



Research Paper

Effects of an Eight-Week Core Stability Training Program on Functional Movement Quality, Balance, Explosive Power, and Punch Impact Force in Amateur Boxers

Pouriya hajikhani¹ , Rasoul Bayati^{*1} , Mohammad Mashhadi²

1. Department of Physical Education, University of Tolo-e-Mehr, Qom, Iran.

2. Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Scan to read online



Citation: hajikhani P, Bayati R, Mashhadi M. Effects of an Eight-Week Core Stability Training Program on Functional Movement Quality, Balance, Explosive Power, and Punch Impact Force in Amateur Boxers. Journal of Sport Biomechanics. 2027;12(4):772-790. <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.4.772>



Article Info:

Received: 16 August 2026

Accepted: 20 September 2026

Published: 19 October 2026

Keywords:

Core stability training, Functional Movement Screen. Balance, Explosive power, Punch impact force, Amateur boxing

ABSTRACT

Objective This study investigated the effects of eight weeks of core stability training on Functional Movement Screen (FMS) scores, balance, lower-limb explosive power, and punch impact force in amateur boxers.

Methods In this quasi-experimental study, 24 amateur boxers with FMS scores ≤ 14 were randomly assigned to experimental ($n = 12$) and control ($n = 12$) groups. The experimental group completed eight weeks of core stability training (three sessions per week) alongside regular boxing training. FMS scores, static and dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force were assessed before and after the intervention. Data were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA.

Results Significant group $\times$ time interactions were observed for the total FMS score and all seven items, static and upper- and lower-quarter dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force ($P = 0.001$). All variables improved significantly in the experimental group ($P < 0.001$), whereas no significant changes occurred in the control group ($P > 0.05$). Large effect sizes were observed across all variables ($\eta^2 = 0.74-0.79$).

Conclusion Eight weeks of core stability training significantly improved functional movement quality, static and dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force in amateur boxers. These findings support incorporating core stability training as a complementary component of boxing training programs. However, further research is needed to determine its effects on competitive performance and injury risk.

* Corresponding Author:

Rasoul Bayati

Bayatirasoul@gmail.com

This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, adaptation, and reproduction in any medium or format, provided the original author(s) and the source are credited.

© 2027 The Author(s). Journal of Sport Biomechanics published by Islamic Azad University, Hamedan Branch.

Extended Abstract

Introduction

Boxing is recognized as a high-intensity Olympic sport that requires a combination of speed, power, muscular strength, balance, and neuromuscular coordination (1). In this discipline, successful competitive performance depends not only on technical and tactical skills but also on the ability to generate and effectively transfer force from the lower to the upper extremities (2). This kinetic chain, which originates from the ground and passes through the ankle, knee, hip, spine, and shoulder girdle before terminating at the fist, requires biomechanical integrity and precise neuromuscular control (3).

Given the unilateral and striking nature of boxing, boxers are frequently exposed to single-leg, rotational, and unstable positions, further emphasizing the importance of balance and postural control (7). Boxers spend approximately 60–70% of combat time in a single-leg stance, and any deficit in static or dynamic balance may lead to reduced quality of defensive and offensive actions, increased postural sway, and a higher incidence of injuries such as ankle sprains, knee injuries, and low back pain (8). Furthermore, the Functional Movement Screen (FMS) is a practical tool for identifying fundamental movement patterns, asymmetries, and core stability deficiencies. A low FMS score (particularly ≤ 14) has been associated with an increased risk of injury in athletes (9).

Accordingly, the present study was designed to investigate the effects of an eight-week core stability training program on selected neuromuscular performance indicators and kinetic parameters in amateur boxers. The dependent variables included the total FMS score and its subcomponents as measures of fundamental movement quality; static balance (Stork Balance Test) and dynamic balance (Y-Balance Test in three directions for both the upper and lower extremities) as indicators of postural control and proprioception; vertical jump height as an indicator of lower-limb kinetic chain force-generating capacity; and punch impact force (including peak and mean force indices) as the final biomechanical output of the kinetic chain in boxing.

Methods

This quasi-experimental study employed a pretest–posttest design with a control group. The study population consisted of adult amateur boxers from Qom, Iran, with at least one year of continuous training experience. Twenty-four amateur boxers with Functional Movement Screen (FMS) scores of 14 or less were selected through convenience sampling and randomly assigned to experimental ($n = 12$) and control ($n = 12$) groups. All participants were healthy and free from acute or chronic musculoskeletal injuries (13). The inclusion criteria were age 18–35 years, at least one year of regular amateur boxing training, an FMS score ≤ 14 , good physical health, and no musculoskeletal injuries in the preceding six months. The exclusion criteria were absence from more than two training sessions, voluntary withdrawal, injury or illness during the intervention, or participation in additional training outside the study protocol. All participants provided written informed consent. Anthropometric measurements included height and body mass. FMS assessment followed the standard protocol described by Cook (15). Dynamic balance was assessed using the Y-Balance Test for both the upper and lower extremities (16, 17), while static balance was evaluated using the Stork Balance Test (18). Lower-limb explosive power was assessed using the vertical jump test (19), and punch impact force was measured using a specialized device equipped with pressure sensors and accelerometers (20).

The experimental group performed an eight-week core stability training program (three sessions per week, 30–40 minutes per session) based on Brown et al. (2021) (11), in addition to their regular boxing training. The program consisted of two levels (Level 1: weeks 1–4; Level 2: weeks 5–8), with progressive intensity and resistance. The control group continued their regular boxing training without additional core stability exercises. Data were analyzed using SPSS version 26. Normality was assessed using the Shapiro–Wilk test, and homogeneity of variances was assessed using Levene's

test. A two-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was used to examine the main effects of time and group, as well as the group $\times$ time interaction. Effect sizes were calculated using partial eta squared (η^2). Statistical significance was set at $P < 0.05$.

Results

The results of the two-way repeated-measures ANOVA indicated no significant differences between the experimental and control groups in any of the study variables at pretest ($P > 0.05$), suggesting that the groups were comparable at baseline. However, significant group $\times$ time interaction effects were observed for all study variables, including the total Functional Movement Screen (FMS) score, static balance, lower- and upper-extremity dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force ($P = 0.001$). These findings indicate that the experimental group showed significantly greater improvements than the control group across all study variables. Furthermore, post hoc analyses revealed significant improvements from pretest to posttest in all variables within the experimental group ($P < 0.001$), whereas no significant changes were observed in the control group ($P > 0.05$) (Table 1).

Discussion

The present study investigated the effects of eight weeks of core stability training on FMS scores, static and dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force in amateur boxers. The findings revealed that the training intervention had significant positive effects on all dependent variables, with large effect sizes indicating substantial effects of the intervention. These findings are consistent with those of previous studies on core stability training and can be interpreted in light of biomechanical and physiological principles.

The results demonstrated that eight weeks of core stability training significantly improved fundamental movement quality (as measured by FMS scores), static and dynamic balance of the upper and lower extremities, lower-limb explosive power (vertical jump), and punch impact force in amateur boxers. The increase in FMS scores from below the commonly cited injury-risk threshold (≤ 14) to above this threshold suggests a potential reduction in injury-related risk factors. However, because injury incidence was not directly measured, it cannot be concluded that the intervention reduced injury risk. Future research involving direct monitoring of injury rates is needed to confirm

Table 1. Changes in dependent variables across testing phases (mean $\pm$ SD)

Variables	Group	Pretest	Posttest	Effect size (η^2)	F	df	Group effect	Time effect	Group $\times$ Time
Total FMS score	Exp.	11.45 $\pm$ 2.86	18.85 $\pm$ 2.39*	0.74	36.5	22	0.001	0.001	0.001
	Cont.	11.86 $\pm$ 2.38	10.95 $\pm$ 2.46	-		22	-	-	-
Static balance (s)	Exp.	12.41 $\pm$ 5.69	11.86 $\pm$ 5.39*	0.79	6.46	22	0.001	0.001	0.001
	Cont.	11.86 $\pm$ 5.39	12.29 $\pm$ 4.96	-		22	-	-	-
Lower quarter dynamic balance (%)	Exp.	61.53 $\pm$ 8.12	83.68 $\pm$ 9.17*	0.76	5.69	22	0.001	0.001	0.001
	Cont.	60.113 $\pm$ 9.18	60.95 $\pm$ 8.10	-		22	-	-	-
Upper quarter dynamic balance (%)	Exp.	48.49 $\pm$ 11.8	59.19 $\pm$ 9.3*	0.79	6.45	22	0.001	0.001	0.001
	Cont.	49.19 $\pm$ 10.9	50.19 $\pm$ 8.58	-		22	-	-	-
Vertical jump (cm)	Exp.	19.96 $\pm$ 2.86	26.86 $\pm$ 1.49*	0.74	5.35	22	0.001	0.001	0.001
	Cont.	18.36 $\pm$ 3.49	19.48 $\pm$ 3.42	-		22	-	-	-
Punch impact force (N)	Exp.	54.46 $\pm$ 8.86	69.11 $\pm$ 7.86*	0.77	5.86	22	0.001	0.001	0.001
	Cont.	53.76 $\pm$ 9.37	49.11 $\pm$ 6.89	-		22	-	-	-

Note. Values are presented as mean $\pm$ standard deviation (SD). FMS, Functional Movement Screen; Exp., experimental group; Cont., control group; F, F-statistic; df, degrees of freedom; η^2 , eta squared. Group, time, and group $\times$ time effects were assessed using two-way repeated-measures ANOVA. *Indicates a significant difference from pretest ($P < 0.05$).

this relationship. The observed improvements in static and dynamic balance may be particularly relevant for boxers, who spend approximately 60–70% of match time in single-leg stances (21). These improvements may contribute to better postural control and a reduced risk of lower-limb injuries, although this hypothesis requires direct investigation (22).

Overall, the results indicate that core stability training is an effective intervention for improving functional movement patterns, static and dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force in amateur boxers. Given the risk of musculoskeletal injuries associated with the unilateral and striking nature of boxing, improvements in these variables through core stability training may contribute to reducing injury-related risk factors and enhancing athletic performance (23, 24). The large effect sizes observed across all variables suggest that the intervention may have practical relevance for coaches and sports specialists. Therefore, incorporating core stability training into amateur boxers' training programs, particularly during the preseason, and using the Functional Movement Screen (FMS) in preseason assessments to identify individuals with movement limitations and guide corrective exercise programs are recommended as potential practical applications of the findings (25).

The present study had several limitations that should be considered when interpreting the results. These include the relatively small sample size, the absence of a follow-up period to assess the sustainability of training effects, the inclusion of only male boxers, and the lack of precise control over individual factors such as sleep patterns, nutrition, and participants' psychological states, all of which may limit the generalizability of the findings. Accordingly, future research should include larger samples and female boxers, employ longitudinal designs with long-term follow-up periods, use more precise assessment tools such as electromyography and isokinetic testing to investigate neuromuscular mechanisms, and examine the combined effects of core stability training and other training methods on boxing performance.

The concurrent improvements in vertical jump height and punch impact force suggest that core stability training may enhance force production and transmission along the kinetic chain. However, because kinetic chain mechanics, trunk rotation, and neuromuscular coordination were not directly measured, the proposed mechanisms, including improved force transfer and trunk control, remain speculative and should be interpreted with caution. Future studies employing direct biomechanical measurements (e.g., electromyography, kinematic analysis, or force plate data) are needed to clarify the underlying mechanisms (26). Overall, core stability training appears to be an effective, low-cost intervention for improving multiple performance-related and injury-risk-related variables in amateur boxers. Based on the observed improvements in FMS scores, balance, explosive power, and punch impact force, incorporating these exercises into regular training programs, particularly during the preseason, may be beneficial for coaches and sports specialists seeking to enhance performance-related characteristics and address potential injury risk factors. However, the effectiveness of this intervention in reducing injury incidence or improving competitive performance requires confirmation through future longitudinal studies with direct outcome measures.

Conclusion

Eight weeks of core stability training significantly improved functional movement patterns, static and dynamic balance, lower-limb explosive power, and punch impact force in amateur boxers. Given that boxers spend a considerable portion of their fighting time in a single-leg stance and that punch force generation depends on the kinetic chain, improvements in these variables may contribute to enhanced athletic performance, better technical execution, and a reduced risk of injury. However, further research involving direct assessments of boxers' performance under actual fighting conditions is needed to draw definitive conclusions about the effects of these exercises on competitive performance. Based on the present findings, incorporating core stability training into amateur boxers' training programs is recommended as an effective complementary strategy.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

According to the regulations of the university where the research was conducted and the guidelines for reviewing research proposals in sports sciences, this non-invasive, minimal-risk study did not require a specific ethics approval code from the university's ethics committee and was authorized through approval by the relevant Vice-Chancellery for Research. Nevertheless, the researchers adhered to the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki (2013 revision). Before any assessments or interventions were conducted, all participants received verbal and written explanations of the study objectives, testing procedures, and expected duration of participation. Written informed consent was obtained from all participants. Participants were also informed that their participation was entirely voluntary and that they could withdraw from the study at any time without penalty or adverse consequences. The confidentiality of participants' personal information and research data was maintained throughout data collection, analysis, and reporting. In addition, all assessments and interventions were conducted under appropriate supervision to minimize the risk of physical or psychological harm.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

Rasoul Bayati: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Supervision, Writing – original draft, Writing – review & editing.

Mohammad Mashhadi: Conceptualization, Methodology, Writing – original draft, Writing – review & editing.

Pouriya hajikhani: Investigation, Project administration, Writing – review & editing.

All authors read and approved the final version of the manuscript.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر کیفیت حرکات عملکردی، تعادل، توان انفجاری و نیروی ضربه مشت در بوکسورهای آماتور

پوریا حاجی خانی^۱، رسول بیاتی^{۱*}، محمد مشهدی^۲

۱. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه طلوع مهر، قم، ایران.

۲. گروه آسیب شناسی ورزشی و تمرینات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.



Citation: hajikhani P, Bayati R, Mashhadi M. Effects of an Eight-Week Core Stability Training Program on Functional Movement Quality, Balance, Explosive Power, and Punch Impact Force in Amateur Boxers. Journal of Sport Biomechanics. 2027;12(4):772-790. <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.4.772>

چکیده

هدف: بوکس یکی از رشته‌های المپیک با شدت بالا است که به ترکیبی از سرعت، قدرت، توان عضلانی و تعادل نیاز دارد؛ بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی، تعادل، توان انفجاری عمودی اندام تحتانی و نیروی ضربه مشت در بوکسورهای آماتور بود.

روش‌ها: در این پژوهش نیمه تجربی، ۲۴ بوکسور آماتور با نمره FMS کمتر یا مساوی ۱۴ به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته)، علاوه بر تمرینات معمول بوکس، تمرینات ثبات مرکزی را انجام داد. نمرات FMS، تعادل ایستا و پویا، توان انفجاری اندام تحتانی و نیروی برخورد مشت پیش و پس از مداخله ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر تعاملی گروه × زمان بر نمره کل FMS و هر هفت مؤلفه آن، تعادل ایستا و پویا، توان انفجاری اندام تحتانی و نیروی برخورد مشت معنی‌دار بود ($P = 0.001$). تمامی متغیرها در گروه تجربی بهبود معنی‌داری داشتند ($P < 0.001$)، درحالی‌که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). اندازه اثر بزرگ متغیرها (دامنه ۰/۷۴ تا ۰/۷۹ η^2) نیز نشان‌دهنده بزرگی اثر مداخله بود.

نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی موجب بهبود معنی‌دار کیفیت الگوهای حرکتی عملکردی، تعادل ایستا و پویا، توان انفجاری اندام تحتانی و نیروی برخورد مشت در بوکسورهای آماتور شد. این یافته‌ها از گنجانیدن تمرینات ثبات مرکزی به عنوان بخشی مکمل در برنامه‌های تمرینی بوکس حمایت می‌کنند. با این حال، برای تعیین تأثیر این تمرینات بر عملکرد رقابتی و خطر آسیب‌دیدگی، انجام پژوهش‌های بیشتر ضروری است.

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۲۵ مرداد ۱۴۰۵

پذیرش: ۲۹ شهریور ۱۴۰۵

انتشار: ۲۷ مهر ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

تمرینات ثبات مرکزی، آزمون غربالگری حرکت عملکردی، تعادل، توان انفجاری، نیروی ضربه مشت، بوکس آماتور

* نویسنده مسئول:

رسول بیاتی

Bayatirasoul@gmail.com

This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, adaptation, and reproduction in any medium or format, provided the original author(s) and the source are credited.

© 2027 The Author(s). Journal of Sport Biomechanics published by Islamic Azad University, Hamedan Branch.

مقدمه

ورزش بوکس یکی از رشته‌های المپیک با شدت بالا محسوب می‌شود که به ترکیبی از سرعت، قدرت، توان عضلانی، تعادل و هماهنگی عصبی-عضلانی نیاز دارد (۱). در این رشته، عملکرد موفقیت‌آمیز در مسابقه نه تنها به مهارت‌های فنی و تاکتیکی، بلکه به توانایی تولید و انتقال مؤثر نیرو از اندام‌های تحتانی به اندام‌های فوقانی وابسته است (۲). این زنجیره حرکتی که از زمین شروع شده و از طریق مفاصل مچ پا، زانو، لگن، ستون فقرات و کمر بند شانه‌ای به مشت ختم می‌شود، نیازمند یکپارچگی بیومکانیکی و کنترل عصبی-عضلانی دقیق است (۳).

در این میان، عضلات مرکزی بدن به‌عنوان «پل ارتباطی» بین اندام‌های فوقانی و تحتانی، نقش حیاتی در ایجاد ثبات ستون فقرات و لگن، انتقال نیرو، کنترل چرخشی تنه و پیش‌گیری از حرکات جبرانی مضر ایفا می‌کنند (۴). عضلات مرکزی شامل مجموعه‌ای از عضلات عمقی (مانند عرضی شکم، مولتی‌فیدوس و کف لگن) و سطحی (مانند راست شکمی، مایل‌ها و راست‌کننده ستون فقرات) هستند که هم‌زمان با انقباض ایزومتریک و دینامیک، پایه‌ای محکم برای حرکات اندام‌ها فراهم می‌آورند (۵). ضعف در این ناحیه می‌تواند منجر به کاهش کارایی انتقال نیرو، افزایش بارهای جبرانی بر مفاصل محیطی و در نهایت، افزایش خطر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در بوکسورها شود (۶). با توجه به ماهیت یک‌طرفه و ضربه‌ای بوکس، بوکسورها به‌طور مداوم در وضعیت‌های تک‌پا، چرخشی و ناپایدار قرار می‌گیرند که این امر اهمیت تعادل و کنترل پاسچرال را دوچندان می‌سازد (۷). بوکسورها تقریباً ۶۰ تا ۷۰ درصد از زمان مبارزه را در وضعیت تک‌پا سپری می‌کنند و هرگونه نقص در تعادل پویا یا ایستا می‌تواند به کاهش کیفیت دفاع و حمله، افزایش نوسانات قامتی و بروز آسیب‌هایی مانند پیچ‌خوردگی مچ پا، آسیب‌های زانو و کمردرد منجر شود (۸). از سوی دیگر، آزمون غربالگری حرکت عملکردی (FMS) به‌عنوان یک ابزار معتبر و کاربردی، الگوهای حرکتی پایه، عدم تقارن‌ها و ضعف‌های ثبات مرکزی را شناسایی کرده و نمره پایین در آن (به‌ویژه نمره ≥ 14) با افزایش احتمال خطر آسیب در ورزشکاران ارتباط مستقیم دارد (۹).

با وجود تأثیرات مثبت تمرینات ثبات مرکزی بر ریسک فاکتورهای آسیب در رشته‌های مختلف ورزشی (۱۰-۱۲) تاکنون مطالعه‌ای که به‌طور هم‌زمان تأثیر این تمرینات را بر مجموعه‌ای از متغیرهای بیومکانیکی کلیدی شامل الگوهای حرکتی عملکردی، تعادل ایستا و پویا آزمون لک‌لک و آزمون Y، توان انفجاری اندام تحتانی (پرش عمودی) و نیروی ضربه مشت در بوکسورهای آماتور بررسی کرده باشد، یافت نشد. توجه به توان انفجاری اندام تحتانی به‌عنوان حلقه آغازین زنجیره حرکتی و نیروی ضربه مشت به‌عنوان خروجی نهایی این زنجیره، می‌تواند تصویر کامل‌تری از تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر عملکرد بیومکانیکی بوکسورها ارائه دهد (۱۰). بهبود توان پا نشان‌دهنده افزایش ظرفیت تولید نیرو در مرحله اولیه زنجیره و افزایش نیروی مشت نشان‌دهنده موفقیت در انتقال این نیرو از طریق تنه به اندام فوقانی است (۱۱)؛ بنابراین، ارزیابی هم‌زمان این متغیرها می‌تواند شواهد محکمی برای اثربخشی تمرینات ثبات مرکزی در بهبود عملکرد کلی در بوکسورها فراهم آورد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر یک دوره هشت‌هفته‌ای تمرینات ثبات مرکزی بر شاخص‌های منتخب عملکرد عصبی-عضلانی و متغیرهای بیومکانیکی در بوکسورهای آماتور طراحی و اجرا گردید. متغیرهای وابسته در این پژوهش شامل نمره کل و مؤلفه‌های آزمون غربالگری حرکت عملکردی (FMS) به‌عنوان شاخص کیفیت حرکات بنیادین، تعادل ایستا (آزمون لک‌لک) و تعادل پویا (در سه جهت آزمون Y برای اندام‌های فوقانی و تحتانی) به‌عنوان شاخص‌های کنترل پاسچرال و حس عمقی، توان انفجاری عمودی اندام تحتانی (ارتفاع پرش عمودی) به‌عنوان

نماینده‌ی ظرفیت تولید نیروی زنجیره‌ی حرکتی تحتانی و نیروی ضربه مشت (شامل شاخص‌های نیروی بیشینه و میانگین) به‌عنوان خروجی نهایی عملکرد بیومکانیکی زنجیره‌ی حرکتی در بوکس بودند.

روش‌ها

آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود. جامعه‌ی آماری پژوهش را بوکسورهای آماتور بزرگسال شهر قم تشکیل می‌دادند که حداقل یک سال سابقه‌ی تمرین مداوم در رشته‌ی بوکس را داشتند. از میان این جامعه، ۲۴ بوکسور آماتور بزرگسال که دارای شرایط ورود به پژوهش (کسب نمره‌ی ۱۴ و کمتر در آزمون غربالگری حرکت عملکردی) بودند، به‌روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. سپس آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل (هر گروه ۱۲ نفر) تقسیم شدند. کلیه‌ی آزمودنی‌ها در آغاز پژوهش سالم و فاقد هرگونه مصدومیت حاد یا مزمن در سیستم اسکلتی-عضلانی بوده و سابقه‌ی حداقل یک سال فعالیت مستمر در رشته‌ی بوکس را داشتند.

حجم نمونه: حجم نمونه‌ی موردنیاز برای این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳٫۱) و با آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر دو عاملی (تعامل درون‌گروهی-بین‌گروهی) محاسبه گردید. پارامترهای ورودی شامل اندازه‌ی اثر متوسط ($f=0.25$)، سطح خطای نوع اول ($\alpha=0.05$)، توان آماری ($\beta=0.8$)، تعداد ۲ گروه (تجربی و کنترل)، تعداد ۲ اندازه‌گیری (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و همبستگی ۰/۵ بین اندازه‌گیری‌های مکرر در نظر گرفته شد. بر اساس این محاسبات، حجم نمونه‌ی کل موردنیاز ۲۰ نفر (۱۰ نفر در هر گروه) برآورد گردید. با در نظر گرفتن احتمال ریزش نمونه، تعداد ۲۴ نفر (۱۲ نفر در هر گروه) به‌عنوان حجم نمونه‌ی نهایی در نظر گرفته شد. حجم نمونه بر اساس متغیر غربالگری عملکرد حرکتی و با توجه به مطالعه مشابه قبلی (۱۳) در راستای مطالعه حاضر صورت گرفت. آزمودنی‌ها در این پژوهش بر اساس مجموعه‌ای از معیارهای مشخص ورود و خروج انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل دارا بودن سن بین ۱۸ تا ۳۵ سال، داشتن حداقل یک سال سابقه‌ی تمرین مستمر و منظم در رشته‌ی بوکس آماتور، کسب نمره‌ی ۱۴ یا کمتر در آزمون غربالگری حرکت عملکردی و برخورداری از سلامت کامل جسمانی و عدم وجود هرگونه مصدومیت حاد یا مزمن در سیستم اسکلتی-عضلانی در شش ماه پیش از آغاز پژوهش بود. همچنین آزمودنی‌ها باید توانایی اجرای صحیح حرکات پایه را داشته و آمادگی لازم برای شرکت در جلسات تمرینی و آزمون‌های پژوهش را اعلام می‌کردند. کلیه‌ی آزمودنی‌ها می‌بایست فرم رضایت‌نامه‌ی آگاهانه را امضا می‌کردند. معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل غیبت بیش از دو جلسه از جلسات تمرینی، عدم همکاری یا انصراف داوطلبانه در هر مرحله از پژوهش، بروز هرگونه آسیب ورزشی یا بیماری حاد در طول دوره‌ی مداخله که مانع از ادامه‌ی تمرینات شود و انجام هرگونه برنامه‌ی تمرینی مکمل خارج از پروتکل پژوهش بود. همچنین در صورتی که آزمودنی در طول دوره‌ی پژوهش دچار افت عملکرد یا مشکلات جسمانی می‌شد که به تشخیص پزشک یا پژوهشگر، ادامه‌ی همکاری برای او مضر تشخیص داده می‌شد، از مطالعه خارج می‌گردید. با توجه به دستورالعمل‌های اجرایی دانشگاه محل انجام پژوهش و بر اساس آیین‌نامه‌ی بررسی طرح‌های پژوهشی در حوزه‌ی علوم ورزشی، انجام این مطالعه‌ی غیرتهاجمی با حداقل ریسک، نیازمند اخذ کد اخلاق خاص از کمیته‌ی اخلاق دانشگاه نبوده و صرفاً با اخذ مجوز از معاونت پژوهشی مربوطه مجاز شناخته شد. با این وجود، پژوهشگران متعهد به رعایت کامل تمامی اصول مندرج در بیانیه‌ی هلسینکی (ویرایش ۲۰۱۳) بوده‌اند. تمامی آزمودنی‌ها پیش از شرکت در پژوهش، فرم رضایت‌نامه‌ی آگاهانه را امضا کردند و از آزادی خود برای انصراف از

پژوهش در هر مرحله مطلع شدند. اطلاعات شخصی آزمودنی‌ها محرمانه نگهداری شد و داده‌ها تنها به صورت گروهی و با کدهای شناسایی بدون نام گزارش گردید.

پروتکل تمرینی

برنامه‌ی تمرینات ثبات مرکزی بر اساس پژوهش براون و همکاران (۲۰۲۱) تدوین گردید و به صورت هدفمند بر تقویت عضلات عمقی و سطحی ناحیه‌ی مرکزی بدن، شامل عضلات عرضی شکم، راست شکمی، مایل‌های داخلی و خارجی، عضلات راست کننده‌ی ستون فقرات، سרینی بزرگ و میانی و عضلات کف لگن متمرکز بود. این برنامه در دو سطح سختی طراحی شد؛ به گونه‌ای که چهار هفته‌ی نخست، تمرینات سطح اول با شدت کمتر و تأکید بر یادگیری الگوی صحیح حرکتی و فعال سازی عضلات عمقی اجرا شد و چهار هفته‌ی دوم، تمرینات سطح دوم با افزایش حجم و شدت و اضافه شدن مقاومت خارجی (وزنه و کش) انجام گردید. گروه تجربی به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه (روزهای زوج) و هر جلسه به مدت تقریباً ۳۰ تا ۴۰ دقیقه، برنامه‌ی تمرینات ثبات مرکزی را علاوه بر تمرینات معمول بوکس اجرا کرد. گروه کنترل تنها برنامه‌ی تمرینی متداول بوکس را بدون اجرای تمرینات ثبات مرکزی دنبال نمود. تمرینات تخصصی هر دو گروه شامل تمرینات فنی، تاکتیکی، ضربه‌زنی و آمادگی جسمانی عمومی در طول دوره‌ی پژوهش یکسان بود. به منظور کنترل کیفیت اجرا، تمامی جلسات تمرینی توسط پژوهشگر و با نظارت مستقیم انجام شد و آزمودنی‌ها از نحوه‌ی صحیح اجرای هر حرکت آگاه شدند. بین هر ست تمرینی، ۳۰ ثانیه استراحت فعال در نظر گرفته شد و آزمودنی‌ها تشویق شدند تا حرکات را با کیفیت بالا و کنترل کامل اجرا نمایند (جدول ۱ و ۲) (۱۱).

جمع‌آوری داده‌ها

برای اندازه‌گیری قد از متر نواری دیواری با دقت یک‌دهم سانتی‌متر و برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال با دقت یک‌دهم کیلوگرم استفاده شد. شاخص توده‌ی بدنی از طریق تقسیم وزن برحسب کیلوگرم بر مجذور قد برحسب متر محاسبه گردید (۱۴). برای اجرای آزمون غربالگری حرکت عملکردی، از کیت استاندارد این آزمون شامل یک تخته به ابعاد ۱۲۲ در ۱۵ سانتی‌متر با ضخامت ۵ سانتی‌متر، دو میله‌ی چوبی به طول ۸۰ سانتی‌متر و یک میله‌ی چوبی به طول ۱۲۲ سانتی‌متر استفاده گردید. آزمون غربالگری حرکت عملکردی مطابق با دستورالعمل استاندارد کوک و همکاران اجرا و نمره‌گذاری شد. سیستم نمره‌دهی این آزمون بر اساس مقیاس صفر تا سه می‌باشد: نمره‌ی سه (اجرای کامل و صحیح)، نمره‌ی دو (اجرا با جبران حرکتی)، نمره‌ی یک (ناتوانی در اجرا) و نمره‌ی صفر (بروز درد). در حرکات دوطرفه، در صورت وجود عدم تقارن، نمره‌ی پایین‌تر ثبت شد. نمره‌ی نهایی از مجموع نمرات هفت حرکت محاسبه گردید که حداکثر نمره قابل کسب ۲۱ بود (۱۵).

جدول ۱. برنامه‌ی تمرینات ثبات مرکزی سطح اول (هفته‌های ۱ تا ۴)

ردیف	نام حرکت	تعداد ست	تعداد تکرار یا مدت	مقاومت	استراحت بین ست‌ها
۱	پلانک	۵	۶۰ ثانیه	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۲	ساید پلانک	۳ (هر طرف)	۶۰ ثانیه	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۳	پل باسن تک‌پا	۴ (هر پا)	۲۰ تکرار	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۴	برد داگی	۳ (هر پا)	۱۰ تکرار	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۵	چرخش جانبی تنه	۳	۱۰ تکرار	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۶	پول‌اور	۲	۱۵ تکرار	۱۰ کیلوگرم	۳۰ ثانیه
۷	نگه‌داشت ایزومتریک با کش	۲	۳۰ ثانیه	کش قرمز	۳۰ ثانیه

جدول ۲. برنامه‌ی تمرینات ثبات مرکزی سطح دوم (هفته‌های ۵ تا ۸)

ردیف	نام حرکت	تعداد ست	تعداد تکرار یا مدت	مقاومت	استراحت بین ست‌ها
۱	پلانک	۳	۱۸۰ ثانیه	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۲	ساید پلانک	(هر طرف) ۲	۱۲۰ ثانیه	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۳	پل باسن تک پا	(هر پا) ۴	۲۰ تکرار	صفحه‌ی ۱۰ کیلوگرمی	۳۰ ثانیه
۴	برد داگی	(هر پا) ۳	۲۰ تکرار	دمبل ۵ کیلوگرمی	۳۰ ثانیه
۵	چرخش جانبی تنه	(هر طرف) ۳	۱۵ تکرار	وزن بدن	۳۰ ثانیه
۶	پول‌اور	۲	۱۵ تکرار	۱۵ کیلوگرم	۳۰ ثانیه
۷	نگه‌داشت ایزومتریک با کش	۲	۳۰ ثانیه	کش مشکی	۳۰ ثانیه

به‌منظور سنجش تعادل پویا، از کیت استاندارد آزمون تعادل وای شامل یک جعبه‌ی مرکزی و سه میله‌ی مدرج در جهت‌های قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی استفاده شد. تعادل پویای اندام تحتانی: آزمودنی به‌صورت پابرنه روی جعبه‌ی مرکزی قرار گرفت و با پای مخالف، عمل دستیابی را در هر سه جهت انجام داد. در هر جهت سه تکرار معتبر ثبت و میانگین مسافت دستیابی برحسب سانتی‌متر محاسبه شد. مسافت دستیابی با استفاده از فرمول «مسافت دستیابی تقسیم بر طول اندام تحتانی ضربدر صد» نسبت به طول اندام تحتانی نرمال‌سازی شد. نمره‌ی کلی تعادل پویا نیز از طریق فرمول «مجموع مسافت‌های سه جهت تقسیم بر سه برابر طول اندام تحتانی ضربدر صد» محاسبه گردید (۱۶). تعادل پویای اندام فوقانی: آزمودنی در وضعیت شنا سوئدی روی صفحه‌ی مرکزی قرار گرفت و با دست غالب، عمل دستیابی را در سه جهت داخلی، تحتانی-خارجی و فوقانی-خارجی انجام داد. مسافت دستیابی در هر جهت سه مرتبه ثبت و با استفاده از طول اندام فوقانی نرمال‌سازی شد (۱۷).

برای ارزیابی تعادل ایستا، از آزمون لک‌لک با استفاده از کرومومتر دیجیتال با دقت یک‌صدم ثانیه استفاده شد. آزمودنی به‌صورت پابرنه روی سطح صاف ایستاد و پس از قرارگیری در وضعیت استاندارد (دست‌ها بر روی ران، کف پای غیرتکیه‌گاه در مجاورت زانوی پای تکیه‌گاه)، پاشنه‌ی پای تکیه‌گاه را از زمین بلند کرد. زمان حفظ تعادل تا بروز هر یک از خطاها شامل برداشتن دست‌ها از روی ران، نوسان پای تکیه‌گاه در هر جهت، جدا شدن پای غیرتکیه‌گاه از زانو، یا لمس کردن زمین توسط پاشنه‌ی پای تکیه‌گاه، ثبت شد. هر آزمودنی سه تکرار انجام داد و بهترین زمان به‌عنوان نمره‌ی نهایی ثبت شد (۱۸).

برای اندازه‌گیری توان انفجاری عمودی اندام تحتانی (کانتر موومننت جامپ)، از آزمون پرش عمودی با استفاده از تخته‌ی مدرج دیواری با دقت یک‌دهم سانتی‌متر استفاده شد. آزمودنی در حالت ایستاده، ارتفاع دست‌رس شده را ثبت کرد و سپس یک پرش عمودی حداکثری انجام داد. اختلاف بین ارتفاع پرش و ارتفاع ایستاده به‌عنوان ارتفاع پرش عمودی برحسب سانتی‌متر محاسبه شد. هر آزمودنی سه پرش انجام داد و بهترین اجرا ثبت شد (۱۹).

به منظور کمی‌سازی متغیر کینتیکی نیروی بیشینه برخورد مشت بر حسب نیوتن، از سیستم پایش نیروی ضربه (دستگاه پاورکیوب مدل SINOCERA 5936 ساخت شرکت SINOCERA Piezotronics با کشور مبدأ چین) استفاده گردید. این سامانه با بهره‌گیری از حسگرهای پیزوالکتریک و شتاب‌سنج‌های اینرسی مجتمع، قادر به ثبت نیروی برخورد با نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز و فیلتر پایین‌گذر با فرکانس برش ۵۰۰ هرتز (فیلتر بتروث مرتبه چهارم) می‌باشد. دستگاه بر روی یک فیکسچر فلزی کاملاً صلب، در ارتفاع معادل فرآیند خنجری هر آزمودنی، نصب و تثبیت گردید تا زاویه برخورد عمود بر سطح هدف و فاصله بیومکانیکی برای کلیه آزمودنی‌ها یکسان باشد. فرایند کالیبراسیون پیش از شروع آزمون، مطابق پروتکل استاندارد با استفاده از وزنه‌های کالیبره‌شده

کلاس F1 و سلول بار مرجع مجهز به کرنش سنج مدل (Kistler 9331A) انجام پذیرفت و خطای سیستماتیک کمتر از ۰/۵ درصد دامنه کامل مقیاس تأیید گردید. اعتبارسنجی ابزار در مقایسه با صفحه نیروی کاپسیر به عنوان روش مرجع طلایی، همبستگی نیرو-زمان بسیار بالایی ($R=0/98$ و $R^2=0/99$) نشان داد که حاکی از روایی همزمان عالی دستگاه است. همچنین بررسی پایایی آزمون-بازآزمون با فاصله ۴۸ ساعت، ضریب همبستگی درون خوشه‌ای (ICC) را در دامنه ۰/۹۶ تا ۰/۹۹ و ضریب تغییرات (CV%) را معادل ۴/۷ درصد گزارش نموده است که تکرارپذیری بسیار مطلوب اندازه‌گیری‌ها را تأیید می‌کند.

در خصوص پروتکل اجرایی، هر آزمودنی ابتدا ۱۰ دقیقه گرم‌سازی عمومی انجام داد و با ۳ کوشش آشنایی با هدف، با تکنیک استاندارد مشت مستقیم (ژاب) آشنا گردید. سپس، هر آزمودنی تعداد ۵ ضربه پیشینه و انفجاری با دست برتر (غالب) به سطح هدف وارد نمود و فاصله استراحتی ۶۰ ثانیه بین کوشش‌ها در نظر گرفته شد تا از بروز خستگی عصبی-عضلانی پیشگیری شود. از میان ۵ ضربه ثبت‌شده، پس از حذف ضریب پرت بر اساس معیار انحراف استاندارد ± 2 ، بیشینه نیروی برخورد در هر کوشش استخراج گردید و متغیر نهایی مورد تحلیل که همان عدد گزارش‌شده در نتایج است، به صورت میانگین حسابی بیشینه نیروی سه کوشش معتبر محاسبه شد. تمامی داده‌های خام به نرم‌افزار متلب (نسخه R2023a) منتقل و عملیات پیش‌پردازش شامل حذف رانش خط پایه و نرم‌سازی با فیلتر ساویتزکی-گولای (درجه دوم، پنجره ۱۱ نقطه‌ای) انجام گرفت و در نهایت، یک شاخص واحد و قطعی از نیروی ضربه مشت برای هر آزمودنی (میانگین سه کوشش برتر با دست غالب) استخراج گردید که مبنای کلیه تحلیل‌های آماری و گزارش عدد نهایی در بخش نتایج قرار گرفته است؛ بنابراین، عدد گزارش‌شده در نتایج پژوهش، معرف میانگین نیروی بیشینه برخورد مشت دست غالب در شرایط پیشینه‌ی انفجاری بوده و فاقد تفکیک دست جلو/عقب یا میانگین دو دست می‌باشد (۲۰).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. در بخش آمار توصیفی، میانگین و انحراف استاندارد متغیرها محاسبه گردید. به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها، از آزمون لون استفاده شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، برای بررسی فرضیه‌های پژوهش از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر دو عاملی استفاده گردید. این آزمون برای بررسی اثرات اصلی زمان، اثرات اصلی گروه و اثر تعاملی گروه در زمان بر روی متغیرهای وابسته به کار گرفته شد. همچنین، اندازه‌ی اثر با استفاده از ضریب اتا محاسبه گردید. سطح معناداری برای تمامی آزمون‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به همگن‌سازی دو گروه، تفاوت معناداری ($P > 0/05$) بین آزمودنی‌ها از نظر سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی مشاهده نشد. نتایج مربوط به میانگین و انحراف استاندارد

جدول ۳. اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) در گروه‌های پژوهش

متغیر	گروه تجربی	گروه کنترل	سطح معناداری
سن (سال)	$19/89 \pm 3/32$	$19/43 \pm 3/22$	۰/۴۶
قد (سانتی‌متر)	$178/86 \pm 8/49$	$177/72 \pm 5/37$	۰/۹۶
وزن (کیلوگرم)	$74/68 \pm 11/30$	$72/82 \pm 10/60$	۰/۳۸
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	$22/76 \pm 2/19$	$22/86 \pm 2/19$	۰/۴۶

متغیرهای پژوهش در دو گروه تجربی و کنترل، در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، به همراه نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر دو عاملی در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر دو عاملی نشان داد که در مرحله پیش‌آزمون، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تجربی و کنترل در هیچ‌یک از متغیرهای پژوهش وجود نداشت ($P > 0.05$) که بیانگر همگن بودن دو گروه در ابتدای مطالعه است. با این حال، اثر تعامل معنی‌دار گروه $\times$ زمان برای تمامی متغیرهای پژوهش شامل نمره کل آزمون غربالگری حرکت عملکردی، تعادل ایستا، تعادل پویای اندام تحتانی، تعادل پویای اندام فوقانی، توان انفجاری عمودی اندام تحتانی و نیروی ضربه مشت مشاهده گردید ($P = 0.001$). این یافته نشان می‌دهد که میزان بهبود در گروه تجربی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بوده است. آزمون تعقیبی نیز حاکی از آن بود که در گروه تجربی، تمامی متغیرها نسبت به پیش‌آزمون بهبود معنی‌داری یافتند ($P < 0.001$)، در حالی که در گروه کنترل هیچ‌یک از متغیرها تغییر معنی‌داری نشان ندادند ($P > 0.05$).

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی، تعادل ایستا و پویا، توان انفجاری عمودی اندام تحتانی و نیروی ضربه مشت در بوکسورهای آماتور طراحی و اجرا گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد که برنامه تمرینی مداخله‌گر تأثیر مثبت و معناداری بر تمامی متغیرهای وابسته داشته است و اندازه اثر بزرگ محاسبه شده برای تمامی متغیرها، بیانگر تأثیر قابل توجه و عملی این مداخله می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های متعدد در حوزه‌ی تمرینات ثبات مرکزی همسو بوده و بر اساس مبانی بیومکانیکی و فیزیولوژیکی قابل تبیین می‌باشند.

یافته‌های مربوط به بهبود نمره کل و تمامی آیتم‌های آزمون غربالگری حرکت عملکردی در گروه تجربی، نشان‌دهنده‌ی تأثیر همه‌جانبه‌ی تمرینات ثبات مرکزی بر کیفیت حرکات بنیادین است. این بهبود به‌ویژه در آیتم‌هایی که به‌طور مستقیم با ثبات مرکزی و کنترل پاسچرال مرتبط هستند، مانند اسکوات کامل، لانج خطی و شنای ثباتی تنه، چشمگیرتر بود. این یافته با نتایج پژوهش

جدول ۴. معناداری و اندازه اثر برای متغیرها در گروه‌های پژوهش

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اندازه اثر	F	درجه آزادی	اثر گروه	اثر زمان	اثر تعامل گروه $\times$ زمان
نمره کل آزمون غربالگری	تجربی	۱۱/۴۵±۲/۸۶	*۱۸/۸۵±۲/۳۹	۰/۷۴	۵/۳۶	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
حرکت عملکردی (امتیاز)	کنترل	۱۱/۸۶±۲/۳۸	۱۰/۹۵±۲/۴۶	-		۲۲	-	-	-
تعادل ایستا (ثانیه)	تجربی	۱۲/۴۱±۵/۶۹	*۲۰/۸۶±۴/۱۱	۰/۷۹	۶/۴۶	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	کنترل	۱۱/۸۶±۵/۳۹	۱۲/۲۹±۴/۹۶	-		۲۲	-	-	-
تعادل پویای اندام تحتانی	تجربی	۸/۱۲ ± ۶۱/۵۳	*۹/۱۷ ± ۸۳/۶۸	۰/۷۶	۵/۶۹	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
(درصد)	کنترل	۹/۱۸ ± ۶۰/۱۳	۸/۱۰ ± ۶۰/۹۵	-		۲۲	-	-	-
تعادل پویای اندام فوقانی	تجربی	۱۱/۸ ± ۴۸/۴۹	*۹/۳ ± ۵۹/۱۹	۰/۷۹	۶/۴۵	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
(درصد)	کنترل	۱۰/۹ ± ۴۹/۱۹	۸/۵۸ ± ۵۰/۱۹	-		۲۲	-	-	-
توان انفجاری عمودی	تجربی	۲/۸۶ ± ۱۹/۹۶	*۱/۴۹ ± ۲۶/۸۶	۰/۷۴	۵/۳۵	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
(سانتی‌متر)	کنترل	۳/۴۹ ± ۱۸/۳۶	۳/۴۲ ± ۱۹/۴۸	-		۲۲	-	-	-
نیروی ضربه مشت (نیوتن)	تجربی	۸/۸۶ ± ۵۴/۴۶	*۷/۸۶ ± ۶۹/۱۱	۰/۷۷	۵/۸۶	۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	کنترل	۹/۳۷ ± ۵۳/۷۶	۶/۸۹ ± ۴۹/۱۱	-		۲۲	-	-	-

* تفاوت معنادار در مقایسه با پیش‌آزمون ($P < 0.05$).

باقریان و همکاران (۲۰۱۹) که بر روی ورزشکاران دانشگاهی انجام شد و نشان داد تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود الگوهای حرکتی عملکردی و کنترل پاسچرال پویا می‌شود، همسو می‌باشد (۲۱). همچنین فراتحلیل اخیر ملکی و همکاران در سال ۲۰۲۵ نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی بیشترین تأثیر را در بهبود نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی مانند تمرینات مقاومتی، تمرینات عصبی-عضلانی و تمرینات عملکردی دارد (۲۲). مکانیسم‌های احتمالی فیزیولوژیکی مؤثر در این بهبود را می‌توان به تقویت عضلات ثبات‌دهنده مرکزی نسبت داد که نقش کلیدی در ایجاد ثبات ستون فقرات و لگن ایفا می‌کنند. تقویت این عضلات به ورزشکاران اجازه می‌دهد تا در حرکات بنیادین، کنترل بهتری بر تنه داشته باشند و حرکات را با کیفیت بالاتری اجرا کنند (۲۳، ۲۴). همچنین احتمال بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی و افزایش آگاهی بدنی (حس عمقی) از دیگر مکانیسم‌هایی هستند که در بهبود کیفیت حرکات بنیادین نقش دارند (۲۵). با توجه به اینکه نمره کل این آزمون در گروه تجربی از آستانه خطر (۱۴) خارج شد، می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات ثبات مرکزی توانسته است باعث بهبود عملکرد ورزشکاران شود و این موضوع با یافته‌های پژوهش کوربا و همکاران که نشان دادند ورزشکاران با نمره کمتر از ۱۴ در معرض خطر بیشتری برای آسیب هستند، همسو می‌باشد (۲۶).

نتایج مربوط به بهبود تعادل ایستا در گروه تجربی نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی تأثیر قابل‌توجهی بر توانایی حفظ قامت در وضعیت ایستاده دارد. این یافته با نتایج پژوهش باریاس و همکاران (۲۰۲۰) که بر روی کشتی‌گیران زن انجام شد و نشان داد هشت هفته برنامه تمرینی با تأکید بر ثبات مرکزی منجر به بهبود معنادار در تمام شاخص‌های پایداری می‌شود، همسو می‌باشد (۲۷). همچنین اسماعیل‌نژاد و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای بر روی کشتی‌گیران نوجوان نشان دادند که تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار تعادل ایستا در هر دو سطح پایدار و ناپایدار می‌شود (۲۸). مکانیسم‌های احتمالی مؤثر در بهبود تعادل ایستا شامل افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی (به‌ویژه عضلات مچ پا، زانو و لگن)، بهبود حس عمقی مفاصل و افزایش توانایی سیستم عصبی مرکزی در پردازش اطلاعات حسی و تولید پاسخ‌های حرکتی مناسب می‌باشد (۲۹-۳۱). تمرینات ثبات مرکزی با ایجاد چالش‌های تعادلی و افزایش نیاز به کنترل پاسچرال، باعث بهبود هماهنگی بین سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حسی-پیکری می‌شوند که این امر به حفظ بهتر تعادل در وضعیت ایستاده کمک می‌کند (۳۲). با توجه به اینکه بوکسورها بخش زیادی از زمان مبارزه را در وضعیت گارد و حرکات‌های تک‌پا سپری می‌کنند، بهبود تعادل ایستا می‌تواند تأثیر مستقیمی بر کیفیت اجرای فنون و احتمال کاهش خطر سقوط و آسیب داشته باشد.

در حوزه تعادل پویای اندام تحتانی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار این متغیر در هر سه جهت قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی می‌شود که این الگوی بهبود بیانگر تأثیر مثبت تمرینات بر کنترل پاسچرال در تمام جهات است. بیشترین بهبود مربوط به جهت خلفی-داخلی بود که یکی از مهم‌ترین جهات در پیش‌بینی کاهش احتمال خطر آسیب شناخته شده است. این یافته با نتایج پژوهش سعیدی‌زاده و همکاران (۲۰۲۶) که بر روی بسکتبالیست‌های نخبه انجام شد و نشان داد تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار نمرات تعادل پویای اندام تحتانی در هر دو پای غالب و غیرغالب می‌شود، همسو می‌باشد (۱۳). همچنین چتارا و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی ارتباط معناداری بین قدرت ایزومتریک اندام تحتانی و آزمون تعادل وای نشان دادند که بیانگر نقش قدرت عضلانی در بهبود تعادل پویا می‌باشد (۳۳). بهبود تعادل پویای اندام تحتانی را می‌توان به احتمال تقویت عضلات سرینی میانی و دورکننده‌های هیپ نسبت داد که نقش کلیدی در تثبیت لگن در هنگام فعالیت‌های تک‌پا دارند (۳۴). تمرینات ثبات مرکزی شامل حرکاتی مانند پل باسن تک‌پا و برد داگی است که به‌طور خاص این عضلات را هدف قرار

می‌دهند (۳۵). همچنین احتمال بهبود حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا و افزایش دامنه‌ی حرکتی دورسی‌فلکشن مچ پا از دیگر عواملی هستند که در بهبود تعادل پویا نقش دارند (۳۶). با توجه به اینکه بوکسورها تقریباً شصت تا هفتاد درصد از زمان مبارزه را در وضعیت تک‌پا سپری می‌کنند، بهبود تعادل پویا می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش احتمال پیچ‌خوردگی مچ پا و آسیب‌های زانو داشته باشد.

در زمینه تعادل پویای اندام فوقانی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار این متغیر در هر سه جهت داخلی، تحتانی-خارجی و فوقانی-خارجی می‌شود. بیشترین بهبود مربوط به جهت فوقانی-خارجی بود که نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت تمرینات بر کنترل کمر بند شانه‌ای در وضعیت‌های چالشی است. این یافته با نتایج پژوهش سعیدی‌زاده و همکاران (۲۰۲۶) که نشان داد تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار نمرات تعادل پویای اندام فوقانی می‌شود، همسو می‌باشد (۱۳). همچنین کاسیولیم و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بر روی افسران نیروی هوایی نشان دادند که تمرینات دوره‌بندی‌شده باعث بهبود معنادار نمرات تعادل اندام فوقانی می‌شود (۳۷). مکانیسم‌های احتمالی مؤثر در بهبود تعادل پویای اندام فوقانی شامل افزایش ثبات و کنترل کتف، بهبود قدرت عضلات کمر بند شانه‌ای و افزایش هماهنگی بین تنه و اندام فوقانی می‌باشد (۳۸). کمر بند شانه‌ای به‌عنوان نقطه‌ی اتصال بین تنه و اندام فوقانی، نقش کلیدی در انتقال نیرو و ایجاد ثبات در حرکات بالاتنه دارد. تمرینات ثبات مرکزی با تقویت عضلات اطراف کتف و بهبود هماهنگی بین آن‌ها، باعث افزایش ثبات کتف می‌شوند که این امر به بوکسورها اجازه می‌دهد تا در آزمون تعادل پویای اندام فوقانی، کنترل بیشتری بر موقعیت کتف و بازوی خود داشته باشند (۳۸). بهبود تعادل اندام فوقانی می‌تواند به‌طور مستقیم با افزایش ثبات کمر بند شانه‌ای و بهبود انتقال نیرو در هنگام مشت‌زنی مرتبط باشد که این موضوع در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

در خصوص توان انفجاری عمودی اندام تحتانی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار این متغیر می‌شود. توان انفجاری اندام تحتانی یکی از مؤلفه‌های کلیدی آمادگی جسمانی در بوکس محسوب می‌شود، زیرا تولید نیروی مشت از زمین شروع شده و از طریق زنجیره‌ی حرکتی به مشت منتقل می‌شود. بهبود توان پرش عمودی احتمالاً نشان‌دهنده‌ی افزایش ظرفیت تولید نیرو در زنجیره‌ی حرکتی تحتانی است که می‌تواند به بهبود عملکرد کلی بوکسور کمک کند (۳۹، ۴۰). با توجه به اینکه در پژوهش حاضر نیروی ضربه مشت نیز به‌طور هم‌زمان بهبود یافته است، می‌توان چنین استنباط کرد که بهبود توان انفجاری اندام تحتانی، به‌عنوان حلقه‌ی آغازین زنجیره‌ی حرکتی، یکی از عوامل مؤثر در افزایش نیروی مشت می‌باشد (۴۱). این یافته با نتایج پژوهش بروزاس و همکاران (۲۰۱۶) که نشان داد تمرینات پلیومتریک با وزنه خارجی می‌تواند توان ضربه در شرایط زمان‌محدود و تکرارشونده را بهبود دهد، همسو است و بیانگر اهمیت زنجیره‌ی حرکتی تحتانی در عملکرد بوکسورها می‌باشد (۳۹). نهایتاً، نتایج مربوط به نیروی ضربه مشت نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود معنادار این متغیر در گروه تجربی می‌شود. این یافته با نتایج پژوهش براون و همکاران (۲۰۲۱) که بر روی بوکسورهای حرفه‌ای انجام شد، همسو می‌باشد (۱۱). در آن مطالعه، شش هفته تمرینات مقاومتی ناحیه‌ی مرکزی بدن با تأکید بر تمرینات ایزومتریک تقویتی و تثبیت‌کننده منجر به بهبود چشمگیر عملکرد ضربه مشت دست عقب گردید و محققان این مطالعه بیان کردند که تمرینات ثبات مرکزی پایین‌تنه با ایجاد ثبات پروگزیمال، امکان تولید و انتقال مؤثرتر نیرو از اندام‌های تحتانی به تنه و اندام‌های فوقانی را فراهم می‌سازد (۱۱). مکانیسم‌های احتمالی فیزیولوژیکی و بیومکانیکی مؤثر در بهبود نیروی ضربه مشت شامل بهبود انتقال نیرو در زنجیره‌ی حرکتی، افزایش سفتی فعال و غیرفعال مفاصل، بهبود کنترل چرخشی تنه و افزایش ثبات پروگزیمال می‌باشد. عضلات مرکزی به‌عنوان «پل ارتباطی» بین

اندام‌های تحتانی و فوقانی عمل می‌کنند و تقویت این عضلات باعث می‌شود که نیروی تولیدشده در پاها با کمترین اتلاف ممکن از طریق تنه به مشت منتقل شود (۱۰). همچنین در بوکس، نیروی مشت تا حد زیادی از چرخش تنه و لگن ناشی می‌شود و تمرینات ثبات مرکزی با تقویت عضلات مایل شکم و سایر عضلات چرخاننده‌ی تنه، باعث بهبود کنترل چرخشی و افزایش کارایی انتقال نیرو در هنگام مشت‌زنی می‌شوند. ایجاد ثبات در ناحیه‌ی مرکزی بدن به‌عنوان پایه‌ای برای حرکات اندام‌ها عمل می‌کند و به ورزشکاران اجازه می‌دهد تا با قدرت و سرعت بیشتری ضربات خود را اجرا کنند.

در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی یک مداخله مؤثر و کارآمد برای بهبود الگوهای حرکتی عملکردی، تعادل ایستا و پویا، توان انفجاری اندام تحتانی و نیروی ضربه مشت در بوکسورهای آماتور می‌باشد. با توجه به اینکه بوکسورها به دلیل ماهیت یک‌طرفه و ضربه‌ای این رشته در معرض خطر بالای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی قرار دارند، بهبود متغیرهای مذکور از طریق تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند نقش مهمی در احتمال کاهش این خطرات و ارتقای عملکرد ورزشی ایفا کند. اندازه اثر بزرگ محاسبه‌شده برای تمامی متغیرها نشان‌دهنده‌ی تأثیر قابل توجه عملی این مداخله است که می‌تواند برای مربیان و متخصصان ورزشی از اهمیت بالایی برخوردار باشد؛ بنابراین، گنجاندن تمرینات ثبات مرکزی در برنامه‌های تمرینی بوکسورهای آماتور، به‌ویژه در دوره‌های پیش‌فصل و استفاده از آزمون غربالگری حرکت عملکردی در ارزیابی‌های پیش‌فصل جهت شناسایی افراد در معرض خطر و طراحی برنامه‌های تمرینی اصلاحی، به‌عنوان کاربردهای عملی این پژوهش توصیه می‌شود.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی مواجه بود که در تفسیر نتایج باید مد نظر قرار گیرند. از جمله می‌توان به حجم نسبتاً کوچک نمونه، عدم وجود دوره‌ی پیگیری برای بررسی ماندگاری اثرات تمرینات، انجام پژوهش تنها بر روی بوکسورهای مرد و عدم کنترل دقیق عوامل فردی مانند برنامه‌ی خواب، تغذیه و وضعیت روانی آزمودنی‌ها اشاره کرد که تعمیم نتایج را با احتیاط مواجه می‌سازد. بر این اساس، انجام پژوهش‌های آتی با حجم نمونه‌ی بزرگ‌تر و بر روی بوکسورهای زن، استفاده از طرح‌های طولی با دوره‌های پیگیری طولانی‌مدت، به‌کارگیری ابزارهای دقیق‌تر ارزیابی مانند الکترومایوگرافی و ایزوکینتیک برای بررسی مکانیسم‌های عصبی-عضلانی، و همچنین بررسی تأثیر ترکیب تمرینات ثبات مرکزی با سایر روش‌های تمرینی بر عملکرد بوکسورها، به پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی تأثیر مثبت و معناداری بر بهبود کیفیت حرکات بنیادین (نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی)، تعادل ایستا و پویا (اندام‌های فوقانی و تحتانی)، توان انفجاری عمودی اندام تحتانی و نیروی ضربه مشت در بوکسورهای آماتور دارد. بهبود نمره‌ی آزمون غربالگری حرکت عملکردی از آستانه خطر (۱۴) به سطح بالاتر، بیانگر کاهش عوامل خطرزای مرتبط با آسیب در ورزشکاران گروه تجربی است. همچنین بهبود تعادل پویا و ایستا، به‌ویژه با توجه به اینکه بوکسورها حدود شصت تا هفتاد درصد از زمان مبارزه را در وضعیت تک‌پا سپری می‌کنند، احتمالاً می‌تواند نقش مهمی در کاهش خطر آسیب‌های اندام تحتانی ایفا کند. افزایش توان انفجاری پا و نیروی مشت نیز نشان‌دهنده‌ی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر عملکرد اختصاصی بوکس از طریق بهبود انتقال نیرو در زنجیره‌ی حرکتی است. به‌طور کلی، تمرینات ثبات مرکزی با تقویت عضلات ثبات‌دهنده و بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی، به‌عنوان مداخله‌ای مؤثر و کم‌هزینه می‌تواند در کاهش عوامل خطر و زمینه‌سازی برای ارتقای عملکرد ورزشی بوکسورها نقش اساسی ایفا کنند. با این حال، برای نتیجه‌گیری قطعی در مورد کاهش واقعی میزان آسیب، انجام پژوهش‌های طولی با پیگیری مستقیم میزان آسیب توصیه می‌شود. بنابراین، گنجاندن این تمرینات در برنامه‌های

تمرینی روزانه بوکسورها، به‌ویژه در دوره‌های پیش فصل و استفاده از آزمون غربالگری حرکت عملکردی در ارزیابی‌های پیش فصل به مربیان و متخصصان ورزشی به عنوان یک راهکار پیشگیرانه مکمل توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

با توجه به دستورالعمل‌های اجرایی دانشگاه محل انجام پژوهش و بر اساس آیین‌نامه‌ی بررسی طرح‌های پژوهشی در حوزه‌ی علوم ورزشی، انجام این مطالعه‌ی غیرتهاجمی با حداقل ریسک، نیازمند اخذ کد اخلاق خاص از کمیته‌ی اخلاق دانشگاه نبوده و صرفاً با اخذ مجوز از معاونت پژوهشی مربوطه مجاز شناخته شد. با این وجود، پژوهشگران متعهد به رعایت کامل تمامی اصول مندرج در بیانیه‌ی هلسینکی (ویرایش ۲۰۱۳) بوده‌اند. بدین منظور، پیش از شروع هرگونه ارزیابی و مداخله، اهداف پژوهش، فرایند اجرای آزمون‌ها و مدت زمان مشارکت، به‌صورت شفاهی و کتبی برای تمامی آزمودنی‌ها تشریح گردید و رضایت‌نامه‌ی آگاهانه (کتبی) از کلیه‌ی آزمودنی‌ها اخذ شد. همچنین به افراد تأکید گردید که مشارکت در پژوهش کاملاً داوطلبانه بوده و آن‌ها می‌توانند در هر مرحله، بدون تحمیل هیچ‌گونه هزینه یا عواقب جبرانی، از ادامه‌ی همکاری انصراف دهند. محققان ملزم به حفظ محرمانگی کامل اطلاعات شخصی و داده‌های خام آزمودنی‌ها در تمام مراحل جمع‌آوری، تحلیل و گزارش‌دهی بوده و با نظارت مستمر متخصصان، از بروز هرگونه آسیب جسمانی یا روانی حین انجام آزمون‌ها جلوگیری به عمل آوردند.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی اختصاصی از سوی سازمان‌های تأمین‌کننده بودجه در بخش‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

رسول بیاتی: مفهوم‌پردازی، روش‌شناسی، تحلیل، نظارت، نگارش پیش‌نویس اولیه، بازبینی و ویرایش متن.
محمد مشهدی: مفهوم‌پردازی، روش‌شناسی، نگارش پیش‌نویس اولیه، بازبینی و ویرایش متن.
پوریا حاجی‌خانی: انجام پژوهش، مدیریت اجرایی پروژه، بازبینی و ویرایش متن.
تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کردند.

تعارض

نویسندگان اعلام می‌کنند که در ارتباط با انتشار این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

References

1. Liu Y, Li L, Yan X, He X, Zhao B. Biomechanics of the lead straight punch and related indexes between sanda fighters and boxers from the perspective of cross-border talent transfer. *Frontiers in Physiology*. 2023;13:1099682. [DOI:10.3389/fphys.2022.1099682]
2. Wan J, Liu Y. Kinematic and kinetic differences between lead and rear straight punches in elite boxers: bilateral asymmetry and training implications. *BMC Sports Science, Medicine and*

- Rehabilitation. 2026;18(1):292. [DOI:10.1186/s13102-026-01738-1]
3. Mosler D, Kacprzak J, Wąsik J. Higher values of force and acceleration in rear cross than lead jab: differences in technique execution by boxers. *Applied Sciences*. 2024;14(7):2830. [DOI:10.3390/app14072830]
 4. Dong K, Yu T, Chun B. Effects of core training on sport-specific performance of athletes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Behavioral Sciences*. 2023;13(2):148. [DOI:10.3390/bs13020148]
 5. Zhang Y, Fan Q, Liu K, Zhou L, Zhou Y, Ding M, et al. Effects of core resistance training on pugilism in boxers. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2023;29:e2022_0589. [DOI:10.1590/1517-8692202329012022_0589]
 6. Sun H, Shao Z. Abdominal core muscle strength training in badminton players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2023;29:e2022_0609. [DOI:10.1590/1517-8692202329012022_0609]
 7. Perliński J, Bukowska JM, Rydzik Ł, Wąsacz W, Kruczkowski D, Ambroży T, et al. Gait analysis of male professional boxers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2024;16(1):1. [DOI:10.29359/BJHPA.16.1.01]
 8. De Blasiis P, Fullin A, Caravaggi P, Lus G, Melone MA, Sampaolo S, et al. Long-term effects of asymmetrical posture in boxing assessed by baropodometry. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2022;62(3):350-355. [DOI:10.23736/S0022-4707.21.12040-7]
 9. Trinidad-Fernandez M, Gonzalez-Sanchez M, Cuesta-Vargas AI. Is a low Functional Movement Screen score ($\leq 14/21$) associated with injuries in sport? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2019;5(1):e000501. [DOI:10.1136/bmjsem-2018-000501]
 10. Lenetsky S, Harris N, Brughelli M. Assessment and contributors of punching forces in combat sports athletes: implications for strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*. 2013;35(2):1-7. [DOI:10.1519/SSC.0b013e31828b6c12]
 11. Brown L, Hastings K, Doyle G, Bruce-Low S, Galbraith A. The effects of lower core resistance training on rear hand punching performance in professional boxers. *Journal of Australian Strength and Conditioning*. 2021;29(5):15-24.
 12. Hernandez-Martinez J, Cid-Calfucura I, Valdés-Badilla P, Franchini E, Garcia-Garcia JM, Herrera-Valenzuela T. Acute and chronic effects of muscle strength training on physical fitness in boxers: a scoping review. *Applied Sciences*. 2024;14(21):9706. [DOI:10.3390/app14219706]
 13. Saeidizadeh A, Piri H, Rahimi M, Nourbakhsh SA, Ebrahimi E, Zare A, et al. Core stability training improves movement quality, balance, and performance in basketball players. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*. 2026;16(2):161-172.
 14. Villarini M, Acito M, Gianfredi V, Berrino F, Gargano G, Somaini M, et al. Validation of self-reported anthropometric measures and body mass index in a subcohort of the DianaWeb population study. *Clinical Breast Cancer*. 2019;19(4):e511-e518. [DOI:10.1016/j.clbc.2019.04.008]
 15. Pfeifer CE, Sacko RS, Ortaglia A, Monsma EV, Beattie PF, Goins J, et al. Functional Movement Screen™ in youth sport participants: evaluating the proficiency barrier for injury. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2019;14(3):436. [DOI:10.26603/ijsp20190436]
 16. Schwiertz G, Brueckner D, Beurskens R, Muehlbauer T. Lower quarter Y Balance Test performance: reference values for healthy youth aged 10 to 17 years. *Gait & Posture*. 2020;80:148-154. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.05.041]
 17. Williamson JD, Lawson BL, Sigley D, Nasypany A, Baker RT. Intra- and inter-rater reliability for

limb length measurement and trial error assessment of the upper quarter Y-Balance Test in healthy adults. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2019;14(5):707. [DOI:10.26603/ijspt20190707]

18. Sadeghi H, Noori S. Reliability assessment of functional balance tests in endomorph healthy women 24-34 years old. *Research in Sport Medicine and Technology*. 2015;13(10):1-15. [DOI:10.18869/acadpub.jsmt.13.10.1]

19. Yingling VR, Castro DA, Duong JT, Malpartida FJ, Usher JR. The reliability of vertical jump tests between the Vertec and My Jump phone application. *PeerJ*. 2018;6:e4669. [DOI:10.7717/peerj.4669]

20. Del Vecchio L, Whitting J, Hollier J, Keene A, Climstein M. Reliability and practical use of a commercial device for measuring punch and kick impact kinetics. *Sports*. 2022;10(12):206. [DOI:10.3390/sports10120206]

21. Bagherian S, Ghasempoor K, Rahnama N, Wikstrom EA. The effect of core stability training on functional movement patterns in college athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019;28(5):444-449. [DOI:10.1123/jsr.2017-0107]

22. Maleki AA, Mousavi SH, Biabangard MA, Minoonejad H. Influence of exercise interventions on Functional Movement Screen scores in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*. 2025;15(1):26335. [DOI:10.1038/s41598-025-12371-2]

23. Huang Y, Song J. Core stability training for post-stroke recovery: a multifaceted approach to enhance postural control and motor function. *Physiotherapy Research International*. 2026;31(3):e70242. [DOI:10.1002/pri.70242]

24. Bayati R, Shamsi Majelan A, Mirzaei B, Barbas I. The effect of 12 weeks of Wrestling+ warm-up program on Functional Movement Screen scores in cadet wrestlers. *Annals of Applied Sport Science*. 2019;7(1):39-47. [DOI:10.29252/aassjournal.7.1.39]

25. Johnson CD, Whitehead PN, Pletcher ER, Faherty MS, Lovalekar MT, Eagle SR, et al. The relationship of core strength and activation and performance on three functional movement screens. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2018;32(4):1166-1173. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001943]

26. Chorba RS, Chorba DJ, Bouillon LE, Overmyer CA, Landis JA. Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 2010;5(2):47.

27. Barbas I, Gioftsidou A, Gkrekidis T, Makri E, Malliou P, Beneka A. The effects of Wrestling+ injury prevention program on lower limbs strength and balance. In: *Экстрабилити как феномен инклюзивной культуры: формирование инклюзивной культуры в организациях*. Екатеринбург; 2020. p. 34-39.

28. Esmailnezhad S, Daneshmandi H, Samami N, Mirzaei B. The effect of Wrestling+ warm-up program on balance and proprioception of adolescent wrestlers. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*. 2024;34(107):45-52. [DOI:10.5604/01.3001.0054.6754]

29. Sharma L, Jamali SN, Sharma J, Khanum S. Relationship between core stability and static balance in non-elite collegiate athletes. *Archives of Medicine and Health Sciences*. 2020;8(2):236-239. [DOI:10.4103/amhs.amhs_96_20]

30. Bayati R, Shamsi Majelan A, Mirzaei B. The effect of 12 weeks of Wrestling+ specific warm-up program on dynamic balance in cadet wrestlers. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018;4(1):63-73. [DOI:10.29252/aassjournal.7.1.39]

31. Gheytsi M, Yazdani S, Ghiyami A. Comparison of balance, power, and muscular endurance among

volleyball players in three attacking positions. *Journal of Sport Biomechanics*. 2026;12(3):532-544. [DOI:10.66224/JSportBiomech.12.3.532]

32. Zemková E, Zapletalová L. The role of neuromuscular control of postural and core stability in functional movement and athlete performance. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:796097. [DOI:10.3389/fphys.2022.796097]

33. Chtara M, Rouissi M, Bragazzi NL, Owen AL, Haddad M, Chamari K. Dynamic balance ability in young elite soccer players: implication of isometric strength. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2018;58(4):414-420. [DOI:10.23736/S0022-4707.16.06724-4]

34. Rickta JF, Mukta FTJ, Shaim SNS, Rahaman M, Arafat Y. Anaerobic power cycling training and lower-extremity performance in elite female handball players: a predictive model based on morphological indices. *Journal of Sport Biomechanics*. 2026;12(3):460-482. [DOI:10.66224/JSportBiomech.12.3.460]

35. Yang KH. Immediate effect of biofeedback training of gluteus medius on dynamic balance during single leg squat. *PNF and Movement*. 2023;21(2):255-263.

36. Liu Y, Xiao J, Chen Z. Isokinetic strength characteristics of trunk rotation and knee joint in female amateur boxers: asymmetry and implications for injury prevention. *Research Square*; 2026. [DOI:10.21203/rs.3.rs-9121035/v1]

37. Cosio-Lima LM, Crawley A, Adlof LE, Straughn M, Wallop JD, Lee Y. Effects of a periodized training program and a traditional military training program on Functional Movement and Y-Balance Tests in ROTC cadets. *Sports and Exercise Medicine - Open Journal*. 2017;3(2):46-52. [DOI:10.17140/SEMOJ-3-147]

38. Nuhmani S. Correlation between core stability and upper-extremity performance in male collegiate athletes. *Medicina*. 2022;58(8):982. [DOI:10.3390/medicina58080982]

39. Bruzas V, Kamandulis S, Venckunas T, Snieckus A, Mockus P. Effects of plyometric exercise training with external weights on punching ability of experienced amateur boxers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2018;58(3):221-226. [DOI:10.23736/S0022-4707.16.06674-3]

40. Amiri-Khorasani MT, Mohammadi Pour F, Shokrollahi A, Amiri Khorasani A. Acute effects of post-activation performance enhancement-based warm-up protocols on knee joint kinematics and countermovement jump performance in male physical education students. *Journal of Sport Biomechanics*. 2026;12(3):394-414. [DOI:10.66224/JSportBiomech.12.3.394]

41. Söyler M, Gürkan AC, Kayantaş İ, Aydın S, Karataş B, Eraslan M, et al. Investigation of the effects of different plyometric training protocols on punching force and muscle performance in male boxers. *Applied Sciences*. 2025;15(12):6532. [DOI:10.3390/app15126532]