 2009.
10. Fitts RH. Muscle fatigue: the cellular aspects. The American journal of sports medicine. 1996;24(6_suppl):S9-S13.
11. Arendt-Nielsen L, Sinkjær T. Quantification of human dynamic muscle fatigue by electromyography and kinematic profiles. Journal of Electromyography and Kinesiology. 1991;1(1):1-8.
12. Van der Linden D. The urge to stop: The cognitive and biological nature of acute mental fatigue. 2011.
13. Van der Linden D, Eling P. Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. Psychological research. 2006;70(5):395-402. https://doi.org/10.1007/s00426-005-0228-7
14. Huysmans M, Hoozemans M, Van der Beek A, De Looze M, Van Dieën J. Fatigue effects on tracking performance and muscle activity. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2008;18(3):410-9.
15. Filipas L, Ferioli D, Banfi G, La Torre A, Vitale JA. Single and combined effect of acute sleep restriction and mental fatigue on basketball free-throw performance. International Journal of Sports Physiology and

Performance. 2021;16(3):415-20. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0142
16. Le Mansec Y, Pageaux B, Nordez A, Dorel S, Jubeau M. Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. Journal of sports sciences. 2018;36(23):2751-9. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1418647
17. Suzuki H, Swanik KA, Huxel KC, Kelly JD, Swanik CB. Alterations in upper extremity motion after scapular-muscle fatigue. Journal of Sport Rehabilitation. 2006;15(1):71-88.
18. Missenard O, Mottet D, Perrey S. Adaptation of motor behavior to preserve task success in the presence of muscle fatigue. Neuroscience. 2009;161(3):773-86.
19. Lidor R, Arnon M, Hershko Y, Maayan G, Falk B. Accuracy in a volleyball service test in rested and physical exertion conditions in elite and near-elite adolescent players. Journal of strength and conditioning research. 2007;21(3):937.
20. Martin K, Thompson KG, Keegan R, Ball N, Rattray B. Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. European journal of applied physiology. 2015;115(4):715-25. https://doi.org/10.1007/s00421-014-3052-1
21. Pageaux B, Marcora SM, Lepers R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. Med Sci Sports Exerc. 2013;45(12):2254-64. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31829b504a
22. Rozand V, Pageaux B, Marcora SM, Papaxanthis C, Lepers R. Does mental exertion alter maximal muscle activation? Frontiers in human neuroscience. 2014;8:755.
23. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. Cognitive brain research. 2005;25(1):107-16.
24. Duncan MJ, Fowler N, George O, Joyce S, Hankey J. Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. Research in Sports Medicine. 2015;23(1):1-13. https://doi.org/10.1080/15438627.2014.975811
25. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Mental fatigue, motivation and action monitoring. Biological psychology. 2006;72(2):123-32.
26. Lorist MM, Boksem MA, Ridderinkhof KR. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. Cognitive Brain Research. 2005;24(2):199-205.
27. Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed–accuracy trade-off. Neuroscience. 2015;297:219-30.
28. Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(2):267-76.
29. Singer RN. Sports performance: A five-step mental approach. Journal of Physical Education, Recreation & Dance. 1986;57(4):82-5.
30. Van der Linden D, Frese M, Meijman TF. Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. Acta psychologica. 2003;113(1):45-65.
31. Nakagawa J, An Q, Ishikawa Y, Oka H, Takakusaki K, Yamakawa H, et al. Analysis of human motor skill in dart throwing motion at different distance. SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration. 2015;8(1):79-85. https://doi.org/10.9746/jcmsi.8.79
32. Smeets JB, Frens MA, Brenner E. Throwing darts: timing is not the limiting factor. Experimental Brain Research. 2002;144(2):268-74.
33. Van Veen V, Krug MK, Carter CS. The neural and computational basis of controlled speed-accuracy tradeoff during task

performance. Journal of cognitive neuroscience. 2008;20(11):1952-65.
34. Behrens M, Mau-Moeller A, Lischke A, Katlun F, Gube M, Zschorlich V, et al. Mental fatigue increases gait variability during dual-task walking in old adults. The Journals of Gerontology: Series A. 2018;73(6):792-7. https://doi.org/10.1093/gerona/glx210
35. Smith MR, Chai R, Nguyen HT, Marcora SM, Coutts AJ. Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. The Journal of psychology. 2019;153(8):759-83. https://doi.org/10.1080/00223980.2019.1611530
36. Monk TH. A visual analogue scale technique to measure global vigor and affect. Psychiatry research. 1989;27(1):89-99.
37.Lee KA, Hicks G, Nino-Murcia G. Validity and reliability of a scale to assess fatigue. Psychiatry research. 1991;36(3):291-8.
38. Ong NT, Lohse KR, Hodges NJ. Manipulating target size influences perceptions of success when learning a dart-throwing skill but does not impact retention. Frontiers in psychology. 2015;6:1378. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01378
39. Lohse KR, Sherwood DE, Healy AF. How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. Human movement science. 2010;29(4):542-55.
40. Johnston R, Howard ME, Cawley PW, Losse GM. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. Medicine and science in sports and exercise. 1998;30(12):1703-7.
41. Orishimo KF, Kremenic IJ, Mullaney MJ, McHugh MP, Nicholas SJ. Adaptations in single-leg hop biomechanics following anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2010;18(11):1587-93.
42. Aghdasi M, Zamanisani H, Mafi S, B G. The comparison of the impact of learning styles and attention focus on learning of a discrete skill. Sport Psychology. 2018;3(1):87-98. In Persian https://doi.org/10.48308/mbsp.3.1.85
43. Cohen JW. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd end ed: Hikadale,NJ: Lawrence Erlbaum Assosiates; 1988.
44. Robins R, Wheat J, Irwin G, Bartlett R. The effect of shooting distance on movement variability in basketball. Journal of Human Movement Studies. 2006;50(4):217-38.
45. Proske U. Exercise, fatigue and proprioception: A retrospective. Experimental brain research. 2019;237(10):2447-59. https://doi.org/10.1007/s00221-019-05634-8
46. Langner R, Steinborn MB, Chatterjee A, Sturm W, Willmes K. Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance. Acta psychologica. 2010;133(1):64-72. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2009.10.001
47. Alderman RB. Influence of local fatigue on speed and accuracy in motor learning. Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation. 1965;36(2):131-40.
48. Van Cutsem J, Marcora S, De Pauw K, Bailey S, Meeusen R, Roelands B. The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. Sports medicine. 2017;47(8):1569-88. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0
49. Pageaux B, Lepers R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. Progress in brain research. 2018;240:291-315. https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.10.004