ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16

Journal of Police Medicine

ORIGINAL ARTICLE OPEN ACCESS

# The Effect of a Balance Training Program on Unstable Surfaces on Dynamic Postural Control and Shooting Performance in Students of Amin Police University

**Hamdollah Hadi[1*], Mehdi Mohammadi[1], Ahmad Amraei[1]**

1 Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Basic Sciences, Amin Police University, Tehran, Iran.

## ABSTRACT

**AIMS:** amic postural control plays an essential role in the execution of precise motor skills such as shooting. This study was conducted with the aim of investigating the effect of a course of training on unstable surfaces on dynamic postural control and shooting performance in students of Amin Police University.

**MATERIALS & METHODS:** The present study was a semi-experimental study with a pretest–posttest design and a control group. Sixty-four students of Amin University of Police Sciences were selected through purposive sampling and randomly assigned to two experimental and control groups (32 in the experimental group and 32 in the control group). The experimental group performed balance exercises on unstable surfaces for 4 weeks (3 sessions per week). Dynamic postural control was measured using a force plate (including total center of pressure (COP) displacement, mean displacement velocity, anterior–posterior sway, and medio–lateral sway), and shooting performance was measured using the SCATT system (including accuracy, stability, aiming steadiness, and aiming time). Data were analyzed using independent t-tests, analysis of covariance (ANCOVA), and one-way repeated measures analysis of variance (ANOVA)..

**FINDINGS:** The results showed that training on unstable surfaces significantly reduced total COP displacement ($p<0.001$, $\eta^2=0.41$), mean displacement velocity ($p<0.001$, $\eta^2=0.31$), anterior–posterior sway ($p<0.001$, $\eta^2=0.45$), and medio–lateral sway ($p<0.001$, $\eta^2=0.22$) in the experimental group. Moreover, these exercises significantly increased shooting accuracy ($p<0.001$, $\eta^2=0.35$), shooting stability ($p<0.001$, $\eta^2=0.30$), and aiming steadiness ($p<0.001$, $\eta^2=0.40$) and decreased aiming time ($p<0.001$, $\eta^2=0.37$) in the experimental group. The effect size for all variables was moderate to large.

**CONCLUSION:** BTraining on unstable surfaces, as an effective intervention, can improve dynamic postural control (including displacement, displacement velocity, and sway) and shooting performance (including increased accuracy and stability, aiming steadiness, and reduced aiming time) in students of Amin University of Police Sciences. The inclusion of these exercises in physical fitness programs and shooting training of police forces is recommended.

**KEYWORDS:** Dynamic Postural Control; Shooting Performance; Unstable Surfaces; Balance; Police Students.

**How to cite this article:**

Hadi H., Mohammadi M., Amraei A..*The Effect of a Balance Training Program on Unstable Surfaces on Dynamic Postural Control and Shooting Performance in Students of Amin Police University*. J Police Med. 2025;14:e16.

***Correspondence:**

Address: Amin Police University, The Beginning of Shahid Kharazi Highway, The End of Shahid Hemet Gharb Highway, Tehran, Iran, Postal code: 1498619991.

eMail: amir.hadi1@gmail.com

**Article History:**

Received: 10/07/2024
Accepted: 05/04/2025
ePublished: 05/06/2025

Copyright © 2025, Journal of Police Medicine | This open access article is licensed under a *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

## INTRODUCTION

According to the Police Command Law, the primary duty of this organization is to maintain public order and security and to preserve public order and security within the territory of its jurisdiction. This major responsibility often requires a continuous and effective presence in sensitive and high-risk environments and also involves the use of firearms in dangerous and emergency situations [1]. Security is a highly important component of governance. For this reason, the police must always be prepared. This preparedness should be in three domains: body, mind, and skill. With such readiness, the police can perform their duties effectively under very difficult and critical conditions. For a police officer, shooting is not merely a sport; rather, it is essential for survival and for ensuring security. Accuracy and consistency in shooting can be very important for achieving critical objectives. In sport shooting, everything is stable and predictable, but police shooting is completely the opposite. Police shooting usually occurs under conditions in which time is limited, things are not clearly visible, and there is considerable pressure on the mind and emotions [2]. In these complex conditions, shooting performance depends not only on technical skill but also on the ability to maintain motor control and regulate body posture under pressure [2].

Postural control refers to the ability to maintain the body's center of gravity within the limits of the base of support. This ability is one of the important components of physical fitness in military and police forces [3]. This characteristic becomes particularly important when aiming at a target. At this stage, body sway can affect accuracy. Numerous studies have shown that skilled shooters exhibit less postural variation during aiming compared with novices, and that postural control in them has reached an automatic level [4, 5]. In this regard, research has shown that center of pressure displacement and its velocity are among the most important predictors of shooting performance [6, 7].

The distinction between static and dynamic postural control is very important. Static postural control refers to the ability to maintain balance in a stationary position. Dynamic postural control refers to the ability to maintain balance during movement or after a change in posture [8]. In situations where police officers are on duty, shooting is usually performed in a dynamic posture—that is, the individual may be moving, constantly changing position, or carrying various equipment. Under such conditions, postural control that is constantly changing is important and essential [3, 7]. Carrying police equipment such as body armor and duty belts can affect officers' balance. The pattern of center of pressure displacement and its velocity changes, and this can negatively affect police shooting performance [3, 7]. *Shimenko* et al. (2024) showed that carrying heavy loads reduces shooting performance and increases postural sway and perceived workload [3].

In this regard, balance training on unstable surfaces has attracted researchers' attention as one of the effective methods for improving dynamic postural control. *Hatfield* et al. (2021), in a study, showed that strength training performed simultaneously with whole-body vibration and on unstable surfaces has a positive effect on overall shooting performance. These exercises also affect aiming stability and time on target [9].

Numerous studies have been conducted on the relationship between postural control and shooting performance. However, most of these studies have been carried out on athletes or soldiers and under laboratory conditions. None of these studies have investigated the effect of such exercises on shooting performance in police students. *Simas* et al. (2026), in a study on police students, examined the relationship between body composition, handgrip strength, and postural control with shooting accuracy and found that the correlation between center of pressure variables and shooting accuracy is generally low, indicating that postural control alone cannot fully explain shooting performance and that other variables are also influential in this regard [2]. On the other hand, *Goedert* et al. (2015) showed that improvement merely in static postural control or core stability does not necessarily lead to improved shooting performance under operational conditions and that more specialized training and simulation of real situations may be required. This finding suggests that exercises performed on unstable surfaces, which require dynamic control of body posture, are more closely associated with shooting performance under dual-task conditions [10].

Given that sway in the anterior–posterior axis—that is, perpendicular to the line of fire—is highly important, and biathlon studies have shown that this sway is the best predictor of shooting score and can clearly differentiate skilled shooters from novices, this issue is of particular importance [5]. It appears that balance exercises focused on reducing sway in this axis could have a substantial effect on shooting performance. However, there are limited data on the effect of a regular course of training on unstable surfaces and its transfer to accuracy, stability, aiming steadiness, and aiming time in police students. Therefore, this study was conducted with the aim of investigating the effect of a course of training on unstable surfaces on dynamic postural control and shooting performance (including accuracy, stability, aiming steadiness, and aiming time) in students of Amin University of Police Sciences.

## MATERIALS & METHODS

Type and Design of the Study: The present study was a semi-experimental study with a pretest–posttest design and a control group, which investigated the effect of a course of training on

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

unstable surfaces on dynamic postural control and shooting performance in students of Amin University of Police Sciences (**Figure 1**)

**Statistical Population, Sample, and Sampling Method:** The statistical population of this study consisted of all second-year students of Amin University of Police Sciences who had completed the introductory shooting course and were in the age range of 20 to 25 years. Given the nature of the study and the ANCOVA method, the sample size was estimated using G*Power software based on a medium effect size (f=0.25), a statistical power of 0.80, and a significance level of 0.05, with a minimum of 28 participants per group. After initial screening, of 82 volunteer students, 77 were identified as eligible and were randomly assigned to two experimental (39 participants) and control (38 participants) groups. During the intervention period, 7 participants from the experimental group (4 due to missing more than 2 sessions, 2 due to injury, and 1 due to personal withdrawal) and 6 participants from the control group (4 due to non-cooperation, 1 due to injury, and 1 due to personal withdrawal) dropped out of the study. Ultimately, 64 participants (32 in each group) with a mean age of 21.89±2.35 years, weight of 71.62±3.28 kg, and height of 174.49±4.72 cm completed the final analysis.

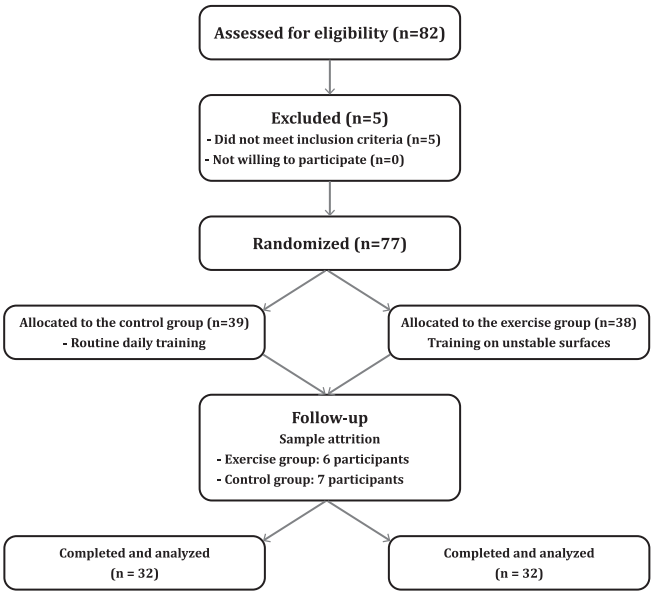



**Figure 1)** Flow diagram of participant flow in the study according to the CONSORT standard

Sampling Method: A purposive sampling method was used, taking into account the inclusion and exclusion criteria. Accordingly, among the volunteer students who met the criteria, initial screening was first performed, and those who met the inclusion criteria were identified. After initial screening, randomization was carried out using a random block method with a block size of 4. To this end, a randomization list was first prepared using Random Allocation Software v2.0 with an allocation ratio of 1:1. In this method, each block consisted of 4 slots, with 2 slots randomly assigned to the experimental group and 2 slots to the control group. The order of the groups within each block was randomly determined by the software (for example, AABB, ABAB, ABBA, BAAB, BABA, BBAA, where A = experimental group and B = control group). To maintain allocation concealment, opaque, numbered envelopes were used. After the randomization list was generated by the software, the results were placed in opaque envelopes and numbered. The envelopes were prepared and kept by an individual independent of the research (who had no involvement in the assessment and intervention process). At the time of allocation, after the pretest, the envelope corresponding to each participant was opened in numerical order, and the participant was assigned to either the experimental or control group based on the contents of the envelope. This process ensured that neither the researcher nor the participant was aware of the group assignment prior to allocation.

**Inclusion criteria for the study included:**

- Being a student at Amin University of Police Sciences
- Having at least one year of shooting training experience
- Being in the age range of 20 to 25 years
- Having no history of neuromuscular, vestibular, or visual impairments affecting balance
- Having no history of psychiatric disorders or use of psychotropic medications
- Having normal vision
- Providing written informed consent to participate in the study
- No consumption of sports supplements or medications affecting neuromuscular function for at least 4 weeks prior to the study

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

**Exclusion criteria for the study included:**

- Lack of cooperation during the administration of the tests
- Absence from more than 2 training sessions
- Occurrence of any injury or physical discomfort during the study
- Consumption of any stimulant or caffeine at least 4 hours before the testing sessions
- Contracting acute illnesses during the study period

**Measurement Instruments:**

**A) Measurement of Dynamic Postural Control:** To measure dynamic postural control, a force plate manufactured by Kistler (model BA9286) was used (the device was borrowed from the Faculty of Rehabilitation, Tehran). With a sampling frequency of 1000 Hz, it is capable of simultaneous measurement in two perpendicular axes (anterior–posterior and medio–lateral). The force plate has 4 triaxial pressure sensors with an accuracy of 0.1 N and a measurement range of 0 to 10 kN.

**Measurement Protocol: Participants were assessed under the following conditions:**

- Single-task condition: Standing on the force plate for 30 seconds with eyes open and hands at the sides of the body.
- Dual-task condition: Standing on the force plate while aiming at a target (displayed by the SCATT system) for 30 seconds.

**The measured indicators in this section included:**

- Total COP displacement in millimeters
- Mean velocity of displacement in millimeters per second
- Sway in the anterior–posterior (AP) axis in millimeters
- Sway in the medio–lateral (ML) axis in millimeters

**B) Measurement of Shooting Performance:** To assess shooting performance, the SCATT diagnostic system (model WS1) with a measurement accuracy of 0.1 mm and a sampling frequency of 3000 Hz was used. This system is considered one of the most valid and widely used tools for evaluating shooting performance in scientific research. The SCATT system consists of an infrared camera, a projector, and dedicated software for data analysis.

**The measured indicators in this section included:**

- **Accuracy:** The mean distance of shots from the target center in millimeters
- **Precision:** Grouping spread in millimeters
- **Aiming Stability:** The percentage of time spent in the 10-ring area of the target
- **Aiming Time:** The time spent aiming before firing

**Shooting Protocol:**

- **Distance:** 10 meters (in accordance with air pistol standards)
- **Number of shots:** 5 series of 5 shots (25 shots in total)
- **Allowed time:** 7 minutes for each series of 5 shots
- **Weapon:** Standard air pistol (caliber 4.5 mm)

**Training Protocol (Unstable Surface Training Protocol)**

Structure of Each Training Session: Each session began with a 10-minute warm-up. This 10-minute period included 5 minutes of light jogging. After that, dynamic stretching exercises were performed. These movements included ankle rotations, lunge movements, and light squats. In addition, several simple balance exercises were performed on a stable surface—for example, standing on one leg for 15 seconds, repeated twice. Following the warm-up, 20 to 25 minutes of the main training on unstable surfaces was performed. Each week, the difficulty of these exercises was increased. Finally, 5 minutes were dedicated to cooling down, which included static stretching and deep breathing. (Figure ۲)

**Combined Shooting–Balance Training (15 minutes):** After the balance exercises, participants in the experimental group moved to the SCATT shooting station and performed the following exercises:

- Aiming at the target in a standing position on the balance pad (without firing, recording COP sway): 2 sets of 1 minute
- Firing 5 shots in a standing position on the balance board: 3 series of 5 shots
- Simultaneous recording of shooting performance indicators by the SCATT system

Participants in the control group did not receive any balance training on unstable surfaces and continued only their routine training program at the university (including regular shooting and physical fitness exercises).

**Procedure and Research Protocol:** The study was conducted in 4 main stages:

**Stage 1 (Screening and Pretest):** At the beginning of the study, an orientation session was held for the participants, and complete explanations were provided regarding the objectives, methods, and safety of the research. Then, the participants completed the informed consent form and the demographic information questionnaire. Subsequently, the initial assessment (screening) was performed with respect to the inclusion and exclusion criteria, and finally, anthropometric variables including height, weight, and body mass index (BMI) were measured.

**Stage 2 (Pretest Measurement):** The pretest measurement was conducted on two separate days:

**Day 1 (Measurement of Postural Control):** First, the participants were familiarized with the force plate. Then, the balance test was

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

performed under the single-task condition, consisting of standing on the force plate for 30 seconds. Subsequently, the balance test was performed under the dual-task condition, consisting of standing on the force plate while aiming at the SCATT target for 30 seconds. Finally, the center of pressure (COP) indicators were recorded by the force plate.

**Day 2 (Measurement of Shooting Performance):** First, the participants were familiarized with the SCATT system. Then, 5 test shots were fired to become acquainted with the system. Subsequently, the main shooting test, consisting of 5 series of 5 shots (25 shots in total) at a distance of 10 meters, was performed. Finally, the shooting performance indicators were recorded by the SCATT system.

**Stage 3 (Training Intervention):** After completion of the pretest, the training intervention began. For the experimental group, a 4-week training program on unstable surfaces was implemented, while the control group continued only its routine training program at the university (including regular shooting and physical fitness exercises). During this period, continuous supervision was maintained over the implementation of the exercises, and the participants' attendance was recorded.

**Stage 4 (Posttest):** Immediately after the completion of the training period, all measurements of Stage 2 (postural control and shooting performance) were repeated for both the experimental and control groups using the same protocol and pretest instruments.

**Ethical Considerations:** The present study was conducted with the approval of the Ethics Committee in Biological Research of the Sport Sciences Research Institute (Ethics Code: IR.SSRC.REC.1402.249) and in accordance with the ethical principles set forth in the Declaration of Helsinki.

**Data Analysis Methods:** The Kolmogorov–Smirnov test was used to examine the normality of data distribution. Levene's test was used to examine the equality of variances, and Box's M test was used to examine the equality of covariance matrices. For data analysis, the independent samples t-test was used to compare the two groups in the pretest, one-way analysis of covariance (ANCOVA) with pretest control was used to compare between-group differences in the posttest, and repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to examine within-group changes across the two time points (pretest and posttest). In addition, effect size was calculated using eta squared ($\eta^2$) and Cohen's d indices. All statistical analyses were performed using SPSS 26 software, and a significance level of $p<0.05$ was considered.

## FINDINGS

**Figure 2)** Four-week progression of balance exercises (from familiarization and adaptation to operational conditions and dual-task execution; 4 weeks, 16 exercises)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Week 1) Familiarization and Adaptation**<br>• Basic postural control and confidence on an unstable surface | | | |
| 1) Standing on the balance board (arms open) | 2) Standing on the balance pad with eyes open | 3) Weight shifting on the balance board (anterior–posterior and medio–lateral) | 4) Standing on one leg on the balance pad (with instructor assistance) |
| • 3 sets<br>• 30 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 30 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 10 repetitions<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 15 seconds<br>• 45 seconds rest |
| **Week 2) Increasing Difficulty**<br>• Basic control and confidence on the unstable surface | | | |
| 1) Standing on the balance board + head rotation | 2) Standing on the balance pad with eyes closed | 3) Standing on the Swiss ball (with support) | 4) Squat movement on the balance board |
| • 3 sets<br>• 40 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 30 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 30 seconds<br>• 45 seconds rest | • 2 sets<br>• 8 repetitions<br>• 45 seconds rest |
| **Week 3) Combination with Police Equipment**<br>• Adding rotation, removing vision, and squats | | | |
| 1) Standing on the balance board + carrying a vest | 2) Standing on the balance pad with eyes closed + carrying an equipment belt | 3) Standing on the unstable bench + sudden 90-degree rotation (on instructor's command) | 4) Transition from one unstable surface to another without losing balance |
| • 3 sets<br>• 40 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 25 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 8 repetitions<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 45 seconds<br>• 45 seconds rest |
| **Week 4) Operational Conditions and Dual Task**<br>• Carrying load, cognitive task, and aiming | | | |
| 1) Standing on the balance pad + carrying full equipment + answering a simple question (cognitive task) | 2) Standing on the balance board + aiming with a training weapon (without firing) | 3) Practicing different movement frequencies on unstable surfaces (changing speed and rhythm) | 4) Combining two unstable surfaces (board and pad) in one set |
| • 4 sets<br>• 45 seconds<br>• 45 seconds rest | • 4 sets<br>• 40 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 30 seconds<br>• 45 seconds rest | • 3 sets<br>• 45 seconds<br>• 45 seconds rest |

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

In this study, 64 students of Amin University of Police Sciences (32 in the experimental group and 32 in the control group) with a mean age of 21.89±2.35 years, weight of 71.62±3.28 kg, and height of 174.49±4.72 cm participated. The results of the Kolmogorov–Smirnov test showed that the distribution of data for all variables in both groups and at both pretest and posttest stages was normal (p>0.05). Levene's test also confirmed the homogeneity of variances between the two groups for all variables (p>0.05), and Box's M test indicated the equality of covariance matrices (p>0.05); therefore, the necessary assumptions for parametric tests were met. **Table 1** presents the means and standard deviations of the main research variables in the two groups at the pretest and posttest stages.

The results of **Table 2** show that, after controlling for the pretest effect, there was a significant difference between the experimental and control groups in all indices of dynamic postural control (p<0.001). The largest effect size was related to the anterior–posterior sway variable, with $\eta^2$=0.45, indicating that 45% of the variance in this variable was attributable to the training intervention. In addition, total COP displacement with $\eta^2$=0.41 and mean displacement velocity with $\eta^2$=0.31 ranked next.

**Table 1)** Mean and standard deviation of the main research variables in the experimental and control groups

| Variable | Group | Pretest (Mean ± SD) | Posttest (Mean ± SD) |
|---|---|---|---|
| Dynamic postural control | | | |
| Total COP displacement (mm) | Experimental | 49.85 ± 20.15 | 32.35 ± 18.45 |
| | Group | 50.86 ± 15.20 | 50.87 ± 15.25 |
| Mean displacement velocity (mm/s) | Experimental | 11.25 ± 6.15 | 15.43 ± 8.45 |
| | Group | 11.20 ± 8.30 | 11.80 ± 8.10 |
| Anterior–posterior sway (mm) | Experimental | 417.90 ± 30.65 | 302.65 ± 25.45 |
| | Group | 418.20 ± 30.40 | 420.80 ± 30.50 |
| Medio–lateral sway (mm) | Experimental | 277.50 ± 10.42 | 235.20 ± 8.35 |
| | Group | 278.80 ± 10.30 | 280.60 ± 10.40 |
| Shooting performance | | | |
| Accuracy (mean distance from center – mm) | Experimental | 9.45 ± 1.35 | 12.75 ± 2.45 |
| | Group | 9.50 ± 2.11 | 9.60 ± 2.40 |
| Precision (grouping spread – mm) | Experimental | 19.75 ± 3.35 | 15.80 ± 2.80 |
| | Group | 19.50 ± 3.40 | 20.30 ± 3.20 |
| Aiming stability | Experimental | 75.44 ± 8.45 | 86.55 ± 6.30 |
| | Group | 75.30 ± 8.50 | 76.20 ± 8.50 |
| Aiming time (s) | Experimental | 8.35 ± 1.35 | 2.42 ± 0.30 |
| | Group | 8.18 ± 0.95 | 8.25 ± 0.95 |

**Findings Related to the Comparison of the Two Groups in the Pretest:** The results of the independent t-test for comparing the experimental and control groups at the pretest stage showed that there was no significant difference between the two groups in any of the variables of dynamic postural control and shooting performance (p>0.05). This finding indicates the homogeneity of the two groups at the beginning of the study.

**Table 2)** Results of analysis of covariance for comparing the two groups in the posttest (dynamic postural control)

| Variable | Source of Variation | SS | df | P-value | MS | F | $\eta^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Total COP displacement (mm) | Group | 78.23 | 1 | p<0.001 | 78.23 | 53.95 | 0.41 |
| | Error | 90.32 | 62 | | 1.45 | | |
| Mean displacement velocity (mm/s) | Group | 45.15 | 1 | p<0.001 | 45.15 | 41.42 | 0.31 |
| | Error | 67.34 | 62 | | 1.09 | | |
| Anterior–posterior sway [mm] | Group | 34.15 | 1 | p<0.001 | 34.15 | 27.10 | 0.45 |
| | Error | 78.19 | 62 | | 1.26 | | |
| Medio–lateral sway [(mm) | Group | 67.23 | 1 | p<0.001 | 67.23 | 46.05 | 0.22 |
| | Error | 90.83 | 62 | | 1.46 | | |

**Findings Related to the Effect of Training on Dynamic Postural Control:** To investigate the effect of training on unstable surfaces on dynamic postural control, one-way analysis of covariance (ANCOVA) with control for the pretest effect was used. The results of this analysis are presented in **Table 2**.

**Findings Related to the Effect of Training on Shooting Performance:** To investigate the effect of training on unstable surfaces on shooting performance, one-way analysis of covariance (ANCOVA) with control for the pretest effect was used. The results of this analysis are presented in **Table 3**.

The results of **Table 3** show that, after controlling for the pretest effect, there was a significant difference between the experimental and control groups in all indices of shooting performance (p<0.001). The largest effect size was related to the aiming stability variable, with $\eta^2$=0.40, indicating that 40% of the variance in this variable was attributable to the training intervention. In addition, aiming time with $\eta^2$=0.37 and shooting accuracy with $\eta^2$=0.35 ranked next.

**Findings Related to Within-Group Changes:** To examine within-group changes across the two time points (pretest and posttest), repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used. The results of this analysis are presented in **Table 4**.

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

The results of Table 4 show that in the experimental group, all variables of dynamic postural control and shooting performance showed significant improvement in the posttest compared with the pretest (p<0.001), and the effect size (Cohen's d) for all variables was at a moderate to high level. In contrast, in the control group, none of the variables showed a significant change (p>0.05).

**Table 3)** Results of analysis of covariance for comparing the two groups in the posttest (shooting performance)

| Variable | Source of Variable | SS | df | MS | F | P-value | $\eta^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Shooting accuracy | Group | 78.45 | 1 | 78.45 | 56.43 | p<0.001 | 0.35 |
| | Error | 86.45 | 62 | 1.39 | | | |
| Shooting precision | Group | 45.12 | 1 | 45.12 | 9.66 | p<0.001 | 0.30 |
| | Error | 289.67 | 62 | 4.67 | | | |
| Aiming stability | Group | 56.12 | 1 | 56.12 | 76.88 | p<0.001 | 0.40 |
| | Error | 45.18 | 62 | 0.73 | | | |
| Aiming time | Group | 78.45 | 1 | 78.45 | 106.01 | p<0.001 | 0.37 |
| | Error | 45.78 | 62 | 0.74 | | | |

**Table 4)** Results of repeated measures analysis of variance for within-group changes

| Variable | Group | Pretest Mean | Posttest Mean | F | P-value | Cohen's d |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Total COP displacement (mm) | Experimental | 49.85 | 32.35 | 56.48 | p<0.001 | -0.45 |
| | Control | 50.86 | 50.87 | 12 | 0.73 | 0.01 |
| Mean displacement velocity (mm/s) | Experimental | 11.25 | 15.43 | 78.54 | p<0.001 | -0.50 |
| | Control | 1120 | 11.80 | 25 | 0.62 | 0.02 |
| Shooting accuracy | Experimental | 9.45 | 12.75 | 56.37 | p<0.001 | -0.42 |
| | Control | 9.50 | 9.60 | 34 | 0.56 | 0.01 |
| Aiming stability | Experimental | 75.44 | 86.55 | 67.45 | p<0.001 | 0.48 |
| | Control | 75.30 | 76.20 | 45 | 0.51 | 0.03 |

## DISCUSSION

The aim of this study was to investigate the effect of a course of training on unstable surfaces on dynamic postural control and shooting performance in students of Amin University of Police Sciences. The results of this study showed that training on unstable surfaces significantly improves dynamic postural control and shooting performance in police students. In the following, we examine the findings within the framework of theoretical foundations and previous research and then address the analysis of neuromuscular mechanisms of rapid changes and the possible role of learning effects.

The findings of the present study indicated that when police students train on unstable surfaces, their postural control improves. This result is consistent with what has been obtained in previous studies. For example, *Shimanko* et al. (2024), in a study on military and police personnel, showed that a four-week training program on unstable surfaces significantly improves participants' balance [3]. *Kounalakis* et al. (2024) conducted a study and found that individuals who train on unstable surfaces can improve their balance. These balance exercises can significantly improve center of pressure displacement and its velocity. This result is consistent with the results of the present study [11]. *Perrot* et al. (1995), in a study on athletes, concluded that dynamic balance exercises can improve the connection between balance control systems and precise, voluntary movements. This result is fully consistent with the findings of the present study [8].

The results of the present study showed that the greatest effect of training on unstable surfaces was on the reduction of anterior–posterior sway ($\eta^2$ = 0.45). This finding is consistent with the results of the study by *Ihalainen* et al. (2018) in biathlon. They showed that the anterior–posterior direction—that is, forward and backward movement perpendicular to the line of fire—is the best predictor of shooting score. This clearly differentiates skilled shooters from novices [5]. The reduction of anterior–posterior sway is the most important variable for improving postural control in shooting, because this sway has a direct effect on changes in the angle of the weapon and, consequently, on where the bullet impacts. *Ball* et al. (2007), in a study on novice shooters, showed that good shooting is associated with body posture and weapon stability. There was also a correlation between shooting score and body movements ranging from −0.29 to −0.45 [6]. The findings of the present study, by emphasizing the reduction of anterior–posterior sway as the most important factor, confirm this correlation.

Training on unstable surfaces can help improve body control. These exercises cause the body's sensory and motor systems—such as the

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

eyes, inner ear, and proprioception—to function better. These exercises improve the function and coordination of sensorimotor systems [8]. This improvement can lead to a reduction in postural sway through increased neural flexibility and improved coordination between agonist and antagonist muscles. *Cheng* et al. (2026), in a comparative study among shooters, taekwondo athletes, and non-athletes, showed that shooters exhibit less postural sway in a simple standing position compared with other groups and that postural control in them has reached a high level of automaticity [13]. This finding indicates that specialized training can bring postural control to a very high level of automaticity. Moreover, training on unstable surfaces accelerates this process by simulating challenging conditions. *Kim* et al. (2025) conducted a study on military personnel and showed that carrying heavy loads significantly reduces shooting performance and increases postural sway and perceived workload. This finding highlights the necessity of paying attention to equipment-carrying conditions and creating conditions in which tasks are performed more easily and with greater control [7]. In the present study, the exercises were performed on unstable surfaces and with the carrying of police equipment. The results showed that even with carrying equipment, postural control can be improved. This finding is important because officers always work with heavy equipment, and it would be highly ideal if they could maintain their postural control. *Shimanko* et al., in a study in 2024, showed that balance exercises are more effective when individuals carry equipment or stand on unstable surfaces. This result is in line with the findings of the present study [3].

Although training on unstable surfaces increases muscle activity that helps stabilize the body, this in turn contributes to improved postural control. These muscles assist in transferring force from the legs to the upper body and help maintain balance during shooting [7]. *Baptista* et al. (2013), in a study on elite shooters and military personnel, showed that body sway during preparation for firing differs between these two groups. Elite shooters had less sway [14]. This result indicates that appropriate training can reduce the difference between elite and ordinary performance. Training on unstable surfaces is one of these appropriate training methods.

This study showed that training on unstable surfaces has a substantial effect on shooting performance. In fact, training on unstable surfaces helps improve all shooting indices. This result is consistent with the findings of other studies. For example, *Shimanko* et al. (2024) conducted a study showing that improvement in postural balance can lead to increased shooting scores and reduced deviation in the horizontal and vertical axes. Therefore, it can be stated that improvement in postural balance through training on unstable surfaces can lead to better shooting performance [3]. *Hong* et al. (2021) showed that exercises involving whole-body vibration and training on unstable surfaces help improve overall shooting performance. These exercises improve aiming stability and reduce the time the bullet remains on the target [15]. Also, *Morais da Silva* et al. (2025), in a study on police officers, showed that anthropometric, cardiovascular, and aerobic fitness variables are associated with shooting performance at rest and after physical activity [1]. The results of this study indicate that balance exercises, as an important and independent factor, can affect shooting accuracy. This effect is observable in all conditions, even when individuals are carrying equipment.

The results of the present study showed that the greatest effect of training on unstable surfaces was on aiming stability ($\eta^2$=0.40). This finding is consistent with the results of the study by *Ball* et al. (2007). That study showed that aiming stability is one of the most important factors determining shooting accuracy [6]. Aiming stability refers to the shooter's ability to keep the weapon on the target during the time interval between aiming and firing, and any sway in this phase can directly affect shooting accuracy [4]. Training on unstable surfaces improves body control and reduces sway. This helps shooters hold the weapon more steadily on the target. As a result, weapon placement on the target improves. This result is consistent with the findings of the study conducted by *Shimanko* et al. (2024). They showed that balance exercises increase the time during which the shooter holds the weapon on the target. This time increases from 2.2 seconds to 4.5 seconds. This indicates that balance exercises can significantly improve the quality of the aiming phase [3].

Furthermore, the results of the study showed that training on unstable surfaces reduced aiming time in the experimental group ($\eta^2$ = 0.37). This finding is important because, in real police work, there is time pressure to fire. In actual missions, police officers usually deal with time pressure, and the ability to fire quickly and accurately can be a critical issue. A reduction in aiming time means increased efficiency and automaticity of movement, which is achieved through training and improved postural control. When postural control improves, the shooter can fire more quickly and accurately with less time expenditure for body stabilization. This finding is not in contradiction with the results of the study by *Bermejo* et al. (2018), which showed that, under post-fatigue conditions, balance control decreases in both single-task and dual-task conditions; rather, it indicates that balance training can act as a shield against the negative effects of fatigue and increase motor efficiency even under pressure conditions [16].

Another finding of the present study was the significant improvement in shooting accuracy and precision in the experimental group.

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

This finding differs from the results of the study by *Simas* et al. (2022), which showed that the relationship between center of pressure variables and shooting accuracy is generally weak [2]. This discrepancy has arisen for several reasons. First, in the study by *Simas* et al. (2022), the relationship between center of pressure variables and shooting accuracy was examined cross-sectionally and without any specific training. However, in the present study, the effect of a regular training course on shooting performance was investigated. Second, in the present study, a dual task was used. This task involved aiming while simultaneously maintaining balance on an unstable surface. This provided a more accurate simulation of operational conditions. Third, the study by *Simas* et al. (2022) was conducted on police students at distances of 5 and 7 meters, whereas the present study was conducted at a distance of 10 meters, which is the standard distance for air pistol. These differences indicate that the effect of balance training on shooting may be more evident under conditions in which body control is directly challenged.

One of the findings of the present study was that after only 4 weeks of training on unstable surfaces, individuals were able to significantly increase their aiming stability and shooting accuracy. Although this rate of rapid change may seem surprising at first glance, it can be explained in light of neuroscience and motor control. In the following, a deeper analysis of the neuromuscular mechanisms contributing to these rapid changes is provided. The central nervous system possesses a high capacity for plasticity, and studies have shown that structural and functional changes in the brain can occur even after a single training session. Training on unstable surfaces simultaneously challenges sensorimotor systems, including the visual, vestibular, and proprioceptive systems, and this leads to the strengthening of synaptic connections in areas related to motor control, including the primary motor cortex (M1), the sensorimotor cortex, and the cerebellum. Neuroimaging studies have shown that even 4 weeks of balance training can increase gray matter volume in the cerebellar and basal ganglia regions, which play a key role in motor coordination and the planning of precise movements [13]. These rapid structural changes provide the neural basis for the remarkable improvement in functional indices.

Furthermore, according to the theory of neural efficiency, skilled individuals exhibit efficient neural functioning. This efficiency is associated with reduced interfering cortical activity as well as better coordination between sensation and movement [17]. By performing training on unstable surfaces, neural efficiency can be improved. This occurs through several mechanisms. First, the activity of alpha and beta waves in the brain increases. Second, activity in prefrontal cortical areas decreases. Additionally, sensorimotor integration improves. Moreover, the activity of stabilizing muscles increases. Finally, training sessions exert cumulative effects and lead to improved neural efficiency. Despite the important findings and the explanation of neural and muscular mechanisms, one of the main limitations of this study must be noted, which could affect the interpretation of the results. All those who participated in the pretest stage were familiarized with the force plate and the SCATT system and fired five test shots. It should be considered that the repetition of assessments at the posttest stage could, by itself, lead to improved performance due to greater familiarity with the instruments and reduced stress. This phenomenon, known as the learning effect or test effect, could contribute to the improvement in shooting performance and aiming stability. However, the presence of a control group that did not show significant improvement indicates that the learning effect alone cannot account for all the observed changes, but its role cannot be ignored.

Finally, the findings of the present study showed that improvement in dynamic postural control is associated with improvement in shooting performance. This relationship can be explained with the help of theoretical models such as the cognitive-affective-motor model. The cognitive-affective-motor model indicates that peak performance in shooting depends on the full coordination of emotional, cognitive, motor, and automatic systems. In other words, to achieve peak performance in shooting, these systems must function in a regulated and coordinated manner with one another [19]. Dynamic postural control is one of the important components of the motor system. This system is interconnected with other parts of the body. Improvement in this system can affect the individual's overall ability in shooting. *Hatfield* and *Kerick* (2017) showed that in accuracy-based sports such as shooting, skilled individuals perform very well. This means that their body's nervous system functions very efficiently. These individuals can effectively establish communication between their nervous system and their movements and reduce unwanted interference. In this way, they can perform their movements with very high precision. In fact, skilled individuals in accuracy-based sports can, through training and focus, regulate their nervous system in such a way that they can perform optimally [9]. Training on unstable surfaces can improve sensorimotor integration and make movement coordination more precise; as a result, shooting performance improves. *Bertollo* et al. (2013) tested a multidimensional model on shooters of the Italian national team. This model demonstrates four different types of behavior. They reported that exercises that aid balance can help the shooter transition from inappropriate movement patterns to more efficient patterns [17].

Despite its strengths, this study had limitations. The impossibility of fully blinding

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

participants and assessors to the type of intervention raises the possibility of an expectancy effect. Also, the sample size decreased to 32 per group after attrition, so generalizability should be made with caution. In addition, the lack of measurement of brain activity (e.g., EEG) and the lack of investigation of the long-term effects of the exercises did not allow for explaining neurocognitive mechanisms and the persistence of effects. Complete control of psychological variables such as motivation and anxiety was also not possible. Accordingly, it is suggested that future studies investigate this relationship more deeply by employing a double-blind design, using neurocognitive tools such as EEG to examine neural mechanisms, designing longitudinal studies with follow-up periods, increasing sample size and gender diversity, and more accurately simulating police operational conditions (such as carrying equipment and time pressure).

## CONCLUSION

The present study, using advanced measurement instruments (force plate and SCATT diagnostic system) and a semi-experimental design, shows that a 4-week course of training on unstable surfaces has a significant effect on improving dynamic postural control and shooting performance in students of Amin University of Police Sciences. This study indicates that postural control is important for police training and preparation. The findings also suggest that training on unstable surfaces can be used as an effective method in police physical fitness programs and shooting training. The findings of this study show that the greatest effect of training on unstable surfaces is on reducing anterior–posterior sway and increasing aiming stability, both of which are considered among the most important determinants of shooting accuracy. Therefore, balance exercises should specifically focus on reducing sway in the anterior–posterior axis in order to have the greatest effect on improving shooting performance. Finally, given the importance of shooting in police missions and its vital role in maintaining public security, attention to evidence-based training programs to improve shooting performance should be placed among the fundamental priorities of the police education system. The findings of this study clarify how training on unstable surfaces affects postural control and shooting performance and can serve as a basis for future research.

### Clinical Applications in Military and Police Medicine:

The findings of this study indicate that incorporating balance exercises on unstable surfaces into the physical fitness and training programs of police and military forces can effectively improve dynamic postural control and, consequently, shooting performance under operational conditions. From the perspective of military medicine and rehabilitation, these exercises, as a low-cost and non-invasive intervention, can be used in programs for the prevention of musculoskeletal injuries, rehabilitation following lower-limb injuries, and improvement of balance in military and police personnel. Furthermore, given that police and military forces often operate while carrying heavy equipment (such as body armor and duty belts) and in unstable environmental conditions, simulated training on unstable surfaces combined with load carriage can help increase postural stability, reduce body sway, and ultimately enhance shooting accuracy and speed in real-world situations. These findings can serve as a basis for designing evidence-based training protocols for front-line forces, rapid response teams, and special units, and can lead to a reduction in motor errors and an increase in individual and public safety during sensitive missions.

**Acknowledgments:** Sincere thanks and appreciation are extended to all individuals who cooperated in conducting this study, especially the officials of the Faculty of Rehabilitation, Tehran (the force plate device was borrowed from this faculty) and the participating students.

**Author Contributions:** Mahdi Mohammadi and Ahmad Amraei: conceptualization and study design; Hamdollah Hadi: data collection and data analysis. All authors contributed to the initial drafting and revision of the article and accept responsibility for the accuracy and integrity of the content.

**AI Use Disclosure Statement:** During the preparation of this article, the authors used the "DeepSeek" tool to improve the readability and quality of the writing. After using this service, the authors reviewed and revised the final content and accept full responsibility for the published material.

**Conflict of Interest:** The authors hereby declare that there is no conflict of interest regarding the present study.

**Funding:** The present study received no financial support.

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16

نشریه طب انتظامی

مقاله اصیل

دسترسی آزاد

# اثر یک دوره تمرین تعادلی روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی دانشجویان دانشگاه علوم انتظامی امین

حمداله هادی[1*] ، مهدی محمدی[1] ، احمد امرائی[1]

[1] گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران.

## چکیده

**اهداف:** کنترل وضعیتی پویا نقش اساسی در اجرای مهارت‌های حرکتی دقیق مانند تیراندازی ایفا می‌کند. این پژوهش، با هدف بررسی تأثیر یک دوره تمرین روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی در دانشجویان دانشگاه علوم انتظامی امین انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. ۶۴ دانشجوی دانشگاه علوم انتظامی امین به روش نمونه‌گیری هدفمند و به‌طور تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند (۳۲ نفر گروه آزمایش، ۳۲ نفر گروه کنترل). گروه آزمایش به مدت ۴ هفته (۳ جلسه در هفته) تمرین‌های تعادلی روی سطوح ناپایدار را انجام دادند. کنترل وضعیتی پویا با استفاده از صفحه نیرو (شامل جابجایی کلی مرکز فشار (COP)، سرعت میانگین جابجایی، نوسانات قدامی-خلفی و نوسانات داخلی-خارجی) و عملکرد تیراندازی با سیستم SCATT (شامل دقت، ثبات، پایداری نشانه‌روی و زمان نشانه‌گیری) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های t مستقل، تحلیل کوواریانس و تحلیل واریانس یک راهه با اندازه‌گیری مکرر تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که تمرین روی سطوح ناپایدار به‌طور معنی‌داری باعث کاهش جابجایی کلی COP ($p<0/001$، $\eta^2=0/41$)، سرعت میانگین جابجایی ($p<001$، $\eta^2=0/31$) و نوسانات قدامی-خلفی ($p<0/001$، $\eta^2=0/45$) و نوسانات داخلی-خارجی ($p<0/001$، $\eta^2=0/22$) در گروه آزمایش شد. همچنین، این تمرینات به‌طور معنی‌داری باعث افزایش دقت تیراندازی ($p<0/001$، $\eta^2=0/35$)، ثبات تیراندازی ($p<0/001$، $\eta^2=0/30$) و پایداری نشانه‌روی ($p<0/001$، $\eta^2=0/40$) و کاهش زمان نشانه‌گیری ($p<0/001$، $\eta^2=0/37$) در گروه آزمایش گردید. اندازه اثر در همه متغیرها در سطح متوسط تا بالا بود.

**نتیجه‌گیری:** تمرین روی سطوح ناپایدار به‌عنوان یک مداخله مؤثر، می‌تواند کنترل وضعیتی پویا (شامل جابجایی، سرعت جابجایی و نوسانات) و عملکرد تیراندازی (شامل افزایش دقت و ثبات، پایداری نشانه‌روی و کاهش زمان نشانه‌گیری) را در دانشجویان دانشجویان علوم انتظامی امین بهبود بخشد. گنجاندن این تمرین‌ها در برنامه‌های آمادگی جسمانی و آموزش تیراندازی نیروهای پلیس توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: کنترل وضعیتی پویا، عملکرد تیراندازی، سطوح ناپایدار، تعادل، دانشجویان پلیس

نحوه استناد به مقاله:

Hadi H., Mohammadi M., Amraei A..*The Effect of a Balance Training Program on Unstable Surfaces on Dynamic Postural Control and Shooting Performance in Students of Amin Police University.* J Police Med. 2025;14:e16.

نویسنده مسئول*:

آدرس پستی: تهران، انتهای غربی اتوبان شهید همت، بعد از تقاطع بزرگراه شهید خرازی و آزادگان، خیابان شهید جدی اردبیلی، دانشگاه علوم انتظامی امین، کد پستی: ۱۴۹۸۶۱۹۹۹۱.

پست الکترونیکی:
amir.hadi1@gmail.com

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۶
انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵

Copyright © 2025, Journal of Police Medicine | This open access article is licensed under a *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





## مقدمه

بر اساس قانون فرماندهی انتظامی، کار اصلی این سازمان این است که نظم و امنیت عمومی را حفظ کند و نظم و امنیت عمومی در محدوده حاکمیت را نگه دارد. این مسئولیت بزرگ اغلب نیاز به حضور مداوم و مؤثر در محیط‌های محیط‌های حساس و پرخطر دارد و همچنین استفاده از سلاح‌های گرم در شرایط خطرناک و اضطراری را شامل می‌شود [۱]. امنیت یک مؤلفه بسیار مهم از حاکمیت است. به همین دلیل، پلیس باید همیشه آماده باشد. این آمادگی باید در سه حوزه باشد: بدن، ذهن و مهارت. با این آماده‌باش، پلیس می‌تواند در شرایط بسیار سخت و بحرانی، وظایف خود را به خوبی انجام دهد. برای یک افسر پلیس، تیراندازی فقط یک کار ورزشی نیست؛ بلکه این کار برای زنده ماندن و تضمین امنیت بسیار مهم است. دقت و ثبات در تیراندازی می‌تواند برای دستیابی به اهداف بسیار مهم باشد. در تیراندازی ورزشی، همه‌چیز پایدار و قابل‌پیش‌بینی است، اما تیراندازی پلیس کاملاً برعکس است. تیراندازی پلیس معمولاً در شرایطی رخ می‌دهد که زمان محدود است، چیزها به‌روشنی مشخص نیست و فشار زیادی بر ذهن و احساسات وجود دارد [۲]. در این شرایط پیچیده، عملکرد تیراندازی نه تنها به مهارت فنی، بلکه به قابلیت حفظ کنترل حرکتی و تنظیم وضعیت بدنی تحت فشار وابسته است [۲].

کنترل وضعیتی به توانایی حفظ مرکز ثقل بدن در محدوده سطح اتکا اشاره دارد. این توانایی یکی از اجزای مهم آمادگی جسمانی در نیروهای نظامی و انتظامی است [۳]. این ویژگی، به‌ویژه هنگام نشانه‌گیری روی هدف اهمیت بسیار پیدا می‌کند. در این مرحله، لرزش‌های بدن می‌تواند روی دقت تأثیر بگذارد. پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که تیراندازان ماهر در مقایسه با افراد تازه‌کار، تغییرات وضعیتی کمتری در هنگام نشانه‌گیری از خود نشان می‌دهند و کنترل وضعیتی در آن‌ها به سطح خودکار رسیده است [۴ و ۵]. در این زمینه، تحقیقات نشان داده‌اند که حرکت مرکز فشار و سرعت آن از مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کننده عملکرد تیراندازی هستند [۶، ۷].

تفاوت بین کنترل وضعیتی ایستا و کنترل وضعیتی پویا خیلی مهم است. کنترل وضعیتی ایستا به این توانایی اشاره دارد که فرد بتواند تعادل خود را در یک وضعیت ثابت حفظ کند. کنترل وضعیتی پویا هم به این توانایی اشاره دارد که فرد تعادل خود را در حین حرکت یا پس از تغییر وضعیت حفظ کند [۸]. در موقعیت‌هایی که پلیس در حین انجام ماموریت است، معمولاً تیراندازی در وضعیتی پویا انجام می‌شود. یعنی ممکن است شخص در حال حرکت باشد یا اینکه دائماً تغییر وضعیت دهد و یا اینکه وسایل مختلفی را حمل کند. در چنین شرایطی، کنترل وضعیتی که دائماً در حال تغییر است، مهم و ضروری است [۳ و ۷]. حمل تجهیزات پلیس مانند جلیقه ضد گلوله و کمربند تجهیزات می‌تواند تعادل پلیس را تحت تأثیر قرار دهد. الگوی جابجایی مرکز فشار و سرعت آن تغییر می‌کند و این می‌تواند بر عملکرد تیراندازی پلیس تأثیر منفی بگذارد [۳ و ۷]. *Šimenko* و همکاران در سال ۲۰۲۴ نشان داده‌اند که حمل بار سنگین عملکرد تیراندازی را کاهش و نوسانات وضعیتی و بار کاری ادراکی را بالا می‌برد [۳].

در این راستا، تمرین تعادلی بر روی سطوح ناپایدار به عنوان یکی از روش‌های مؤثر برای بهبود کنترل وضعیتی پویا مورد توجه محققان قرار گرفته است. *Hatfield* و همکاران در سال ۲۰۲۱ در پژوهشی نشان داده‌اند تمرینات قدرتی که همزمان با ارتعاش کل بدن و روی سطوح ناپایدار انجام می‌شود، تأثیر مثبتی بر عملکرد کلی تیراندازی دارد. این تمرینات همچنین بر پایداری نشانه‌روی و زمان روی هدف تأثیر می‌گذارد [۹].

مطالعات زیادی در مورد رابطه بین کنترل وضعیتی و عملکرد تیراندازی انجام شده است. اما بیشتر این مطالعات روی ورزشکاران یا سربازان و در شرایط آزمایشگاهی انجام شده است. هیچ‌کدام از این مطالعات به بررسی تأثیر این تمرینات بر عملکرد تیراندازی در دانشجویان پلیس نپرداخته‌اند. *Simas* و همکاران (۲۰۲۶) در پژوهشی بر روی دانشجویان پلیس، ارتباط بین ترکیب بدنی، قدرت پنجه دست و کنترل وضعیتی با دقت تیراندازی را مورد بررسی قرار داده‌اند و مشخص کرده‌اند که همبستگی بین متغیرهای مرکز فشار و دقت تیراندازی عموماً پایین است که نشان می‌دهد کنترل وضعیتی به تنهایی نمی‌تواند عملکرد تیراندازی را به طور کامل تبیین کند و متغیرهای دیگری نیز در این رابطه مؤثر هستند [۲]. از سوی دیگر، *Goedert* و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که بهبود صرفاً در کنترل وضعیتی ایستا یا ثبات مرکزی، لزوماً به پیشرفت عملکرد تیراندازی در شرایط عملیاتی منجر نمی‌شود و ممکن است نیاز به تمرینات تخصصی‌تر و شبیه‌سازی موقعیت‌های واقعی باشد. این یافته نشان می‌دهد که تمرین‌هایی که روی سطوح ناپایدار انجام می‌شوند و باعث می‌شوند وضعیت بدن به طور پویا کنترل شود، در شرایطی که دو کار همزمان انجام می‌شود، بیشتر با عملکرد تیراندازی مرتبط هستند [۱۰].

با توجه به اینکه نوسانات در محور قدامی-خلفی یا به عبارت دیگر عمود بر خط تیر بسیار مهم است و مطالعات بیاتلون نشان داده است که این نوسانات بهترین پیش‌بین‌کننده برای امتیاز تیراندازی است و به وضوح می‌تواند تیراندازان ماهر را از افراد مبتدی متمایز کند، این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۵]. به نظر می‌رسد تمرینات تعادلی که بر کاهش نوسانات در این محور تمرکز دارند، می‌توانند تأثیر بسیار زیادی بر عملکرد تیراندازی داشته باشند. با این حال، داده‌های اندکی درباره تأثیر یک دوره تمرین منظم روی سطوح ناپایدار و انتقال آن به دقت، ثبات، پایداری نشانه‌روی و زمان نشانه‌گیری در دانشجویان پلیس وجود دارد. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر یک دوره تمرین روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی (شامل دقت، ثبات، پایداری نشانه‌روی و زمان نشانه‌گیری) در دانشجویان دانشگاه علوم انتظامی امین انجام شد.

## مواد و روش‌ها

**نوع و طرح پژوهش:** پژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود که به بررسی تأثیر یک دوره تمرین روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی در دانشجویان دانشگاه علوم انتظامی امین پرداخت (شکل ۱).

**جامعهٔ آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری:** جامعهٔ آماری این پژوهش را تمامی دانشجویان سال دوم دانشگاه علوم انتظامی امین تشکیل دادند که دورهٔ مقدماتی تیراندازی را گذرانده بودند و در محدودهٔ سنی ۲۰ تا ۲۵ سال قرار داشتند. با توجه به ماهیت مطالعه و روش ANCOVA، حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار Power*G و بر اساس اندازه اثر متوسط (f=۰/۲۵) توان آماری ۰/۸۰ و سطح معنی‌داری ۰/۰۵، حداقل ۲۸ نفر برای هر گروه برآورد گردید. پس از غربالگری اولیه، از میان ۸۲ دانشجوی داوطلب،

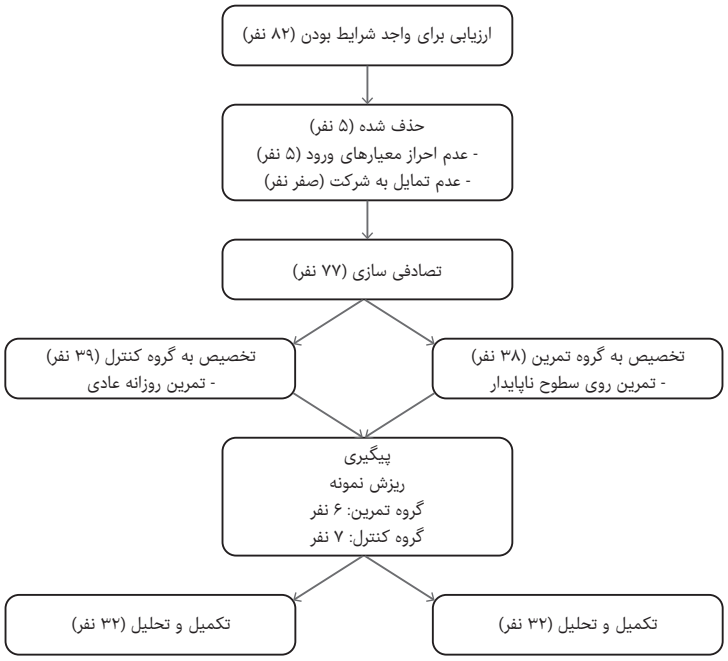
[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





۷۷ نفر واجد شرایط تشخیص داده شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه آزمایش (۳۹ نفر) و کنترل (۳۸ نفر) قرار گرفتند. در طول دوره مداخله، ۷ نفر از گروه آزمایش (۴ نفر به دلیل غیبت بیش از ۲ جلسه، ۲ نفر به دلیل آسیب دیدگی و ۱ نفر به دلیل انصراف شخصی) و ۶ نفر از گروه کنترل (۴ نفر به دلیل عدم همکاری، ۱ نفر به دلیل آسیب دیدگی و ۱ نفر به دلیل انصراف شخصی) از مطالعه خارج شدند. در نهایت، ۶۴ نفر (۳۲ نفر در هر گروه) با میانگین و انحراف استاندارد سنی ۲/۳۵±۲۱/۸۹ سال، وزن ۳/۲۸±۷۱/۶۲ کیلوگرم و قد ۴/۷۲±۱۷۴/۴۹ سانتی‌متر تحلیل نهایی را تکمیل کردند.




**شکل ۱)** فلوچارت جریان شرکت‌کنندگان در مطالعه بر اساس استاندارد CONSORT

**روش نمونه‌گیری:** از روش نمونه‌گیری هدفمند با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج استفاده شد. بدین صورت که از میان دانشجویان داوطلب واجد شرایط، ابتدا غربالگری اولیه انجام شد و افرادی که معیارهای ورود را داشتند، شناسایی گردیدند. پس از غربالگری اولیه، تصادفی‌سازی به روش بلوک‌های تصادفی با اندازه بلوک ۴ انجام شد. به این صورت که ابتدا با استفاده از نرم‌افزار آنلاین Random Allocation Software و با تنظیم نسبت تخصیص ۱:۱، لیست تصادفی‌سازی تهیه گردید. در این روش، هر بلوک شامل ۴ جایگاه بود که به‌طور تصادفی ۲ جایگاه به گروه آزمایش و ۲ جایگاه به گروه کنترل تخصیص داده می‌شد. ترتیب قرارگیری گروه‌ها در هر بلوک به‌صورت تصادفی توسط نرم‌افزار تعیین شد (به‌عنوان مثال AABB، ABAB، ABBA، BAAB، BABA، BBAA که A= گروه آزمایش و B= گروه کنترل). برای حفظ پنهان‌سازی تخصیص، از پاکت‌های مات و شماره‌دار استفاده شد. پس از تهیه لیست تصادفی‌سازی توسط نرم‌افزار، نتایج در پاکت‌های مات درج و شماره‌گذاری گردید. پاکت‌ها توسط فردی مستقل از پژوهش (که در فرایند ارزیابی و مداخله دخالتی نداشت) تهیه و نگهداری شد. در زمان تخصیص، پس از انجام پیش‌آزمون، پاکت مربوط به هر شرکت‌کننده به ترتیب شماره باز می‌شد و شرکت‌کننده بر اساس محتوای پاکت در یکی از دو گروه آزمایش یا کنترل قرار می‌گرفت. این فرایند باعث شد که پژوهشگر و شرکت‌کننده از گروه‌بندی پیش از تخصیص مطلع نباشند.

**معیارهای ورود به مطالعه شامل:**

- دانشجو بودن در دانشگاه علوم انتظامی امین
- داشتن حداقل یک سال سابقهٔ آموزش تیراندازی
- دامنهٔ سنی ۲۰ تا ۲۵ سال
- نداشتن سابقهٔ آسیب‌های عصبی-عضلانی، دهلیزی یا بینایی مؤثر بر تعادل
- نداشتن سابقهٔ اختلالات روانپزشکی یا مصرف داروهای روان‌گردان
- داشتن بینایی طبیعی
- ارائهٔ رضایت آگاهانهٔ کتبی برای شرکت در پژوهش
- عدم مصرف مکمل‌های ورزشی یا داروهای مؤثر بر عملکرد عصبی-عضلانی حداقل ۴ هفته قبل از مطالعه

معیارهای خروج از مطالعه شامل:

- عدم همکاری در حین اجرای آزمون‌ها
- غیبت بیش از ۲ جلسه از تمرینات
- بروز هرگونه آسیب یا ناراحتی جسمانی در حین پژوهش
- مصرف هرگونه مادهٔ محرک یا کافئین حداقل ۴ ساعت قبل از جلسات آزمون
- ابتلا به بیماری‌های حاد در طول دوره پژوهش

**ابزارهای اندازه‌گیری:**

**الف) اندازه‌گیری کنترل وضعیتی پویا.** برای اندازه‌گیری کنترل وضعیتی پویا، از صفحهٔ نیرو (Plate Force) ساخت شرکت Kistler (مدل BA۹۲۸۶) استفاده شد (این دستگاه از دانشکده توانخشی تهران امانت گرفته شد) که با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز، قادر به اندازه‌گیری هم‌زمان در دو صفحهٔ عمود بر هم (قدامی-خلفی و داخلی-خارجی) می‌باشد. صفحه نیرو

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





دارای ۴ حسگر فشار سه‌محوره با دقت ۰/۱ نیوتن و محدوده اندازه‌گیری ۰ تا ۱۰ کیلونیوتن است.

**پروتکل اندازه‌گیری:** شرکت‌کنندگان در شرایط زیر ارزیابی شدند:

- شرایط تکلیف ساده: ایستادن روی صفحه نیرو به مدت ۳۰ ثانیه با چشم باز و دست‌ها در کنار بدن
- شرایط تکلیف دوگانه: ایستادن روی صفحه نیرو هم‌زمان با نشانه‌گیری روی هدف (که توسط سیستم SCATT نمایش داده می‌شد) به مدت ۳۰ ثانیه

شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این بخش شامل:

- جابجایی کلی مرکز فشار (COP Total Displacement) بر حسب میلی‌متر
- سرعت میانگین جابجایی (Velocity Mean) بر حسب میلی‌متر بر ثانیه
- نوسانات در محور قدامی-خلفی (AP ,Anteroposterior) بر حسب میلی‌متر
- نوسانات در محور داخلی-خارجی (ML ,Mediolateral) بر حسب میلی‌متر

**ب) اندازه‌گیری عملکرد تیراندازی.** برای سنجش عملکرد تیراندازی، از دستگاه تشخیصی SCATT (مدل WS۱) با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ میلی‌متر و فرکانس نمونه‌برداری ۳۰۰۰ هرتز استفاده گردید. این سیستم یکی از معتبرترین و پرکاربردترین ابزارهای ارزیابی عملکرد تیراندازی در پژوهش‌های علمی محسوب می‌شود. سیستم SCATT شامل یک دوربین مادون‌قرمز، یک پروژکتور و نرم‌افزار اختصاصی برای تحلیل داده‌ها می‌باشد.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این بخش شامل:

- دقت (Accuracy): میانگین فاصلهٔ تیرها از مرکز هدف بر حسب میلی‌متر
- ثبات (Precision): گسترهٔ گروه بر حسب میلی‌متر
- پایداری نشانه‌روی (Stability Aiming): درصد زمان صرف‌شده در ناحیهٔ ۱۰ هدف
- زمان نشانه‌گیری (Time Aiming): زمان صرف‌شده برای نشانه‌گیری قبل از شلیک

**پروتکل تیراندازی:**

- **فاصله:** ۱۰ متر (مطابق با استانداردِ تپانچه بادی)
- **تعداد تیر:** ۵ گروه ۵ تیری (جمعاً ۲۵ تیر)
- **زمان مجاز:** ۷ دقیقه برای هر گروه ۵ تیری
- **سلاح:** تپانچه بادی استاندارد (کالیبر ۴/۵ میلی‌متر)

**پروتکل تمرینی (پروتکل تمرین روی سطوح ناپایدار)**

**ساختار هر جلسه تمرینی:** هر جلسه با ۱۰ دقیقه گرم‌کردن شروع می‌شد. این ۱۰ دقیقه شامل ۵ دقیقه دویدن سبک بود. بعد از آن، حرکات کششی پویا انجام می‌شد. این حرکات شامل چرخش مچ پا، حرکت لانج، و اسکات سبک بود. همچنین چند حرکت تعادلی ساده روی زمین پایدار انجام می‌شد. مثلاً ایستادن روی یک پا به مدت ۱۵ ثانیه، و این کار دو بار تکرار می‌شد. پس از گرم‌کردن، ۲۰ تا ۲۵ دقیقه تمرین اصلی روی سطوح ناپایدار انجام می‌شد. هر هفته میزان سختی این تمرین‌ها افزایش پیدا می‌کرد. در آخر هم ۵ دقیقه به سردکردن اختصاص می‌یافت. این شامل کشش ایستا و تنفس عمیق بود (شکل ۲).

**شکل ۲)** پیشرفت چهار هفته‌ای تمرینات تعادلی (از آشنایی و سازگاری تا شرایط عملیاتی و اجرای دو تکلیف؛ ٤ هفته، ۱۶ تمرین)

**هفته اول) آشنایی و سازگاری**

- کنترل پایه و اعتماد به سطح ناپایدار

| ۱) ایستادن روی تخته تعادل (دست‌ها باز) | ۲) ایستادن روی بالانس پد با چشم باز | ۳) انتقال وزن روی تخته تعادل (قدامی-خلفی و داخلی-خارجی) | ۴) ایستادن روی یک پا روی بالانس پد (با کمک مربی) |
|---|---|---|---|
| – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست |
| – زمان ۳۰ ثانیه | – زمان ۳۰ ثانیه | – ۱۰ تکرار | – زمان ۱۵ ثانیه |
| – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه |

**هفته دوم) افزایش دشواری**

- افزودن چرخش، حذف بینایی و اسکات

| ۱) ایستادن روی تخته تعادل + چرخش سر | ۲) ایستادن روی بالانس پد با چشم‌بسته | ۳) ایستادن روی توپ سوئیسی (با تکیه‌گاه) | ۴) حرکت اسکات روی تخته تعادل |
|---|---|---|---|
| – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۲ ست |
| – زمان ۴۵ ثانیه | – زمان ۳۰ ثانیه | – زمان ۳۰ ثانیه | – ۸ تکرار |
| – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه |

**هفته سوم) ترکیب با تجهیزات پلیسی**

- افزودن بار و واکنش حرکتی

| ۱) ایستادن روی تخته تعادل + حمل جلیقه | ۲) ایستادن روی بالانس پد با چشم‌بسته + حمل کمربند تجهیزات | ۳) ایستادن روی نیمکت ناپایدار + چرخش ۹۰ درجه ناگهانی (با فرمان مربی) | ۴) انتقال از سطح ناپایدار به سطح دیگر بدون قطع تعادل |
|---|---|---|---|
| – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست |
| – زمان ۴۰ ثانیه | – زمان ۲۵ ثانیه | – ۸ تکرار | – زمان ۴۵ ثانیه |
| – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه |

**هفته چهارم) شرایط عملیاتی و دوتکلیف**

- حمل بار، تکلیف شناختی و نشانه‌گیری

| ۱) ایستادن روی بالانس پد + حمل تجهیزات کامل + پاسخ به سؤال ساده (تکلیف شناختی) | ۲) ایستادن روی تخته تعادل + نشانه‌گیری با سلاح آموزشی (بدون شلیک) | ۳) تمرین فرکانس‌های مختلف حرکت روی سطوح ناپایدار (تغییر سرعت و ریتم) | ۴) ترکیب دو سطح ناپایدار (تخته و پد) در یک ست |
|---|---|---|---|
| – تعداد ۴ ست | – تعداد ۴ ست | – تعداد ۳ ست | – تعداد ۳ ست |
| – زمان ۴۵ ثانیه | – زمان ۴۰ ثانیه | – زمان ۳۰ ثانیه | – زمان ۴۵ ثانیه |
| – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه | – استراحت ۴۵ ثانیه |

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





**تمرین تیراندازی ترکیبی با تعادل (۱۵ دقیقه):** پس از تمرینات تعادلی، شرکت‌کنندگان گروه آزمایش به ایستگاه تیراندازی SCATT منتقل شده و تمرینات زیر را انجام دادند:

- نشانه‌گیری روی هدف در حالت ایستاده روی بالانس پد (بدون شلیک، ثبت نوسانات COP): ۲ ست ۱ دقیقه‌ای
- شلیک ۵ تیر در حالت ایستاده روی تخته تعادل: ۳ گروه ۵ تیری
- ثبت هم‌زمان شاخص‌های عملکرد تیراندازی توسط سیستم SCATT

شرکت‌کنندگان گروه کنترل هیچ‌گونه تمرین تعادلی روی سطوح ناپایدار دریافت نکردند و فقط برنامه روتین آموزشی خود را در دانشگاه (شامل تمرینات معمول تیراندازی و آمادگی جسمانی) ادامه دادند.

**روش اجرا و پروتکل پژوهش:** پژوهش در ۴ مرحله اصلی اجرا شد:

**مرحله اول (غربالگری و پیش‌آزمون):** در ابتدای پژوهش، جلسه توجیهی برای شرکت‌کنندگان برگزار شد و در مورد اهداف، روش و ایمنی پژوهش توضیحات کامل ارائه شد. سپس، شرکت‌کنندگان فرم رضایت آگاهانه و پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک را تکمیل کردند. در ادامه، ارزیابی اولیه (غربالگری) از نظر معیارهای ورود و خروج انجام گرفت و در نهایت، متغیرهای آنتروپومتریک شامل قد، وزن و نمایه توده بدنی (BMI) اندازه‌گیری شد.

**مرحله دوم (پیش‌آزمون اندازه‌گیری):** پیش‌آزمون اندازه‌گیری در دو روز مجزا انجام شد:

**روز اول (اندازه‌گیری کنترل وضعیتی):** ابتدا شرکت‌کنندگان با صفحه نیرو آشنا شدند. سپس، آزمون تعادل در شرایط تک‌تکلیف شامل ایستادن روی صفحه نیرو به مدت ۳۰ ثانیه انجام شد. در ادامه، آزمون تعادل در شرایط دوتکلیف شامل ایستادن روی صفحه نیرو هم‌زمان با نشانه‌گیری روی هدف SCATT به مدت ۳۰ ثانیه اجرا گردید. در پایان، شاخص‌های مرکز فشار (COP) توسط صفحه نیرو ثبت شد.

**روز دوم (اندازه‌گیری عملکرد تیراندازی):** ابتدا شرکت‌کنندگان با سیستم SCATT آشنا شدند. سپس، ۵ تیر آزمایشی برای آشنایی با سیستم شلیک گردید. در ادامه، آزمون اصلی تیراندازی شامل ۵ گروه ۵ تیری (جمعاً ۲۵ تیر) در فاصله ۱۰ متر انجام شد. در پایان، شاخص‌های عملکرد تیراندازی توسط سیستم SCATT ثبت گردید.

**مرحله سوم (مداخله تمرینی):** پس از اتمام پیش‌آزمون، مداخله تمرینی آغاز شد. برای گروه آزمایش، برنامه تمرینی ۴ هفته‌ای روی سطوح ناپایدار اجرا گردید، در حالی که گروه کنترل فقط برنامه روتین آموزشی خود را در دانشگاه (شامل تمرینات معمول تیراندازی و آمادگی جسمانی) ادامه دادند. در طول این دوره، نظارت مستمر بر اجرای تمرینات انجام شد و میزان حضور و غیاب شرکت‌کنندگان ثبت گردید.

**مرحله چهارم (پس‌آزمون):** بلافاصله پس از اتمام دوره تمرینی، تمام اندازه‌گیری‌های مرحله دوم (کنترل وضعیتی و عملکرد تیراندازی) با استفاده از همان پروتکل و ابزارهای پیش‌آزمون، مجدداً برای هر دو گروه آزمایش و کنترل تکرار شد.

**ملاحظات اخلاقی:** پژوهش حاضر با تأیید کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد اخلاق IR.SSRC.REC.۱۴۰۲/۲۴۹ و مطابق با اصول اخلاقی مندرج در اعلامیه هلسینکی به اجرا درآمد.

**روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها:** برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای بررسی برابری واریانس‌ها از آزمون لون (Levene's Test) و برای بررسی برابری ماتریس‌های کوواریانس از آزمون باکس (Box's M Test) استفاده گردید. برای تحلیل داده‌ها، از آزمون t مستقل (Independent Samples t-test) برای مقایسه دو گروه در پیش‌آزمون، تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) با کنترل پیش‌آزمون برای مقایسه تفاوت‌های بین گروه‌ها در پس‌آزمون و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (Repeated Measures ANOVA) برای بررسی تغییرات درون‌گروهی در دو زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) استفاده شد. همچنین، اندازه اثر (Effect Size) با استفاده از شاخص‌های مجذور اِتا ($\eta^2$) و کوهن (Cohen's d) محاسبه شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 26 انجام شد و سطح معنی‌داری $p<0/05$ در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

در این پژوهش، ۶۴ دانشجوی دانشگاه علوم انتظامی امین (۳۲ نفر گروه آزمایش و ۳۲ نفر گروه کنترل) با میانگین و انحراف استاندارد سنی ۲/۳۵ ± ۲۱/۸۹ سال، وزن ۳/۲۸ ± ۷۱/۶۲ کیلوگرم و قد ۴/۷۲ ± ۱۷۴/۴۹ سانتی‌متر شرکت داشتند. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که توزیع داده‌ها در همه‌ی متغیرها در هر دو گروه و در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون نرمال است ($p>0/05$). آزمون لون نیز همگنی واریانس‌های دو گروه را برای همه متغیرها تأیید کرد ($p>0/05$) و آزمون باکس، برابری ماتریس‌های کوواریانس را نشان داد ($p>0/05$)؛ بنابراین پیش‌فرض‌های لازم برای آزمون‌های پارامتریک برقرار بود. جدول ۱، میانگین و انحراف معیار متغیرهای اصلی پژوهش را در دو گروه و در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.

**جدول ۱)** میانگین و انحراف معیار متغیرهای اصلی پژوهش در دو گروه آزمایش و کنترل

| متغیر | گروه | پیش‌آزمون [میانگین ± انحراف معیار] | پس‌آزمون [میانگین ± انحراف معیار] |
|---|---|---|---|
| کنترل وضعیتی پویا | | | |
| جابجایی کلی COP (mm) | آزمایش | ۴۹/۸۵ ± ۲۰/۱۵ | ۳۲/۳۵ ± ۱۸/۴۵ |
| | کنترل | ۵۰/۸۶ ± ۱۵/۲۰ | ۵۰/۸۷ ± ۱۵/۲۵ |
| سرعت میانگین جابجایی (mm/s) | آزمایش | ۱۱/۲۵ ± ۶/۱۵ | ۱۵/۴۳ ± ۸/۴۵ |
| | کنترل | ۱۱/۲۰ ± ۸/۳۰ | ۱۱/۸۰ ± ۸/۱۰ |
| نوسانات قدامی-خلفی (mm) | آزمایش | ۴۱۷/۹۰ ± ۳۰/۶۵ | ۳۰۲/۶۵ ± ۲۵/۴۵ |
| | کنترل | ۴۱۸/۲۰ ± ۳۰/۴۰ | ۴۲۰/۸۰ ± ۳۰/۵۰ |
| نوسانات داخلی-خارجی (mm) | آزمایش | ۲۷۷/۵۰ ± ۱۰/۴۲ | ۲۳۵/۲۰ ± ۸/۳۵ |
| | کنترل | ۲۷۸/۸۰ ± ۱۰/۳۰ | ۲۸۰/۶۰ ± ۱۰/۴۰ |
| عملکرد تیراندازی | | | |
| دقت (میانگین فاصله از مرکز - mm) | آزمایش | ۹/۴۵ ± ۱/۳۵ | ۱۲/۷۵ ± ۲/۴۵ |
| | کنترل | ۹/۵۰ ± ۲/۱۱ | ۹/۶۰ ± ۲/۴۰ |
| ثبات (گستره گروه - mm) | آزمایش | ۱۹/۷۵ ± ۳/۳۵ | ۱۵/۸۰ ± ۲/۸۰ |
| | کنترل | ۱۹/۵۰ ± ۳/۴۰ | ۲۰/۳۰ ± ۳/۲۰ |
| پایداری نشانه‌روی | آزمایش | ۷۵/۴۴ ± ۸/۴۵ | ۸۶/۵۵ ± ۶/۳۰ |
| | کنترل | ۷۵/۳۰ ± ۸/۵۰ | ۷۶/۲۰ ± ۸/۵۰ |
| زمان نشانه‌گیری (ثانیه) | آزمایش | ۸/۳۵ ± ۱/۳۵ | ۲/۴۲ ± ۰/۳۰ |
| | کنترل | ۸/۱۸ ± ۰/۹۵ | ۸/۲۵ ± ۰/۹۶ |

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





**یافته‌های مربوط به مقایسه دو گروه در پیش‌آزمون:** نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه دو گروه آزمایش و کنترل در مرحله پیش‌آزمون نشان داد که بین دو گروه در هیچ‌یک از متغیرهای کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (p>۰/۰۵). این یافته نشان‌دهنده همگن بودن دو گروه در ابتدای پژوهش است.

**یافته‌های مربوط به تأثیر تمرین بر کنترل وضعیتی پویا:** برای بررسی تأثیر تمرین روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی پویا، از تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) با کنترل اثر پیش‌آزمون استفاده شد. نتایج این تحلیل در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، بین دو گروه آزمایش و کنترل در تمامی شاخص‌های کنترل وضعیتی پویا تفاوت معنی‌داری وجود دارد (p<۰/۰۰۱). بیشترین اندازه اثر مربوط به متغیر نوسانات قدامی-خلفی با $\eta^2$=۰/۴۵ بود که نشان می‌دهد ۴۵ درصد از تغییرات این متغیر ناشی از مداخله تمرینی است. همچنین، جابجایی کلی COP با $\eta^2$=۰/۴۱ و سرعت میانگین جابجایی با $\eta^2$=۰/۳۱ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

**یافته‌های مربوط به تأثیر تمرین بر عملکرد تیراندازی:** برای بررسی تأثیر تمرین روی سطوح ناپایدار بر عملکرد تیراندازی، از تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) با کنترل اثر پیش‌آزمون استفاده شد. نتایج این تحلیل در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، بین دو گروه آزمایش و کنترل در تمامی شاخص‌های عملکرد تیراندازی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (p<۰/۰۰۱). بیشترین اندازه اثر مربوط به متغیر پایداری نشانه‌روی با $\eta^2$=۰/۴۰ بود که نشان می‌دهد ۴۰ درصد از تغییرات این متغیر ناشی از مداخله تمرینی است. همچنین، زمان نشانه‌گیری با $\eta^2$=۰/۳۷ و دقت تیراندازی با $\eta^2$=۰/۳۵ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

**یافته‌های مربوط به تغییرات درون‌گروهی:** برای بررسی تغییرات درون‌گروهی در دو زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون)، از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (Measures Repeated ANOVA) استفاده شد. نتایج این تحلیل در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که در گروه آزمایش، تمامی متغیرهای کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بهبود معنی‌داری داشته است (p<۰/۰۰۱) و اندازه اثر (Cohen's d) برای همه متغیرها در سطح متوسط تا بالا قرار دارد. در مقابل، در گروه کنترل هیچ‌یک از متغیرها تغییر معنی‌داری را نشان نداد (p>۰/۰۵).

**جدول ۲)** نتایج تحلیل کوواریانس برای مقایسه دو گروه در پس‌آزمون (کنترل وضعیتی پویا)

| متغیر | منبع تغییر | SS | df | MS | F | P-value | $\eta^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جابجایی کلی COP [mm] | گروه | ۷۸/۲۳ | ۱ | ۷۸/۲۳ | ۵۳/۹۵ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۴۱ |
| | خطا | ۹۰/۳۲ | ۶۲ | ۱/۴۵ | | | |
| سرعت میانگین جابجایی [mm/s] | گروه | ۴۵/۱۵ | ۱ | ۴۵/۱۵ | ۴۱/۴۲ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۳۱ |
| | خطا | ۶۷/۳۴ | ۶۲ | ۱/۰۹ | | | |
| نوسانات قدامی-خلفی [mm] | گروه | ۳۴/۱۵ | ۱ | ۳۴/۱۵ | ۲۷/۱۰ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۴۵ |
| | خطا | ۷۸/۱۹ | ۶۲ | ۱/۲۶ | | | |
| نوسانات داخلی-خارجی [mm] | گروه | ۶۷/۲۳ | ۱ | ۶۷/۲۳ | ۴۶/۰۵ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۲۲ |
| | خطا | ۹۰/۸۳ | ۶۲ | ۱/۴۶ | | | |

**جدول ۳)** نتایج تحلیل کوواریانس برای مقایسه دو گروه در پس‌آزمون (عملکرد تیراندازی)

| متغیر | منبع تغییر | SS | df | MS | F | P-value | $\eta^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دقت تیراندازی | گروه | ۷۸/۴۵ | ۱ | ۷۸/۴۵ | ۵۶/۴۳ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۳۵ |
| | خطا | ۸۶/۴۵ | ۶۲ | ۱/۳۹ | | | |
| ثبات تیراندازی | گروه | ۴۵/۱۲ | ۱ | ۴۵/۱۲ | ۹/۶۶ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۳۰ |
| | خطا | ۲۸۹/۶۷ | ۶۲ | ۴/۶۷ | | | |
| پایداری نشانه روی | گروه | ۵۶/۱۲ | ۱ | ۵۶/۱۲ | ۷۶/۸۸ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۴۰ |
| | خطا | ۴۵/۱۸ | ۶۲ | ۰/۷۳ | | | |
| زمان نشانه گیری | گروه | ۷۸/۴۵ | ۱ | ۷۸/۴۵ | ۱۰۶/۰۱ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۳۷ |
| | خطا | ۴۵/۷۸ | ۶۲ | ۰/۷۴ | | | |

**جدول ۴)** نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای تغییرات درون‌گروهی

| متغیر | گروه | میانگین پیش آزمون | میانگین پس آزمون | F | P-value | Cohen's d |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جابجایی کلی COP [mm] | آزمایش | ۴۹/۸۵ | ۳۲/۳۵ | ۵۶/۴۸ | p<۰/۰۰۱ | -۰/۴۵ |
| | کنترل | ۵۰/۸۶ | ۵۰/۸۷ | ۱۲ | ۰/۷۳ | ۰/۰۱ |
| سرعت میانگین جابجایی [mm/s] | آزمایش | ۱۱/۲۵ | ۱۵/۴۳ | ۷۸/۵۴ | p<۰/۰۰۱ | -۰/۵۰ |
| | کنترل | ۱۱/۲۰ | ۱۱/۸۰ | ۲۵ | ۰/۶۲ | ۰/۰۲ |
| دقت تیراندازی | آزمایش | ۹/۴۵ | ۱۲/۷۵ | ۵۶/۳۸ | p<۰/۰۰۱ | -۰/۴۲ |
| | کنترل | ۹/۵۰ | ۹/۶۰ | ۳۴ | ۰/۵۶ | ۰/۰۱ |
| پایداری نشانه روی | آزمایش | ۷۵/۴۴ | ۸۶/۵۵ | ۶۷/۴۵ | p<۰/۰۰۱ | ۰/۴۸ |
| | کنترل | ۷۵/۳۰ | ۷۶/۲۰ | ۴۵ | ۰/۵۱ | ۰/۰۳ |

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





## بحث

هدف این پژوهش بررسی تأثیر یک دوره تمرین روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی در دانشجویان دانشگاه علوم انتظامی امین بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تمرین روی سطوح ناپایدار به‌طور معنی‌داری باعث بهبود کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی در دانشجویان پلیس می‌شود. در ادامه، یافته‌ها را در چارچوب مبانی نظری و پژوهش‌های پیشین بررسی می‌کنیم و سپس به تحلیل مکانیسم‌های عصبی-عضلانی تغییرات سریع و نقش احتمالی اثرات یادگیری می‌پردازیم.

یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن بود که وقتی دانشجویان پلیس روی سطوح ناپایدار تمرین می‌کنند، کنترل وضعیتی آن‌ها بهبود می‌یابد. این نتیجه با آنچه در پژوهش‌های پیشین به دست آمده است، مطابقت دارد. برای مثال، پژوهش *Shimanko* و همکاران در سال ۲۰۲۴ روی پرسنل نظامی و انتظامی نشان داده که یک برنامه چهار هفته‌ای تمرین روی سطوح ناپایدار، تعادل شرکت‌کنندگان را به‌طور قابل توجهی بهبود می بخشد [۳]. *Kounalakis* و همکاران در سال ۲۰۲۴ پژوهشی انجام داده‌اند. آن‌ها دریافته‌اند افرادی که روی سطوح ناپایدار تمرین می‌کنند، می‌توانند تعادل خود را بهبود بخشند. این تمرینات تعادلی می‌تواند جابجایی مرکز فشار و سرعت آن را به طور قابل توجهی بهبود بخشد. این نتیجه با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۱۱]. *Perrot* و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعه‌ای روی ورزشکاران به این نتیجه رسیده‌اند که تمرین‌های تعادلی پویا می‌توانند ارتباط بین سیستم‌های کنترل تعادل و حرکات دقیق و ارادی را بهبود ببخشند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر کاملاً هماهنگ است [۸].

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین تأثیر تمرین روی سطوح ناپایدار بر روی کاهش نوسانات قدامی-خلفی بود ($\eta^2$=۰/۴۵). این یافته با نتایج مطالعه *Ihalainen* و همکاران در سال ۲۰۱۸ در ورزش بیاتلون هم‌خوانی دارد. آن‌ها نشان دادند که جهت قدامی-خلفی یا به عبارتی دیگر، حرکت به سمت جلو و عقب که عمود بر خط تیر است، بهترین پیش‌بین‌کننده امتیاز تیراندازی است. این موضوع به وضوح تیراندازان ماهر را از مبتدیان متمایز می‌سازد [۵]. کاهش نوسانات قدامی-خلفی مهم‌ترین متغیر برای بهتر کردن کنترل وضعیتی در تیراندازی است، زیرا این نوسانات، تأثیر مستقیمی روی تغییر زاویه اسلحه و در نتیجه روی جای برخورد گلوله دارند. *Ball* و همکاران در سال ۲۰۰۷ با مطالعه در مورد تیراندازان تازه‌کار نشان داده‌اند که تیراندازی خوب با حالت بدنی و ثبات اسلحه مرتبط است. همچنین بین امتیاز تیراندازی و حرکات بدن از ۰/۲۹- تا ۰/۴۵- همبستگی وجود داشت [۶]. یافته‌های پژوهش حاضر با تأکید بر کاهش نوسانات قدامی-خلفی به عنوان مهم‌ترین عامل، این همبستگی را تأیید می‌کند.

تمرین روی سطوح ناپایدار می‌تواند به بهبود کنترل بدن کمک کند. این تمرین‌ها باعث می‌شوند سیستم‌های حسی و حرکتی بدن مثل چشم، گوش داخلی و حس عمقی (Properioception) بهتر کار کنند. این تمرین‌ها موجب بهبود عملکرد و هماهنگی سیستم‌های حسی-حرکتی می‌شوند [۸]. این پیشرفت می‌تواند از طریق افزایش انعطاف‌پذیری عصبی و بهبود هماهنگی بین عضلات موافق و مخالف به کاهش نوسانات وضعیتی بینجامد. *Cheng* و همکاران در سال ۲۰۲۶ در یک مطالعه تطبیقی بین تیراندازان، تکواندوکاران و افراد غیرورزشکار نشان داده‌اند که تیراندازان در مقایسه با سایر گروه‌ها، نوسانات وضعیتی کمتری در حالت ایستاده ساده از خود نشان می‌دهند و کنترل وضعیتی در آن‌ها به سطح خودکاری بالایی رسیده است [۱۳]. این یافته نشان می‌دهد که تمرینات تخصصی می‌تواند کنترل وضعیتی را به سطح بسیار بالایی از خودکاری برساند. همچنین، تمرن روی سطوح ناپایدار از طریق شبیه‌سازی شرایط چالش برانگیز، این فرایند را تسریع می‌کند. *Kim* و همکاران در سال ۲۰۲۵ یک مطالعه روی پرسنل نظامی انجام داده‌اند و نشان داده‌اند که حمل بار سنگین به‌طور معنی‌داری عملکرد تیراندازی را کاهش می‌دهد و نوسانات وضعیتی و بار کاری ادراکی را افزایش می‌دهد. این یافته ضرورت توجه به شرایط حمل تجهیزات و ایجاد شرایط به گونه‌ای که وظایف راحت‌تر و با کنترل بیشتر انجام شود را نشان می‌دهد [۷]. در پژوهش حاضر، تمرین‌ها روی سطوح ناپایدار و همراه با حمل تجهیزات پلیس انجام شد. نتایج نشان داد که حتی با حمل تجهیزات نیز می‌توان کنترل وضعیتی را بهبود بخشید. این یافته حائز اهمیت است، زیرا افسران همیشه با تجهیزات سنگین کار می‌کنند و اگر بتوانند کنترل وضعیتی خود را حفظ کنند، بسیار ایده‌آل خواهد بود. *Shimanko* و همکاران در مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۴ نشان داده‌اند که وقتی افراد تجهیزات حمل می‌کنند یا روی سطوح ناپایدار می‌ایستند، تمرینات تعادلی اثربخش‌تر هستند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌راستا است [۳].

اگرچه تمرین روی سطوح ناپایدار باعث افزایش فعالیت عضلانی می‌شود که به تثبیت بدن کمک می‌کند، این کار به‌نوبه خود به بهبود کنترل وضعیتی بدن کمک می‌کند. این عضلات به انتقال نیرو از پاها به بالاتنه کمک کرده و در حین تیراندازی به حفظ تعادل کمک می‌کنند [۷]. *Baptista* و همکاران (۲۰۱۳) که در مطالعه‌ای روی تیراندازان نخبه و نظامی انجام داده‌اند، نشان داده‌اند که نوسانات بدن در حین آماده‌سازی برای شلیک میان این دو گروه متفاوت است. تیراندازان نخبه نوسانات کمتری داشتند [۱۴]. این نتیجه نشان می‌دهد که تمرینات مناسب می‌توانند تفاوت بین عملکرد نخبگان و افراد عادی را کم کند. تمرین روی سطوح ناپایدار یکی از این تمرینات مناسب است.

این پژوهش نشان داد که تمرین روی سطوح ناپایدار تأثیر زیادی روی عملکرد تیراندازی دارد. در واقع، تمرین روی سطوح ناپایدار به بهبود تمامی شاخص‌های تیراندازی کمک می‌کند. این نتیجه با یافته‌های سایر پژوهش‌ها مطابقت دارد. برای مثال، *Shimanko* و همکاران در سال ۲۰۲۴ پژوهشی انجام داده‌اند که نشان می‌دهد بهبود تعادل وضعیتی می‌تواند به افزایش امتیاز تیراندازی و کاهش انحراف در محورهای افقی و عمودی می‌انجامد. بنابراین، می‌توان گفت که بهبود تعادل وضعیتی از طریق تمرین روی سطوح ناپایدار می‌تواند سبب عملکرد بهتر در تیراندازی می‌شود [۳]. *Hong* و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده‌اند که تمرین‌هایی که شامل ارتعاش کل بدن و تمرین روی سطوح ناپایدار هستند، به بهبود کلی عملکرد تیراندازی کمک می‌کنند. این تمرین‌ها باعث بهبود پایداری نشانه‌روی و کاهش زمانی که گلوله روی هدف قرار می‌گیرد می‌شوند [۱۵]. همچنین، *Morais da Silva* و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای بر روی افسران پلیس نشان داده‌اند که متغیرهای آنتروپومتریک، قلبی-عروقی و آمادگی هوازی با عملکرد تیراندازی در حالت استراحت و پس از فعالیت بدنی مرتبط هستند [۱]. نتایج این پژوهش این امر را نشان می‌دهد که تمرین‌های تعادلی به عنوان یک عامل مهم و جداگانه می‌تواند بر دقت تیراندازی تأثیر بگذارد. این تأثیر در تمام شرایط، حتی وقتی که افراد تجهیزات دارند، قابل مشاهده است.

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین تأثیر تمرین بر روی سطوح ناپایدار بر روی پایداری نشانه‌روی بود ($\eta^2$=۰/۴۰). این یافته با نتایج مطالعه *Ball* و همکاران در سال ۲۰۰۷ هم‌خوانی دارد. این مطالعه نشان داد که پایداری نشانه‌روی یکی از مهم‌ترین عواملی است که دقت تیراندازی را تعیین می‌کند [۶]. پایداری نشانه‌روی به توانایی تیرانداز در نگه‌داشتن سلاح روی هدف در فاصله زمانی بین نشانه‌گیری و شلیک اشاره دارد و هرگونه نوسان در این فاز می‌تواند به‌طور مستقیم بر دقت تیراندازی تأثیر بگذارد [۴]. تمرین روی سطوح ناپایدار باعث بهبود کنترل بدن و کاهش نوسانات می‌شود. این کار به تیراندازان کمک می‌کند تا سلاح را به‌طور پایدارتری روی هدف نگه دارند. در نتیجه، استقرار سلاح بر روی هدف بهتر می‌شود. این نتیجه با یافته‌های مطالعه انجام شده توسط *Shimanko* و همکاران در سال ۲۰۲۴ همخوانی دارد. آن‌ها نشان داده‌اند که تمرینات تعادلی باعث افزایش زمانی که تیرانداز سلاح را روی هدف نگه می‌دارد، می‌شود. این زمان از ۲/۲ ثانیه به ۵/۴ ثانیه افزایش پیدا می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که تمرینات تعادلی می‌توانند به‌طور قابل توجهی کیفیت فاز نشانه‌گیری را بهبود بخشند [۳].

همچنین، نتایج پژوهش نشان داد که تمرین روی سطوح ناپایدار باعث کاهش زمان نشانه‌گیری در گروه آزمایش شد ($\eta^2$ = ۰/۳۷). این یافته حائز اهمیت است، چون در شرایط واقعی کار پلیس، فشار زمانی برای شلیک وجود دارد. در مأموریت‌های واقعی، افسران پلیس معمولاً با فشار زمانی سروکار دارند و توانایی شلیک سریع و دقیق می‌تواند مسئله‌ای مهم باشد. کاهش زمان نشانه‌گیری به معنای افزایش کارایی و خودکاری حرکت است که با تمرین و بهبود کنترل وضعیت به دست می‌آید. وقتی کنترل وضعیت بهتر می‌شود، تیرانداز می‌تواند با هزینه زمان کمتر برای تثبیت بدن، سریع‌تر و دقیق‌تر شلیک کند. این یافته با نتایج مطالعه Bermejo و همکاران (۲۰۱۸) که نشان داده‌اند در شرایط پس از خستگی، کنترل تعادل در هر دو حالت تکلیف ساده و تکلیف دوگانه کم می‌شود، در تناقض نیست؛ بلکه نشان می‌دهد که تمرینات تعادلی می‌تواند به عنوان یک سپر در برابر اثرات منفی خستگی عمل کند و کارایی حرکتی را حتی در شرایط فشار افزایش دهد [۱۶].

یافته دیگر پژوهش حاضر، بهبود معنی‌دار دقت و ثبات تیراندازی در گروه آزمایش بود. این یافته با نتایج مطالعه *Simas* و همکاران (۲۰۲۲) که نشان داده‌اند ارتباط بین متغیرهای مرکز فشار و دقت تیراندازی عموماً ضعیف است، تفاوت دارد [۲]. این تفاوت به چند دلیل ایجاد شده است. اولاً، در تحقیق *Simas* و همکاران در سال ۲۰۲۲، ارتباط بین متغیرهای مرکز فشار و دقت تیراندازی به صورت مقطعی و بدون هیچ تمرین خاصی بررسی شده است. اما در پژوهش حاضر، تحت یک دوره تمرین منظم بر عملکرد تیراندازی بررسی شد. ثانیاً، در پژوهش حاضر از یک تکلیف دوگانه استفاده شد. این تکلیف شامل نشانه‌گیری هم‌زمان با حفظ تعادل روی سطح ناپایدار بود. این کار شبیه‌سازی دقیق‌تری از شرایط عملیاتی را ارائه داد. سوم، پژوهش *Simas* و همکاران (۲۰۲۲) روی دانشجویان پلیس در فواصل ۵ و ۷ متر انجام شده است. درحالی‌که پژوهش حاضر در فاصله ۱۰ متر، که فاصله استاندارد برای تپانچه بادی است، انجام شد. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که اثر تمرینات تعادلی روی تیراندازی ممکن است در شرایطی که کنترل بدن به طور مستقیم دچار چالش شود، بیشتر دیده شود.

یکی از یافته‌های پژوهش حاضر این بود که بعد از فقط ۴ هفته تمرین روی سطوح ناپایدار، افراد توانستند پایداری نشانه‌روی و دقت تیراندازی خود را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند. این میزان تغییرات سریع، اگرچه در نگاه اول شگفت‌آور به نظر می‌رسد، اما با توجه به علوم اعصاب و کنترل حرکتی، قابل تبیین است. در ادامه، به تحلیل عمیق‌تر مکانیسم‌های عصبی-عضلانی مؤثر در این تغییرات سریع پرداخته می‌شود. سیستم عصبی مرکزی از قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار است و مطالعات نشان داده‌اند که تغییرات ساختاری و عملکردی در مغز می‌تواند حتی پس از یک جلسه تمرین رخ دهد. تمرین روی سطوح ناپایدار، سیستم‌های حسی-حرکتی از جمله سیستم بینایی، دهلیزی و حس عمقی را به‌طور هم‌زمان به چالش می‌کشد و این امر منجر به تقویت اتصالات سیناپسی در نواحی مرتبط با کنترل حرکتی از جمله قشر حرکتی اولیه (M1)، قشر حسی-حرکتی و مخچه می‌شود. مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که حتی ۴ هفته تمرین تعادلی می‌تواند باعث افزایش حجم ماده خاکستری در نواحی مخچه و عقده‌های قاعده‌ای شود که نقش کلیدی در هماهنگی حرکتی و برنامه‌ریزی حرکات دقیق دارند [۱۳]. این تغییرات ساختاری سریع، مبنای عصبی بهبود چشم‌گیر در شاخص‌های عملکردی را فراهم می‌کنند.

همچنین، طبق نظریه کارایی عصبی، افراد ماهر عملکرد عصبی خوبی دارند. این کارایی با کاهش فعالیت‌های قشری مزاحم و همچنین هماهنگی بهتر بین حس‌ها و حرکات همراه است [۱۷]. با انجام تمرین روی سطوح ناپایدار، می‌توان کارایی عصبی را بهبود بخشید. این کار از طریق چند مکانیسم انجام می‌شود. اولاً، فعالیت امواج آلفا و بتا در مغز افزایش می‌یابد. ثانیاً، فعالیت در نواحی قشر پیشانی کاهش می‌یابد. همچنین، یکپارچگی حسی-حرکتی بهبود می‌یابد. به علاوه، فعالیت عضلات تثبیت‌کننده افزایش می‌یابد. در نهایت، جلسات تمرینی به‌صورت تجمعی اثر می‌گذارند و باعث بهبود کارایی عصبی می‌شوند. با وجود یافته‌های مهم و تبیین مکانیسم‌های عصبی و عضلانی، باید به یکی از محدودیت‌های اصلی این مطالعه اشاره کرد که می‌تواند بر تفسیر نتایج مهم تأثیر بگذارد. همه کسانی که در مرحله پیش‌آزمون شرکت کردند، با صفحه نیرو و سیستم SCATT آشنا شدند و پنج تیر آزمایشی انجام دادند. باید در نظر داشت که تکرار ارزیابی‌ها در مرحله پس‌آزمون می‌تواند به دلیل آشنایی بیشتر با ابزارها و کاهش استرس، به تنهایی باعث بهبود عملکرد شود. این پدیده که به اثر یادگیری یا اثر آزمون معروف است، می‌تواند سهمی در بهبود عملکرد تیراندازی و پایداری نشانه‌روی داشته باشد. با این حال، وجود گروه کنترل که بهبود معنی‌داری نشان نداد، نشان می‌دهد که اثر یادگیری به تنهایی نمی‌تواند توجیه‌کننده تمام تغییرات مشاهده‌شده باشد، اما نمی‌توان نقش آن را نادیده گرفت.

در نهایت، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بهبود کنترل وضعیتی پویا با بهبود عملکرد تیراندازی همراه است. این ارتباط را می‌توان به کمک مدل‌های نظری مانند مدل شناختی-هیجانی-حرکتی توضیح داد. مدل شناختی-هیجانی-حرکتی نشان می‌دهد که عملکرد اوج در تیراندازی به هماهنگی کامل سیستم‌های هیجانی، شناختی، حرکتی و خودکار بستگی دارد. به عبارت دیگر، برای رسیدن به عملکرد اوج در تیراندازی، باید این سیستم‌ها به‌صورت تنظیم‌شده و هماهنگ با یکدیگر کار کنند [۱۹]. کنترل وضعیتی پویا یکی از بخش‌های مهم سیستم حرکتی است. این سیستم با قسمت‌های دیگر بدن در ارتباط است. بهبود این سیستم می‌تواند توانایی کلی فرد در تیراندازی

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

ISSN: 2383-3483; Journal of Police Medicine. 2025;14:e16





را تحت تأثیر قرار دهد. *Hatfield* و *Kerick* در سال ۲۰۱۷ نشان داده‌اند که در ورزش‌های دقتی مثل تیراندازی، افراد ماهر بسیار خوب کار می‌کنند. این به معنای آن است که سیستم عصبی بدن آن‌ها بسیار خوب عمل می‌کند. این افراد می‌توانند به خوبی بین سیستم عصبی و حرکات خود ارتباط برقرار کنند و تداخل‌های ناخواسته را کاهش دهند. به این ترتیب، آن‌ها می‌توانند حرکات خود را با دقت بسیار بالایی انجام دهند. در واقع، افراد ماهر در ورزش‌های دقتی می‌توانند با تمرین و تمرکز، سیستم عصبی خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که بتوانند به بهترین وجهی عمل کنند [۹]. تمرین روی سطوح ناپایدار می‌تواند یکپارچگی حسی-حرکتی را بهبود بخشد و هماهنگی حرکات را دقیق‌تر کند؛ در نتیجه، عملکرد تیراندازی بهبود می‌یابد. *Bertollo* و همکاران در سال ۲۰۱۳ مدلی با چندین بُعد را روی تیراندازان تیم ملی ایتالیا آزمایش کرده‌اند. این مدل چهار نوع رفتار متفاوت را نشان می‌دهد. آن‌ها گزارش کرده‌اند که تمرین‌هایی که به تعادل کمک می‌کنند، می‌توانند به تیرانداز در گذار از الگوهای حرکتی نامناسب به الگوهای کارآمدتر کمک کنند [۱۷].

در نهایت، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بهبود کنترل وضعیتی پویا با بهبود عملکرد تیراندازی همراه است. این ارتباط را می‌توان به کمک مدل‌های نظری مانند مدل شناختی-هیجانی-حرکتی توضیح داد. مدل شناختی-هیجانی-حرکتی نشان می‌دهد که عملکرد اوج در تیراندازی به هماهنگی کامل سیستم‌های هیجانی، شناختی، حرکتی و خودکار بستگی دارد. به عبارت دیگر، برای رسیدن به عملکرد اوج در تیراندازی، باید این سیستم‌ها به‌صورت تنظیم‌شده و هماهنگ با یکدیگر کار کنند [۱۹]. کنترل وضعیتی پویا یکی از بخش‌های مهم سیستم حرکتی است. این سیستم با قسمت‌های دیگر بدن در ارتباط است. بهبود این سیستم می‌تواند توانایی کلی فرد در تیراندازی را تحت تأثیر قرار دهد. *Hatfield* و *Kerick* در سال ۲۰۱۷ نشان داده‌اند که در ورزش‌های دقتی مثل تیراندازی، افراد ماهر بسیار خوب کار می‌کنند. این به معنای آن است که سیستم عصبی بدن آن‌ها بسیار خوب عمل می‌کند. این افراد می‌توانند به خوبی بین سیستم عصبی و حرکات خود ارتباط برقرار کنند و تداخل‌های ناخواسته را کاهش دهند. به این ترتیب، آن‌ها می‌توانند حرکات خود را با دقت بسیار بالایی انجام دهند. در واقع، افراد ماهر در ورزش‌های دقتی می‌توانند با تمرین و تمرکز، سیستم عصبی خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که بتوانند به بهترین وجهی عمل کنند [۹]. تمرین روی سطوح ناپایدار می‌تواند یکپارچگی حسی-حرکتی را بهبود بخشد و هماهنگی حرکات را دقیق‌تر کند؛ در نتیجه، عملکرد تیراندازی بهبود می‌یابد. *Bertollo* و همکاران در سال ۲۰۱۳ مدلی با چندین بُعد را روی تیراندازان تیم ملی ایتالیا آزمایش کرده‌اند. این مدل چهار نوع رفتار متفاوت را نشان می‌دهد. آن‌ها گزارش کرده‌اند که تمرین‌هایی که به تعادل کمک می‌کنند، می‌توانند به تیرانداز در گذار از الگوهای حرکتی نامناسب به الگوهای کارآمدتر کمک کنند [۱۷].

با وجود نقاط قوت، این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بود. عدم امکان کورسازی کامل شرکت‌کنندگان و ارزیابان نسبت به نوع مداخله، احتمال تأثیر اثر انتظار را مطرح می‌کند. همچنین، حجم نمونه پس از ریزش به ۳۲ نفر در هر گروه کاهش یافت که تعمیم‌پذیری با احتیاط انجام می‌پذیرد. علاوه بر این، عدم اندازه‌گیری فعالیت مغزی (مانند EEG) و عدم بررسی اثرات بلندمدت تمرینات، امکان تبیین مکانیسم‌های عصبی-شناختی و ماندگاری اثرات را فراهم نکرد. کنترل کامل متغیرهای روانی مانند انگیزش و اضطراب نیز امکان‌پذیر نبود. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با به‌کارگیری طراحی دوسوکور، استفاده از ابزارهای عصب‌شناختی مانند EEG برای بررسی مکانیسم‌های عصبی، طراحی مطالعات طولی با دوره‌های پیگیری، افزایش حجم نمونه و تنوع جنسیتی، و شبیه‌سازی دقیق‌تر شرایط عملیاتی پلیس (مانند حمل تجهیزات و فشار زمانی) به بررسی عمیق‌تر این رابطه بپردازند.

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با استفاده از ابزارهای پیشرفته اندازه‌گیری (صفحه نیرو و سیستم تشخیصی SCATT) و با طراحی نیمه‌تجربی، نشان می‌دهد که یک دوره تمرین ۴ هفته‌ای روی سطوح ناپایدار، تأثیر معنی‌داری بر بهبود کنترل وضعیتی پویا و عملکرد تیراندازی در دانشجویان دانشگاه علوم انتظامی امین دارد. این پژوهش نشان می‌دهد که کنترل وضعیتی برای آموزش و آماده سازی پلیس حائز اهمیت است. همچنین، یافته‌ها حاکی از آن است که تمرین روی سطوح ناپایدار می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر در برنامه‌های ورزشی و آموزش تیراندازی پلیس به کار رود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر تمرین روی سطوح ناپایدار بر کاهش نوسانات قدامی-خلفی و افزایش پایداری نشانه‌روی است که هر دو از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده دقت تیراندازی محسوب می‌شوند. بنابراین، تمرین‌های تعادلی باید به‌طور خاص بر کاهش نوسانات در محور قدامی-خلفی متمرکز شوند تا بتوانند بیشترین تأثیر را بر بهبود عملکرد تیراندازی داشته باشند. در نهایت، با توجه به اهمیت تیراندازی در مأموریت‌های پلیس و نقش حیاتی آن در حفظ امنیت عمومی، توجه به برنامه‌های تمرینی مبتنی بر شواهد علمی برای بهبود عملکرد تیراندازی، باید در اولویت‌های اساسی نظام آموزش پلیس قرار گیرد. یافته‌های این پژوهش چگونگی اثر تمرین روی سطوح ناپایدار بر کنترل وضعیتی و عملکرد تیراندازی را روشن می‌سازد و می‌تواند مبنایی برای پژوهش‌های آینده باشد.

**کاربردهای بالینی در طب نظامی و انتظامی:**

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که گنجاندن تمرینات تعادلی روی سطوح ناپایدار در برنامه‌های آمادگی جسمانی و آموزشی نیروهای پلیس و نظامی می‌تواند به طور مؤثری کنترل وضعیتی پویا و در نتیجه عملکرد تیراندازی را در شرایط عملیاتی بهبود بخشد. از منظر طب نظامی و توان‌بخشی، این تمرینات به عنوان یک مداخله کم‌هزینه و غیرتهاجمی می‌توانند در برنامه‌های پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی، بازتوانی پس از آسیب‌های اندام تحتانی و بهبود تعادل در پرسنل نظامی و انتظامی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین، با توجه به اینکه پلیس و نیروهای نظامی اغلب در حین حمل تجهیزات سنگین (مانند جلیقه ضدگلوله و کمربند تجهیزات) و در شرایط محیطی ناپایدار عملیات می‌کنند، تمرینات شبیه‌سازی‌شده روی سطوح ناپایدار همراه با حمل بار می‌تواند به افزایش ثبات وضعیتی، کاهش نوسانات بدن و در نهایت ارتقای دقت و سرعت تیراندازی در موقعیت‌های واقعی کمک کند. این یافته‌ها می‌توانند مبنای طراحی پروتکل‌های آموزشی مبتنی بر شواهد برای نیروهای خط مقدم، تیم‌های واکنش سریع و یگان‌های ویژه باشند و به کاهش خطاهای حرکتی و افزایش ایمنی فردی و عمومی در مأموریت‌های حساس منجر شوند.

**تشکر و قدردانی:** از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

همکاری داشته‌اند، به خصوص مسئولین دانشکده توانبخشی تهران (دستگاه صفحه نیرو از این دانشکده امانت گرفته شد) و دانشجویان شرکت‌کننده، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

**سهم نویسندگان:** مهدی محمدی و احمد امرائی، ارائه ایده و طراحی مطالعه، حمداله هادی، جمع آوری داده ها و تجزیه و تحلیل داده ها. همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله و بازنگری آن سهیم بوده و مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج را می‌پذیرند.

**بیانیه استفاده از هوش مصنوعی:** در جریان آماده‌سازی این مقاله، نویسندگان از ابزار «دیپ‌سیک» به منظور ارتقاء قابلیت خوانایی و کیفیت نگارش متن بهره گرفتند. پس از استفاده از این سرویس، نویسندگان محتوای نهایی را بازبینی و اصلاح نموده و مسئولیت کامل مطالب منتشرشده را می‌پذیرند.

**تعارض منافع:** بدین‌وسیله نویسندگان مقاله تصریح می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در قبال مطالعه حاضر وجو ندارد.

**حمایت مالی:** پژوهش حاضر هیچگونه حمایت مالی نداشته است.

## REFERENCES


1. Morais da Silva, Duarte de Lima J, Faro H, Nascimento J, Gomes da Silva D. Variables associated with shooting performance at rest and after physical effort on police officers. Revista Andaluza de Medicina del Deporte2025;18(1): 15-22. https://doi.org/10.33155/ramd.v17i4.1175
2. Campião A, Aleixo P, Massuça AO, Abrantes JMSC, Massuça LM. Associations of BIA-Estimated Body Composition, Handgrip Strength, and Event-Defined Postural Control with Short-Range Police Precision-Shooting Accuracy: A Cross-Sectional Study. J Funct Morphol Kinesiol. 2026;11(3):272. 2. https://doi.org10.3390/jfmk11030272.
3. Kounalakis S, Karagiannis A, Kostoulas I. Balance training and shooting performance: The role of load and the unstable surface. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2024;9(1): 17. https://doi.org/10.3390/jfmk9010017
4. Negahban H, Aryan N, Mazaheri M, Norasteh AA, Sanjari MA. Effect of expertise in shooting and Taekwondo on bipedal and unipedal postural control isolated or concurrent with a reaction-time task. Gait Posture. 2013 Jun;38(2):226-30. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.11.016
5. Laaksonen MS, Finkenzeller T, Holmberg HC, Sattlecker G. The influence of physiobiomechanical parameters, technical aspects of shooting, and psychophysiological factors on biathlon performance: A review. J Sport Health Sci. 2018 Oct;7(4):394-404. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.09.003
6. [6]. Ball, K, Best T, Woods S. Novice shooting performance: Relationship with posturalbalance and weapon stability. Journal of Sports Sciences. 2007;25(8): 925-935. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00549.x
7. Kim W, Park J, Lee S. The effect of load carriage and aiming posture on shooting performance and postural sway in military personnel. Journal of Military Science. 2025; 42(1): 56-68. https://doi.org/10.1177/00187208241276267
8. Perrot C, Mur J, Mainard D, Barrault D, Boisson D. The interrelation of mechanisms regulating postural stability and voluntary precise movement in athletes. Fiziolohichnyi Zhurnal.1995;41(3-4):49-54.
9. Hatfield B, Kerick S. The neurobiology of performance: A model of the distress circuit. In Performance Psychophysiology. 2007; 32(3):45-68.
10. Goedert A, Silva M, Santos R. Effect of Pilates training on shooting performance in Brazilian police personnel. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2015; 55(6): 642-649.
11. Cohen B, Merullo D, Smith C, Cooper A, Smith T. Effects of sleep restriction on soldiers' psychological flow state and marksmanship performance. Journal of Sport Behavior. 2022; 45(2): 112-128.
12. Anzpaa D. E-Scan 38: Monitoring police health and wellbeing in real-time. Australia New Zealand Policing Advisory Agency. Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2024; 82: 28-34.13. Cheng M, Wang K, Hung M, Lu C, Oh H, Ta Y, Hatfield B. Neurocognitive and autonomic signatures of performance under motivational stress: An integrated psychophysiological analysis of reward and punishment in shooting performance. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2026; 36(2): 70227. https://doi.org/10.1111/sms.70227
13. 14. Baptista V, Lara S, Barrios M. Postural sway in elite shooters and military shooters during the preparation period for firing. Journal of Research in Sports Sciences. 2013; 31(2): 145-152.
14. 15. Gilleland D. Impact of tactical breathing on marksmanship and cognitive function after anaerobic fatigue in law enforcement personnel (Master's thesis, Georgia Southern University). 2026.
15. 16. Bermejo L, García-Massó X, Paillard T, Noé F. Fatigue does not conjointly alter postural and cognitive performance when standing in a shooting position under dual-task conditions. Journal of Sports Sciences. 2018; 36(4): 429-435. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1313443
16. 17. Bertollo M, Bortoli L, Gramaccioni G, Hanin Y, Comani S, Robazza C. Behavioural and psychophysiological correlates of athletic performance: A test of the multi-action plan model. Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2013; 38(2): 91-99. https://doi.org/10.1007/s10484-013-9211-z
17. 18. Fathirezaie Z, Basel R, Aghdasi T. The effect of mental fatigue on performance accuracy and alpha wave activity with EEG in air pistol athletes. Journal of Sports and Motor Development and Learning. 2024; 15(4): 87-104. https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.383686.1802


[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]

18. 19. Ma D, Correll J, Wittenbrink B, Bar-Anan Y, Sriram N, Nosek B. When fatigue turns deadly: The effects of cognitive depletion and sleep deprivation on the decision to shoot. Journal of Experimental Social Psychology. 2012; 48(5): 1234-1240. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2112514

[ Downloaded from jpmed.ir on 2026-11-12 ]