

Research Paper



Relationships Between Selected Components of Physical Fitness and Skill Performance in Adolescent Female Taekwondo Athletes: A Cross-Sectional Study

Alireza Elahamipour¹ , *Razieh Yousefian Molla¹ , Ali Fatahi¹

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Elahamipour A, Yousefian Molla R, Fatahi A. Relationships Between Selected Components of Physical Fitness and Skill Performance in Adolescent Female Taekwondo Athletes: A Cross-Sectional Study. *Journal of Sport Biomechanics*. 2026;12(3):432-453. <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.432>

<https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.432>



Article Info:

Received: 8 April 2026

Accepted: 16 June 2026

Available Online: 4 July 2026

Keywords:

Physical Fitness, Skill Performance, Taekwondo

ABSTRACT

Objective Taekwondo is an Olympic combat sport that requires a high level of integration between physical fitness and technical skills. However, evidence regarding the relationships between physical fitness components and skill performance in adolescent female taekwondo athletes remains limited. Therefore, this study aimed to investigate the relationships between selected physical fitness components, including flexibility, explosive power, reaction time, and balance, and skill performance indicators, namely kicking speed, punching power, and combined skill performance, in adolescent female taekwondo athletes.

Methods This cross-sectional correlational study employed a quantitative research design. The study included 31 female taekwondo athletes aged 14–18 years with 3–5 years of training experience. Physical fitness components were assessed using the Sit-and-Reach Test (flexibility), Sargent Vertical Jump Test (explosive power), Nelson Ruler Drop Test (reaction time), and Stork Balance Test (balance). Skill performance indicators included kicking speed (FSKT-10s), punching power, and combined skill performance. Data were analyzed using descriptive statistics and Pearson's correlation coefficient.

Results Flexibility was significantly correlated with reaction time ($r = -0.38$), explosive power ($r = 0.36$), kicking speed ($r = 0.50$), and combined skill performance ($r = -0.51$). Reaction time was also significantly associated with combined skill performance ($r = 0.44$), whereas kicking speed showed a significant negative correlation with combined skill performance ($r = -0.40$). In contrast, static balance and punching power were not significantly associated with the assessed skill performance indicators.

Conclusion The findings indicate that flexibility and reaction time are significantly associated with skill performance in adolescent female taekwondo athletes. Athletes with greater flexibility and faster reaction times demonstrated superior performance in both kicking speed and combined technical skills. These findings provide practical insights for developing targeted training programs to enhance competitive performance in taekwondo.

* Corresponding Author:

Razieh Yousefian Molla

Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

E-mail: Razieh.yousefianmolla@iau.ac.ir

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2026 The Author(s). Journal of Sport Biomechanics published by Islamic Azad University, Hamedan Branch.

1. Introduction

Taekwondo, as an Olympic combat sport, is inherently multidimensional, and success in this discipline depends on the coordinated interaction of various physical fitness components and technical–motor skills (1, 2). Effective execution of taekwondo techniques, particularly under competitive conditions, requires high levels of explosive power, rapid reaction time, movement accuracy, balance, and flexibility. These attributes enable athletes to make rapid decisions and execute effective techniques within extremely short time frames (3, 4). Consequently, performance in taekwondo depends not only on technical proficiency acquired through training but also on the development of the underlying physical capacities that support optimal performance (5, 6).

Previous research has demonstrated that physical fitness components play a crucial role in predicting skill performance and competitive success in combat sports (5). In taekwondo, sport-specific training has been shown to improve anaerobic capacity, lower-limb explosive power, flexibility, and motor control (4, 7). Furthermore, the application of specialized assessment tools, such as the Frequency Speed of Kick Test (FSKT-10s) for evaluating kicking speed, together with balance and vertical jump tests, has enabled more accurate assessment of performance characteristics that reflect the physiological and technical demands of competition (8). Previous studies have also reported that athletes with greater explosive power and faster reaction times tend to demonstrate superior performance in offensive techniques, kicking speed, and combined technical skills, suggesting that these characteristics contribute to competitive success in taekwondo (7, 8). In addition, performance in taekwondo-specific tests such as the FSKT has been associated with overall physical fitness and the quality of technical skill execution (9). Nevertheless, much of the existing literature has focused primarily on general fitness characteristics or isolated aspects of muscular performance among taekwondo athletes (4).

Evidence further suggests that physical characteristics and skill performance may be influenced by age, sex, and biological maturation (1, 10). Despite the increasing participation of adolescent girls in competitive taekwondo, relatively few studies have examined the relationships between physical fitness components and skill performance in this population (9, 11). Existing investigations have primarily focused on adult or male athletes (4) or have examined only a single physical or skill-related characteristic in isolation (9). For example, some studies have investigated only kicking speed or explosive power (12), whereas relatively few have simultaneously evaluated multiple physical fitness components alongside different indicators of skill performance in adolescent female taekwondo athletes (1). Consequently, it remains unclear how physical attributes such as flexibility, explosive power, reaction time, and balance collectively relate to skill performance indicators, including kicking speed, punching power, and combined technical skill performance, in adolescent female taekwondo athletes. Adolescence is a critical developmental period characterized by rapid changes in neuromuscular coordination, muscular strength, flexibility, and motor control, all of which can substantially influence athletic performance (9). In adolescent female athletes, these developmental processes may differ from those observed in males, potentially influencing the relationships between physical fitness characteristics and skill performance (10).

The importance of addressing this knowledge gap becomes even more evident when considering the demands of modern taekwondo competition, where rapid execution of techniques and the ability to combine technical actions effectively under competitive pressure are key determinants of success (3, 13). Combined technical skills require precise coordination of speed, accuracy, and motor responsiveness and are particularly important during adolescence, as they contribute substantially to athletic development and progression to higher levels of competition (10). Therefore, identifying the physical fitness components associated with these skills may provide a valuable scientific basis for the development of evidence-based training programs. Accordingly, the present study aimed to investigate the relationships between selected physical fitness components, including flexibility, explosive power, reaction time, and balance, and taekwondo-specific skill performance indicators, namely kicking speed, punching power, and combined skill performance, in adolescent female athletes. It was hypothesized that physical fitness components, particularly flexibility, explosive power, and reaction time, would be significantly associated with kicking speed, punching power, and combined skill performance. Furthermore, athletes with higher levels of physical fitness were expected to demonstrate superior performance in taekwondo-specific skill assessments.

2. Methods

2.1. Participants

This applied study employed a quantitative approach using a cross-sectional correlational design. The primary objective was to examine the relationships between selected physical fitness components and skill performance indicators in adolescent female taekwondo athletes. Given the observational nature of the study, the findings were limited to identifying statistical associations, and no causal inferences were made. The target population consisted of female taekwondo athletes from the eastern region of Tehran Province, Iran, aged 14–18 years, with 3–5 years of regular taekwondo training experience. Participants were recruited using a non-probability convenience sampling method to obtain a relatively homogeneous sample suitable for correlation analysis. A total of 31 athletes voluntarily participated in the study. To enhance internal validity and minimize potential confounding factors, participants were required to meet the following inclusion criteria: (a) female sex; (b) age between 14 and 18 years; (c) regular taekwondo training of at least three sessions per week; (d) no musculoskeletal injury during the preceding six months; (e) no injuries or medical conditions that, according to self-report and coach confirmation, could interfere with performance testing or full participation in training; (f) no use of medications or supplements known to affect neuromuscular performance or physical capacity, including stimulants, creatine, or pharmacological agents influencing physiological responses related to sport performance; and (g) no participation in other organized competitive sports. To reduce the potential influence of biological maturation, participants were recruited from a relatively homogeneous age group with comparable training backgrounds. Participants were excluded if they missed more than two testing sessions, sustained an injury during the study period, or failed to comply with the testing procedures. These criteria ensured a homogeneous and reliable sample for examining the relationships among the study variables. Ethical approval was obtained from the relevant institutional ethics committee (Ethics Code: IR.IAU.CTB.REC.1404.196). Before participation, all study procedures, objectives, and potential risks were fully explained to both participants and their parents or legal guardians. Written informed consent was obtained from all participants, and confidentiality of all collected data was ensured throughout the study.

2.2. Procedures

All assessments were conducted under standardized conditions in an indoor training facility with an ambient temperature of 22–24°C, normal environmental humidity, and a standard foam-covered taekwondo training surface. Testing sessions were performed between 4:00 and 6:00 PM to minimize potential circadian influences on performance. Before testing, all participants completed a standardized warm-up consisting of 10 minutes of light jogging and dynamic stretching, followed by 5 minutes of taekwondo-specific activities, including basic kicking techniques and sport-specific movement patterns. Recovery intervals of 3–5 minutes were provided between tests to minimize fatigue. All assessments were administered by two experienced taekwondo coaches and one specialist in physical education and sports biomechanics to ensure procedural consistency and minimize measurement error.

2.3. Physical Fitness Assessments

The physical fitness components assessed in this study included reaction time, flexibility, explosive power, and static balance (Fig. 1).

2.3.1. Reaction Time

Reaction time was assessed using the Nelson Ruler Drop Test. During the test, a ruler was suspended vertically between the participant's thumb and index finger and released without warning. Participants were instructed to catch the ruler as quickly as possible. The distance fallen by the ruler was recorded, and reaction time was calculated using the following equation:

$$t = \sqrt{(2d/g)}$$

where t represents reaction time (s), d is the distance fallen (m), and g is gravitational acceleration ($9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). Three trials were performed, and the best performance was retained for analysis. Previous studies have reported moderate-to-high reliability ($\text{ICC} = 0.60\text{--}0.85$) and acceptable construct validity for this test (14).

2.3.2. Flexibility

Flexibility was assessed using the Sit-and-Reach Test. Participants sat on the floor with their knees fully extended and reached forward with both hands placed one over the other. The maximum distance reached on the measuring box was recorded. Three trials were performed, and the highest value was retained for analysis. This test has demonstrated moderate criterion validity ($r = 0.46\text{--}0.67$) and good reliability ($ICC \approx 0.88$) in athletic populations (15).

2.3.3. Explosive Power

Lower-limb explosive power was assessed using the Sargent Vertical Jump Test. Standing reach height and maximum jump reach height were measured, and the difference between these values was recorded as vertical jump performance. Participants completed three maximal attempts, and the best score was retained for analysis. Previous research has demonstrated excellent reliability for this test ($ICC \approx 0.90$) (16).

2.3.4. Balance

Static balance was assessed using the Stork Balance Test. Participants stood on the forefoot of one leg while placing the opposite foot against the supporting knee. The duration for which balance could be maintained was recorded. Two trials were completed for each leg, and the best performance was retained as the final score. Previous studies have reported good reliability ($ICC \geq 0.82$) and acceptable validity for this assessment (17).

2.4. Skill Performance Assessments

Skill performance indicators included kicking speed, punching power, and combined skill performance (Fig. 2).

2.4.1. Kicking Speed

Kicking speed was assessed using the Frequency Speed of Kick Test (FSKT-10s). Participants performed repeated Ap Dollyo Chagi (roundhouse kicks) with their dominant leg against a handheld target (mitt) for 10 seconds. The target was positioned at trunk level and maintained at a constant height throughout testing. To prevent participants from intentionally reducing kicking force to increase kicking frequency, they were instructed to execute all kicks with an intensity comparable to that used during competition. Only kicks judged by the supervising coach to have acceptable technical quality and effective contact were counted. Two trials were performed with sufficient recovery between attempts, and the best score was retained for analysis. The FSKT-10s has demonstrated excellent reliability ($ICC \approx 0.95$), low measurement error, and strong discriminative ability across performance levels (18).



Fig. 1. Physical fitness assessments (clockwise from top right: reaction time test, lower-limb explosive power test, Stork balance test, and Sit-and-Reach flexibility test).



Fig. 2. Skill performance assessments (clockwise from top right: punching power test, kicking speed test, and combined skill performance test).

2.4.2. Punching Power

Punching power was assessed using a straight punch delivered to a boxing bag while wearing standard taekwondo gloves. The punching target consisted of a cylindrical leather heavy bag weighing approximately 30 kg and suspended securely from the ceiling. The displacement of the lower edge of the bag following impact was measured with a calibrated measuring tape and recorded in centimeters. Participants completed three maximal attempts, and the greatest displacement was used as the indicator of punching power. This method has demonstrated acceptable reliability ($ICC \approx 0.80$) (19).

2.4.3. Combined Skill Performance

Combined skill performance was evaluated using a sport-specific agility and kicking task. Participants completed a zigzag course of approximately 6 m by running between four obstacles positioned 1.5 m apart. Upon reaching the end of the course, participants performed Ap Dollyo Chagi kicks with their dominant leg against two targets positioned approximately 1 m apart at trunk height. This test simultaneously assessed agility, neuromuscular coordination, movement speed, and the ability to execute accurate kicking techniques following rapid changes of direction. Two trials were performed, and the fastest completion time was retained for analysis. Previous studies have reported good reliability for this assessment ($ICC \approx 0.84$) (20).

2.5. Statistical Analysis

All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 26. Descriptive statistics are presented as mean \pm standard deviation (SD). Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test. Relationships between physical fitness components and skill performance indicators were analyzed using Pearson's product–moment correlation coefficient. Statistical significance was established at $p < 0.05$.

3. Results

Descriptive statistics for participant characteristics, physical fitness variables, and skill performance indicators are presented in Table 1. Pearson's correlation analysis revealed several significant associations between physical fitness components and skill performance indicators (Table 2). Flexibility demonstrated significant relationships with reaction time, explosive power, kicking speed, and combined skill performance. Specifically, greater flexibility was associated with shorter reaction times ($r = -0.38$, $p =$

0.03), indicating faster neuromuscular responsiveness. Furthermore, flexibility was positively correlated with explosive power ($r = 0.36$, $p = 0.04$) and kicking speed ($r = 0.50$, $p = 0.003$), suggesting that athletes with greater flexibility tended to exhibit superior lower-limb power and higher kicking frequency. A significant negative correlation was observed between flexibility and combined skill performance time ($r = -0.51$, $p = 0.03$), indicating that athletes with greater flexibility completed the combined skill task more rapidly and therefore achieved better performance. In addition, reaction time was positively associated with combined skill performance time ($r = 0.44$, $p = 0.01$), indicating that slower reaction times were related to poorer performance outcomes. Similarly, kicking speed was significantly associated with combined skill performance ($r = -0.40$, $p = 0.02$), suggesting that athletes capable of producing a higher kicking frequency completed the combined skill task in less time. No statistically significant relationships were observed between balance and any of the skill performance variables. Likewise, punching power was not significantly correlated with flexibility, reaction time, explosive power, kicking speed, or combined skill performance (all $p > 0.05$).

4. Discussion

The present study examined the relationships between selected physical fitness components and skill performance indicators in adolescent female taekwondo athletes. The findings demonstrated that flexibility and reaction time were significantly associated with skill performance. Specifically, greater flexibility was associated with better kicking speed and superior combined skill performance, suggesting that athletes with higher levels of flexibility performed more effectively in both kicking tasks and complex technical movements.

Table 1. Descriptive Statistics of Participant Characteristics, Physical Fitness Variables, and Skill Performance Indicators

Variable	Mean \pm SD
Age (years)	17.32 \pm 1.14
Body Mass (kg)	55.70 \pm 8.40
Height (cm)	166.20 \pm 5.78
Training Experience (years)	3.97 \pm 0.86
Flexibility (cm)	13.61 \pm 11.60
Balance (s)	9.06 \pm 7.56
Reaction Time (s)	0.20 \pm 0.02
Explosive Power (cm)	26.67 \pm 5.78
Kicking Speed (kicks \cdot 10 s ⁻¹)	15.02 \pm 2.71
Punching Power (cm)	11.96 \pm 5.78
Combined Skill Performance (s)	9.24 \pm 1.60

Table 2. Pearson Correlation Coefficients Between Physical Fitness Components and Skill Performance Indicators

Variable	Statistic	Flexibility (cm)	Balance (s)	Reaction Time (s)	Explosive Power (cm)	Kicking Speed (kicks/s)	Punching Power (cm)	Combined Skill Performance (s)
Flexibility (cm)	Pearson Correlation	1	0.29	-0.38	0.36	0.50	-0.15	-0.51
	Sig. (2-tailed)	—	0.10	0.03*	0.04*	0.003*	0.39	0.03*
Balance (s)	Pearson Correlation	0.29	1	-0.02	0.26	0.16	0.31	0.02
	Sig. (2-tailed)	0.10	—	0.89	0.14	0.36	0.08	0.90
Reaction Time (s)	Pearson Correlation	-0.38	-0.02	1	0.02	-0.14	0.27	0.44
	Sig. (2-tailed)	0.03*	0.89	—	0.90	0.42	0.13	0.01*
Explosive Power (cm)	Pearson Correlation	0.36	0.26	0.02	1	0.28	0.14	-0.11
	Sig. (2-tailed)	0.04*	0.14	0.90	—	0.12	0.45	0.53
Kicking Speed (kicks/s)	Pearson Correlation	0.50	0.16	-0.14	0.28	1	-0.13	-0.40
	Sig. (2-tailed)	0.003*	0.36	0.42	0.12	—	0.45	0.02*
Punching Power (cm)	Pearson Correlation	-0.15	0.31	0.27	0.14	-0.13	1	0.24
	Sig. (2-tailed)	0.39	0.08	0.13	0.45	0.45	—	0.17
Combined Skill Performance (s)	Pearson Correlation	-0.51	0.02	0.44	-0.11	-0.40	0.24	1
	Sig. (2-tailed)	0.03*	0.90	0.01*	0.53	0.02*	0.17	—

*Significant at $p < 0.05$.

In addition, faster reaction times were significantly associated with better combined skill performance, highlighting the importance of rapid neuromuscular responsiveness during the execution of integrated taekwondo techniques. Furthermore, kicking speed was negatively correlated with combined skill performance time, indicating that athletes capable of executing kicks at a higher frequency were also able to complete complex technical tasks more efficiently. In contrast, static balance, explosive power, and punching power were not significantly associated with most of the evaluated skill performance indicators. Overall, these findings suggest that flexibility and reaction time are among the physical fitness components most strongly associated with skill performance in adolescent female taekwondo athletes.

The observed associations between flexibility, reaction time, and skill performance may be explained from both biomechanical and physiological perspectives. Greater flexibility increases joint range of motion, facilitates efficient force transmission through the kinetic chain, and reduces muscular resistance during explosive movements (21). In taekwondo, rapid kicking techniques and rotational movements require substantial mobility, particularly at the hip and knee joints. Consequently, greater flexibility may facilitate faster force production and more efficient neuromuscular activation. Moreover, the negative association between flexibility and combined skill performance time indicates that athletes with greater flexibility completed the task more rapidly, reflecting more efficient movement patterns and technical execution. Although flexibility was positively associated with explosive power, explosive power itself was not significantly related to the evaluated skill performance indicators, suggesting that flexibility may have a more direct contribution to sport-specific performance than general lower-limb power in this population. Reaction time is widely recognized as an indicator of neuromuscular responsiveness and the ability of the nervous system to process and respond rapidly to external stimuli (22). The significant association between reaction time and combined skill performance suggests that athletes with faster responses are better able to execute complex motor sequences efficiently. This finding is consistent with current concepts of motor control, which emphasize the importance of rapid and accurate responses to environmental stimuli during combat sports. Similarly, kicking speed, assessed using the Frequency Speed of Kick Test (FSKT-10s), reflects not only the ability to perform repeated kicks at high speed but also the neuromuscular coordination required to sustain explosive movements (9). The negative relationship between kicking speed and combined skill performance time further indicates that athletes capable of executing technically effective kicks at a higher frequency are also more proficient in performing complex movement sequences efficiently. From a practical perspective, successful execution of combined taekwondo skills requires an integrated combination of movement speed, neuromuscular coordination, technical proficiency, and the ability to maintain movement rhythm under physically demanding conditions.

Contrary to the initial hypothesis, lower-limb explosive power was not significantly associated with the evaluated skill performance indicators. This finding differs from previous studies that have highlighted the importance of explosive power in taekwondo performance (12). One possible explanation relates to the developmental characteristics of adolescent athletes. During adolescence, variations in neuromuscular development and biological maturation may influence the extent to which general explosive power translates into sport-specific performance. Furthermore, the Sargent Vertical Jump Test primarily assesses general lower-limb explosive capacity, whereas successful taekwondo performance depends on a complex interaction of neuromuscular coordination, movement control, decision-making speed, and technical proficiency. The relatively small sample size may also have limited the statistical power required to detect weaker associations. It is therefore plausible that flexibility and reaction time play a more prominent role than general explosive power in determining skill performance among adolescent female taekwondo athletes.

Previous research has consistently identified flexibility, explosive power, and movement speed as important determinants of performance in taekwondo and other combat sports (4, 19). In a systematic review, Kim et al. reported that taekwondo athletes exhibit a multidimensional physical profile characterized by strength, speed, and flexibility, all of which contribute to technical execution and competitive performance (5). Although most previous studies have focused on adult or male athletes, their findings are generally consistent with the present results. In addition, flexibility-oriented training programs have been shown to improve reaction time and explosive performance in combat sport athletes (12), supporting the positive association observed between flexibility and explosive power in the current study. Similarly, investigations using the Frequency Speed of Kick Test (FSKT-10s) have demonstrated that this assessment is a sensitive measure of kicking speed and repeated kicking performance, both of which are

associated with competitive success (9). These findings are consistent with the significant relationship identified between kicking speed and combined skill performance in the present study.

Some studies have also suggested that balance and punching power contribute to performance in complex combat-sport movements (23). However, no significant relationships were observed in the present study. Regarding balance, one possible explanation is that the Stork Balance Test evaluates static balance, whereas taekwondo performance relies predominantly on dynamic balance during rapid directional changes, kicking actions, and transitional movements. Consequently, a static balance assessment may not adequately reflect the functional demands of competitive taekwondo. In addition, the relatively homogeneous training background of the participants may have reduced variability in balance performance, thereby limiting the likelihood of detecting significant correlations.

Similarly, punching power was not significantly associated with any of the evaluated skill performance indicators. This finding may be related to the assessment method, as displacement of a punching bag may not fully represent the multidimensional nature of punching performance in taekwondo, which depends on force production, impact velocity, movement accuracy, and intermuscular coordination. Moreover, kicking techniques generally play a more dominant role than hand techniques in modern taekwondo competition, particularly among adolescent athletes, which may explain the limited contribution of punching power to overall skill performance.

The findings of this study have several practical implications for coaches, strength and conditioning specialists, and sport practitioners. Training programs designed to improve lower-limb flexibility may contribute to enhanced reaction time and combined technical performance. Accordingly, dynamic stretching, active flexibility exercises, and mobility-focused interventions should be incorporated into periodized training programs. Furthermore, neuromuscular response training, including reactive drills, agility exercises incorporating unpredictable stimuli, and visual–auditory reaction tasks, may further improve reaction speed and technical execution. Finally, sport-specific assessments such as the FSKT-10s may serve as valuable monitoring tools, enabling coaches to evaluate not only kicking speed and repeated-performance capacity but also broader aspects of technical skill development.

Several limitations should be considered when interpreting the findings of this study. First, the cross-sectional correlational design precludes causal inference; therefore, the observed relationships should be interpreted strictly as associations. Second, the relatively small sample size ($N = 31$) may have limited the statistical power to detect weaker correlations and may reduce the generalizability of the findings. Third, participants were recruited using convenience sampling and represented only adolescent female taekwondo athletes from eastern Tehran Province, Iran, thereby limiting the external validity of the results. In addition, potentially important confounding variables, including body mass index, biological maturation status, detailed training history, and training program characteristics, were not systematically controlled and may have influenced the observed relationships. Finally, multiple correlation analyses were performed, increasing the possibility of Type I error. Although no adjustment for multiple comparisons (e.g., Bonferroni correction) was applied because of the exploratory nature of the study and the limited sample size, this issue should be considered when interpreting the findings.

Future studies should employ longitudinal or quasi-experimental designs to investigate changes in physical fitness and skill performance following targeted training interventions. Larger, multi-center studies involving more diverse athlete populations are also needed to improve the generalizability of the findings. Furthermore, advanced statistical approaches, including multiple regression, path analysis, and structural equation modeling, may provide deeper insight into the direct and indirect mechanisms through which physical fitness characteristics influence sport-specific performance in taekwondo.

5. Conclusion

In conclusion, the findings of the present study demonstrated that selected physical fitness components, particularly flexibility and reaction time, were significantly associated with skill performance indicators in adolescent female taekwondo athletes. Furthermore, kicking speed, as a sport-specific performance measure, showed a significant relationship with combined skill performance. These findings contribute to a better understanding of the physical attributes associated with technical performance in adolescent female taekwondo athletes and may provide valuable guidance for the development and implementation of evidence-based training programs. Nevertheless, given the limitations of the study, including the relatively

small sample size, convenience sampling approach, and correlational design, the findings should be interpreted with caution and should not be considered evidence of causal relationships.

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to all adolescent female taekwondo athletes who voluntarily participated in this study and contributed to its successful completion.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles relevant to human research were strictly observed throughout the study. Detailed information regarding the study procedures, objectives, potential benefits, and participants' rights was clearly explained to both the athletes and their parents or legal guardians. Written informed consent was obtained from parents or legal guardians, and verbal assent was obtained from the participating adolescents before data collection. The study was conducted in accordance with the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki. Participants were informed of their right to withdraw from the study at any stage without penalty, and the confidentiality of all personal information was maintained. Every effort was made to ensure that participation in the study posed no physical or psychological risk to the participants. Ethical approval for this study was obtained from the Ethics Committee of Islamic Azad University-Central Tehran Branch (Ethics Code: IR.IAU.CTB.REC.1404.196).

Funding

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

Authors' contributions

All authors made substantial contributions to the conception and design of the study, data collection, analysis and interpretation of data, manuscript preparation, and critical revision of the manuscript. All authors reviewed and approved the final version of the manuscript.

Conflicts of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this study.

مقاله پژوهشی

ارتباط بین مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر: یک مطالعه مقطعی

علی‌رضا الهامی پور^۱، * راضیه یوسفیان ملا^۱، علی فتاحی^۱

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Elahamipour A, Yousefian Molla R, Fatahi A. Relationships Between Selected Components of Physical Fitness and Skill Performance in Adolescent Female Taekwondo Athletes: A Cross-Sectional Study. Journal of Sport Biomechanics. 2026;12(3):432-453. <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.432> <https://doi.org/10.66224/JSportBiomech.12.3.432>

چکیده

هدف تکواندو به‌عنوان یک ورزش رزمی المپیک، نیازمند هماهنگی بالایی بین مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و مهارت‌های فنی-حرکتی است. با این حال، شواهد مربوط به ارتباط هم‌زمان این مؤلفه‌ها با عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر محدود است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های منتخب آمادگی جسمانی شامل انعطاف‌پذیری، توان انفجاری، زمان واکنش و تعادل با شاخص‌های عملکرد مهارتی شامل سرعت ضربه پا، قدرت ضربه دست و مهارت ترکیبی در تکواندوکاران نوجوان دختر انجام شد.

روش‌ها این پژوهش از نوع مقطعی-همبستگی با رویکرد کمی بود. نمونه آماری شامل ۳۱ تکواندوکار دختر ۱۴ تا ۱۸ ساله با ۳ تا ۵ سال سابقه تمرین بود. مؤلفه‌های آمادگی جسمانی با استفاده از آزمون‌های بشین و برسان (انعطاف‌پذیری)، پرش عمودی سارجنت (توان انفجاری)، خط‌کش نلسون (زمان واکنش) و آزمون لک‌لک (تعادل) ارزیابی شدند. شاخص‌های عملکرد مهارتی نیز شامل سرعت ضربه پا (FSKT-10s)، قدرت ضربه دست و مهارت ترکیبی بود. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و ضریب همبستگی پیرسون تحلیل شدند.

یافته‌ها انعطاف‌پذیری با زمان واکنش ($r = -0/38$)، توان انفجاری ($r = 0/36$)، سرعت ضربه پا ($r = 0/50$) و مهارت ترکیبی ($r = -0/51$) همبستگی معناداری نشان داد. همچنین، زمان واکنش با مهارت ترکیبی ($r = 0/44$) و سرعت ضربه پا با زمان اجرای مهارت ترکیبی ($r = -0/40$) رابطه معناداری داشت. در مقابل، تعادل ایستا و قدرت ضربه دست با شاخص‌های عملکرد مهارتی، از جمله سرعت ضربه پا و مهارت ترکیبی، همبستگی معناداری نشان ندادند.

نتیجه‌گیری نتایج این مطالعه نشان داد که انعطاف‌پذیری و زمان واکنش با عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر ارتباط معناداری دارند. ورزشکارانی که از انعطاف‌پذیری بیشتر و زمان واکنش کوتاه‌تری برخوردار بودند، عملکرد بهتری در اجرای مهارت‌های ترکیبی و سرعت ضربه پا نشان دادند. این یافته‌ها می‌توانند مبنای طراحی برنامه‌های تمرینی هدفمند برای ارتقای عملکرد رقابتی در تکواندو باشند.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۹ فروردین ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۶ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ انتشار: ۱۳ تیر ۱۴۰۵

کلید واژه‌ها:

آمادگی جسمانی، عملکرد مهارتی، تکواندو

*نویسنده مسئول:

راضیه یوسفیان ملا

آدرس: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

ایمیل: Razieh.yousefianmolla@iau.ac.ir

مقدمه

تکواندو به‌عنوان یک ورزش رزمی المپیک، ماهیتی چندبعدی دارد و موفقیت در آن مستلزم تعامل هماهنگ میان مؤلفه‌های مختلف آمادگی جسمانی و مهارت‌های فنی-حرکتی است (۱،۲). اجرای مؤثر تکنیک‌ها، به‌ویژه در شرایط رقابتی، مستلزم برخورداری از توان انفجاری، زمان واکنش سریع، دقت حرکتی، تعادل و انعطاف‌پذیری مناسب است؛ عواملی که امکان تصمیم‌گیری سریع و اجرای مؤثر تکنیک‌ها را در بازه‌های زمانی بسیار کوتاه فراهم می‌کنند (۳،۴). از این رو، عملکرد مهارتی در تکواندو تنها به مهارت‌های فنی اکتسابی محدود نمی‌شود، بلکه به میزان توسعه ویژگی‌های جسمانی زیربنایی نیز وابسته است (۵، ۶).

شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که مؤلفه‌های آمادگی جسمانی نقش مهمی در پیش‌بینی عملکرد مهارتی و موفقیت رقابتی در ورزش‌های رزمی ایفا می‌کنند (۵). در تکواندو، مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که تمرینات اختصاصی این رشته با بهبود توان بی‌هوازی، افزایش توان انفجاری اندام تحتانی، ارتقای انعطاف‌پذیری و بهبود کنترل حرکتی همراه است (۴،۷). علاوه بر این، استفاده از آزمون‌های اختصاصی، نظیر آزمون سرعت تکرار ضربه پا (FSKT-10s)، آزمون‌های تعادل و پرش عمودی، امکان ارزیابی دقیق‌تر ویژگی‌های عملکردی متناسب با نیازهای واقعی مسابقه را فراهم کرده است (۸). مطالعات پیشین همچنین نشان داده‌اند که ورزشکارانی با توان انفجاری بیشتر و زمان واکنش کوتاه‌تر، عملکرد بهتری در اجرای تکنیک‌های تهاجمی، سرعت ضربه پا و مهارت‌های ترکیبی دارند و این ویژگی‌ها می‌توانند با موفقیت رقابتی در تکواندو مرتبط باشند (۷،۸). همچنین گزارش شده است که عملکرد بهتر در آزمون‌های اختصاصی تکواندو، مانند FSKT، با سطح آمادگی جسمانی و کیفیت اجرای مهارت‌های فنی ارتباط دارد (۹). با این حال، بخش قابل توجهی از پژوهش‌های موجود عمدتاً بر شاخص‌های کلی آمادگی جسمانی یا جنبه‌های منفردی از عملکرد عضلانی در تکواندوکاران تمرکز داشته‌اند (۴).

شواهد موجود همچنین نشان می‌دهد که ویژگی‌های جسمانی و الگوهای عملکرد مهارتی می‌توانند تحت تأثیر سن، جنسیت و مرحله رشد قرار گیرند (۱،۱۰). با وجود افزایش مشارکت دختران نوجوان در تکواندو رقابتی، مطالعات اندکی روابط بین مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و عملکرد مهارتی را در این گروه بررسی کرده‌اند (۹،۱۱). بیشتر پژوهش‌های پیشین بر ورزشکاران مرد یا بزرگسال متمرکز بوده‌اند (۴) یا تنها یک مؤلفه جسمانی یا مهارتی را به‌صورت مجزا بررسی کرده‌اند (۹). برای مثال، برخی مطالعات صرفاً بر سرعت ضربه پا یا توان انفجاری تمرکز داشته‌اند (۱۲)، در حالی که پژوهش‌های اندکی چندین مؤلفه آمادگی جسمانی را به‌طور هم‌زمان در کنار شاخص‌های مختلف عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر بررسی کرده‌اند (۱). بنابراین، هنوز مشخص نیست که چگونه مؤلفه‌هایی مانند انعطاف‌پذیری، توان انفجاری، زمان واکنش و تعادل به‌صورت هم‌زمان با شاخص‌های عملکرد مهارتی، از جمله سرعت ضربه پا، قدرت ضربه دست و مهارت ترکیبی، در تکواندوکاران نوجوان دختر ارتباط دارند. دوره نوجوانی مرحله‌ای حساس از رشد است که طی آن هماهنگی عصبی-عضلانی، قدرت عضلانی، انعطاف‌پذیری و کنترل حرکتی دستخوش تغییرات سریع می‌شوند و این تغییرات می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد ورزشی داشته باشند (۹). در ورزشکاران دختر نوجوان، این فرایندهای رشدی ممکن است با الگوهایی متفاوت از پسران همراه باشد و در نتیجه بر روابط میان ویژگی‌های جسمانی و اجرای مهارت‌های ورزشی تأثیر بگذارد (۱۰).

اهمیت پرداختن به این شکاف پژوهشی زمانی آشکارتر می‌شود که در تکواندوی مدرن، سرعت اجرای تکنیک‌ها و توانایی ترکیب حرکات فنی تحت فشار رقابتی از عوامل کلیدی موفقیت محسوب می‌شوند (۳،۱۳). مهارت‌های ترکیبی، که مستلزم هماهنگی دقیق

میان سرعت، دقت و پاسخ‌دهی حرکتی هستند، به‌ویژه در دوران نوجوانی نقش مهمی در رشد ورزشی و پیشرفت به سطوح بالاتر رقابت ایفا می‌کنند (۱۰). از این رو، شناسایی مؤلفه‌های آمادگی جسمانی مرتبط با این مهارت‌ها می‌تواند مبنای علمی ارزشمندی برای طراحی برنامه‌های تمرینی هدفمند و مبتنی بر شواهد فراهم آورد. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های منتخب آمادگی جسمانی، شامل انعطاف‌پذیری، توان انفجاری، زمان واکنش و تعادل، با شاخص‌های عملکرد مهارتی تکواندو، شامل سرعت ضربه پا، قدرت ضربه دست و مهارت ترکیبی، در تکواندوکاران نوجوان دختر بود. انتظار می‌رود یافته‌های این مطالعه با ارائه تصویری جامع از تعامل میان ویژگی‌های جسمانی و عملکرد مهارتی، به ارتقای دانش کاربردی مربیان و پژوهشگران در زمینه تمرینات تخصصی تکواندو و بهینه‌سازی عملکرد این گروه از ورزشکاران کمک کند. بر اساس شواهد تجربی پیشین و مبانی نظری مرتبط با عملکرد در تکواندو، فرض شد که مؤلفه‌های آمادگی جسمانی، به‌ویژه انعطاف‌پذیری، توان انفجاری و زمان واکنش، با شاخص‌های عملکرد مهارتی، شامل سرعت ضربه پا، قدرت ضربه دست و مهارت ترکیبی، ارتباط معناداری داشته باشند. همچنین انتظار می‌رفت ورزشکارانی که از سطوح بالاتری از آمادگی جسمانی برخوردارند، عملکرد بهتری در آزمون‌های اختصاصی مهارتی تکواندو نشان دهند.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با رویکرد کمی طراحی شد و در قالب یک مطالعه مقطعی-همبستگی اجرا گردید. هدف این پژوهش بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های منتخب آمادگی جسمانی و شاخص‌های عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر بود. با توجه به ماهیت مشاهده‌ای مطالعه، یافته‌ها صرفاً بیانگر روابط آماری خطی میان متغیرها هستند و از هرگونه استنباط علی اجتناب شده است. جامعه آماری پژوهش شامل تکواندوکاران دختر شرق استان تهران در رده سنی ۱۴ تا ۱۸ سال با سابقه ۳ تا ۵ سال تمرین منظم تکواندو بود. نمونه‌گیری به روش غیرتصادفی در دسترس انجام شد و در مجموع ۳۱ ورزشکار به‌صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند. به‌منظور افزایش روایی درونی پژوهش و کاهش عوامل مداخله‌گر، معیارهای ورود شامل: (۱) جنسیت مؤنث؛ (۲) سن بین ۱۴ تا ۱۸ سال؛ (۳) حداقل سه جلسه تمرین منظم تکواندو در هفته؛ (۴) نداشتن سابقه آسیب‌دیدگی اسکلتی-عضلانی طی شش ماه گذشته؛ (۵) نداشتن هرگونه آسیب یا بیماری که بر اساس خوداظهاری آزمودنی و تأیید مربی، توانایی اجرای آزمون‌های عملکردی یا مشارکت کامل در تمرینات را مختل کند؛ (۶) عدم مصرف داروها یا مکمل‌های مؤثر بر عملکرد عصبی-عضلانی و توان جسمانی، از جمله مکمل‌های محرک، کراتین یا داروهای مؤثر بر پاسخ‌های فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد ورزشی؛ و (۷) عدم مشارکت در سایر ورزش‌های سازمان‌یافته بود. با توجه به اینکه تمامی شرکت‌کنندگان در دوره نوجوانی قرار داشتند، تلاش شد آزمودنی‌ها از نظر وضعیت رشد و بلوغ جسمانی و همچنین سابقه تمرینی، تا حد امکان همگن باشند تا اثر تفاوت‌های ناشی از بلوغ کاهش یابد. همچنین، شرکت‌کنندگانی که بیش از دو جلسه از فرآیند ارزیابی غیبت داشتند، در طول مطالعه دچار آسیب شدند یا همکاری لازم را در اجرای آزمون‌ها نداشتند، از پژوهش خارج شدند. پیش از آغاز پژوهش، مجوز اخلاقی از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی اخذ شد (کد اخلاق: IR.IAU.CTB.REC.1404.196). اهداف، مراحل اجرا و مخاطرات احتمالی پژوهش برای آزمودنی‌ها و والدین یا سرپرستان قانونی آنان به‌طور کامل توضیح داده شد و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از تمامی شرکت‌کنندگان دریافت گردید. همچنین به آنان اطمینان داده شد که تمامی اطلاعات جمع‌آوری‌شده محرمانه باقی‌مانده و صرفاً برای اهداف پژوهشی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

شرایط اجرای آزمون‌ها

تمامی آزمون‌ها در شرایط استاندارد و یکسان، در سالن سرپوشیده تمرین با دمای محیط حدود ۲۲ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد، رطوبت متعارف و کفپوش استاندارد فومی ویژه تمرینات تکواندو اجرا شدند. تمامی ارزیابی‌ها در ساعات مشابه روز (بین ساعت ۱۶ تا ۱۸) انجام شد تا اثرات احتمالی ریتم شبانه‌روزی بر عملکرد آزمودنی‌ها به حداقل برسد. پیش از شروع آزمون‌ها، تمامی شرکت‌کنندگان یک برنامه گرم‌کردن استاندارد شامل ۱۰ دقیقه دویدن سبک و حرکات کششی پویا و سپس ۵ دقیقه گرم‌کردن اختصاصی شامل اجرای تکنیک‌های پایه و حرکات تخصصی تکواندو را انجام دادند. بین آزمون‌ها نیز ۳ تا ۵ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد تا اثر خستگی بر نتایج به حداقل برسد. تمامی آزمون‌ها توسط دو مربی باتجربه تکواندو و یک متخصص تربیت‌بدنی و بیومکانیک ورزشی اجرا شد تا یکنواختی در اجرای آزمون‌ها حفظ شده و خطای اندازه‌گیری کاهش یابد.

آزمون‌های آمادگی جسمانی

مؤلفه‌های آمادگی جسمانی مورد ارزیابی شامل زمان واکنش، انعطاف‌پذیری، توان انفجاری و تعادل بودند (شکل ۱).

زمان واکنش

زمان واکنش با استفاده از آزمون خط‌کش نلسون اندازه‌گیری شد. در این آزمون، خط‌کش به‌صورت عمودی بین انگشت شست و سیبیه آزمودنی نگه داشته شده و بدون اعلام قبلی رها می‌شد. آزمودنی موظف بود در سریع‌ترین زمان ممکن خط‌کش را بگیرد. فاصله سقوط خط‌کش ثبت شد و زمان واکنش با استفاده از رابطه $t = \sqrt{2d/g}$ محاسبه گردید، که در آن t زمان واکنش (ثانیه)، d فاصله سقوط خط‌کش (متر) و g شتاب گرانش (۹/۸ متر بر مجذور ثانیه) است. آزمون سه بار اجرا شد و بهترین رکورد برای تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات پیشین پایایی متوسط تا بالا ($ICC=0.60-0.85$) و روایی سازه مناسب این آزمون را در ورزشکاران گزارش کرده‌اند (۱۴).



شکل ۱. آزمون‌های آمادگی جسمانی (از بالا سمت راست: آزمون زمان واکنش، آزمون پرش عمودی سارجنت، آزمون تعادل لک‌لک و آزمون انعطاف‌پذیری بشین و برسان).

انعطاف پذیری

انعطاف پذیری با آزمون بشین و برسان اندازه گیری شد. آزمودنی با زانوهای کاملاً کشیده روی زمین نشست و با قرار دادن دو دست روی یکدیگر، تا حد امکان به سمت جلو خم شد. بیشترین فاصله ثبت شده روی جبهه اندازه گیری به عنوان رکورد آزمون ثبت شد. آزمون سه بار اجرا شد و بهترین مقدار برای تحلیل آماری در نظر گرفته شد. این آزمون دارای روایی معیار متوسط ($r=0.46-0.67$) و پایایی مناسب ($ICC \approx 0.88$) در جمعیت های ورزشکار است (۱۵).

توان انفجاری

توان انفجاری اندام تحتانی با آزمون پرش عمودی سارجنت ارزیابی شد. ابتدا ارتفاع دسترسی آزمودنی در حالت ایستاده و سپس بیشترین ارتفاع لمس شده در هنگام پرش اندازه گیری شد و اختلاف این دو مقدار به عنوان شاخص عملکرد ثبت گردید. هر آزمودنی سه تلاش انجام داد و بهترین رکورد برای تحلیل آماری استفاده شد. این آزمون دارای پایایی بسیار بالا ($ICC \approx 0.90$) است (۱۶).

تعادل

تعادل ایستا با استفاده از آزمون لک لک اندازه گیری شد. آزمودنی روی پنجه یک پا ایستاده و کف پای دیگر را روی زانوی پای تکیه گاه قرار می داد. مدت زمان حفظ تعادل ثبت شد. آزمون برای هر پا دو بار اجرا شد و بهترین رکورد به عنوان نمره نهایی در نظر گرفته شد. مطالعات پیشین پایایی مناسب ($ICC \geq 0.82$) و روایی قابل قبول این آزمون را گزارش کرده اند (۱۷).

آزمون های عملکرد مهارتی

شاخص های عملکرد مهارتی شامل سرعت ضربه پا، قدرت ضربه دست و مهارت ترکیبی بودند (شکل ۲).



شکل ۲. آزمون های عملکرد مهارتی (از بالا سمت راست: آزمون قدرت ضربه دست، آزمون سرعت ضربه پا و در پایین: آزمون مهارت ترکیبی).

سرعت ضربه پا

سرعت ضربه پا با استفاده از آزمون FSKT-10s ارزیابی شد. آزمودنی ضربات آپ دولیو چاگی را با پای غالب به صورت متوالی و به مدت ۱۰ ثانیه به میت وارد کرد. میت در ارتفاع تنه (ناحیه سینه) قرار گرفت و این ارتفاع برای تمامی آزمودنی‌ها ثابت نگه داشته شد. برای جلوگیری از کاهش عمدی شدت ضربات به منظور افزایش تعداد آن‌ها، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تمامی ضربات را با شدتی مشابه شرایط مسابقه اجرا کنند. تنها ضرباتی که از نظر مربی ناظر دارای تماس مؤثر و کیفیت فنی مناسب بودند، ثبت شدند. آزمون دو بار اجرا شد و بهترین رکورد به عنوان نمره نهایی در نظر گرفته شد. این آزمون دارای پایایی بسیار بالا ($ICC \approx 0.95$)، خطای اندازه‌گیری پایین و توانایی مناسب در تفکیک سطوح مختلف ورزشکاران است (۱۸).

قدرت ضربه دست

قدرت ضربه دست با اجرای ضربه مشت مستقیم به یک کیسه بوکس چرمی استوانه‌ای با وزن تقریبی ۳۰ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. میزان جابه‌جایی لبه پایینی کیسه پس از ضربه با متر نواری مدرج و بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. هر آزمودنی سه تلاش انجام داد و بیشترین مقدار ثبت‌شده به عنوان شاخص قدرت ضربه دست در نظر گرفته شد. این روش دارای کاربرد عملی و پایایی قابل قبول ($ICC \approx 0.80$) است (۱۹).

مهارت ترکیبی

مهارت ترکیبی با استفاده از یک آزمون اختصاصی شامل دویدن زیگزاگ و اجرای ضربات پا ارزیابی شد. آزمودنی مسیر زیگزاگ به طول تقریبی ۶ متر را با عبور از بین چهار مانع که با فاصله ۵/۱ متر از یکدیگر قرار گرفته بودند طی می‌کرد و سپس با پای غالب ضربات آپ دولیو چاگی را به دو میت که با فاصله حدود یک متر از یکدیگر و در ارتفاع تنه قرار داشتند، اجرا می‌کرد. این آزمون به منظور ارزیابی هم‌زمان چابکی، هماهنگی عصبی-عضلانی، سرعت جابه‌جایی و توانایی اجرای دقیق ضربات پس از تغییر مسیر طراحی شد. آزمون دو بار اجرا شد و سریع‌ترین زمان ثبت‌شده به عنوان رکورد نهایی مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات قبلی پایایی مناسبی برای این آزمون گزارش کرده‌اند ($ICC \approx 0.84$) (۲۰).

تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics نسخه ۲۶ انجام شد. آمار توصیفی به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش گردید. طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. برای بررسی روابط بین مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و شاخص‌های عملکرد مهارتی از ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون‌ها $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

آمار توصیفی ویژگی‌های آزمودنی‌ها، مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و شاخص‌های عملکرد مهارتی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون همبستگی پیرسون (جدول ۲) نشان داد که انعطاف‌پذیری با زمان واکنش، توان انفجاری، سرعت ضربه پا و مهارت ترکیبی

ارتباط معنی‌داری دارد. به‌طور مشخص، افزایش انعطاف‌پذیری با کاهش زمان واکنش همراه بود ($r = -0/38, p = 0/03$) که بیانگر واکنش سریع‌تر ورزشکاران است. همچنین، انعطاف‌پذیری با توان انفجاری ($r = 0/36, p = 0/04$) و سرعت ضربه پا ($r = 0/03, p = 0/50$) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد؛ به این معنا که ورزشکاران دارای انعطاف‌پذیری بیشتر، از توان انفجاری بالاتر و سرعت ضربه پای بیشتری برخوردار بودند. علاوه بر این، انعطاف‌پذیری با زمان اجرای مهارت ترکیبی همبستگی منفی و معنی‌داری داشت ($r = -0/51, p = 0/03$) که نشان می‌دهد افزایش انعطاف‌پذیری با کاهش زمان اجرای آزمون و در نتیجه بهبود عملکرد مهارتی همراه است. همچنین، زمان واکنش با زمان اجرای مهارت ترکیبی همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد ($r = 0/44, p = 0/01$)، به‌گونه‌ای که افزایش زمان واکنش با افزایش زمان اجرای آزمون مهارت ترکیبی و کاهش عملکرد همراه بود.

جدول ۱. آمار توصیفی ویژگی‌های آزمودنی‌ها، مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و شاخص‌های عملکرد مهارتی

متغیر	انحراف استاندارد \pm میانگین
سن (سال)	۱۷/۳۲ \pm ۱/۱۴
وزن (کیلوگرم)	۵۵/۷ \pm ۸/۴
قد (سانتی متر)	۱۶۶/۲ \pm ۵/۷۸
سابقه ورزشی (سال)	۳/۹۷ \pm ۰/۸۶
انعطاف‌پذیری (سانتی متر)	۱۳/۶۱ \pm ۱۱/۶
تعادل (ثانیه)	۹/۰۶ \pm ۷/۵۶
زمان عکس‌العمل (ثانیه)	۰/۲ \pm ۰/۰۲
توان انفجاری (سانتی متر)	۲۶/۶۷ \pm ۵/۷۸
سرعت ضربه پا (تعداد ضربه / ده ثانیه)	۱۵/۰۲ \pm ۲/۷۱
قدرت ضربه دست (سانتی متر)	۱۱/۹۶ \pm ۵/۷۸
مهارت ترکیبی (ثانیه)	۹/۲۴ \pm ۱/۶

جدول ۲. ضرایب همبستگی پیرسون بین مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و شاخص‌های عملکرد مهارتی

انعطاف‌پذیری (سانتی متر)	تعادل (ثانیه)	زمان عکس‌العمل (ثانیه)	توان انفجاری (سانتی متر)	سرعت ضربه پا (تعداد ضربه/ثانیه)	قدرت ضربه دست (سانتی متر)	مهارت ترکیبی (ثانیه)
ارتباط پیرسون	۲۹/۰	۳۸/۰	۳۶/۰	۵۰/۰	۱۵/۰	۵۱/۰
p-value	۱/۰	۰/۳/۰	۰/۴/۰	۰/۳/۰	۳۹/۰	۰/۳/۰
ارتباط پیرسون	۲۹/۰	۰/۲/۰	۲۶/۰	۱۶/۰	۳۱/۰	۰/۲/۰
p-value	۱۰/۰	۸۹/۰	۱۴/۰	۳۶/۰	۰/۸/۰	۹/۰
زمان عکس‌العمل (ثانیه)	ارتباط پیرسون	۳۸/۰	۰/۲/۰	۱	۱۴/۰	۴۴/۰
p-value	۰/۳/۰	۸۹/۰	۹/۰	۴۲/۰	۱۳/۰	۰/۱/۰
توان انفجاری (سانتی متر)	ارتباط پیرسون	۲۶/۰	۰/۲/۰	۱	۱۴/۰	۱۱/۰
p-value	۰/۴/۰	۱۴/۰	۹/۰	۱۲/۰	۴۵/۰	۵۳/۰
سرعت ضربه پا (تعداد ضربه / ثانیه)	ارتباط پیرسون	۱۶/۰	۱۴/۰	۲۸/۰	۱	۴/۰
p-value	۰/۳/۰	۳۶/۰	۳۲/۰	۱۲/۰	۴۵/۰	۰/۲/۰
قدرت ضربه دست (سانتی متر)	ارتباط پیرسون	۳۱/۰	۲۷/۰	۱۴/۰	۱۳/۰	۲۴/۰
p-value	۰/۸/۰	۳۹/۰	۱۳/۰	۴۵/۰	۱	۱۷/۰
مهارت ترکیبی (ثانیه)	ارتباط پیرسون	۵۱/۰	۴۴/۰	۱۱/۰	۴/۰	۱
p-value	۰/۳/۰	۹/۰	۰/۱/۰	۵۳/۰	۰/۲/۰	۱۷/۰

*سطح معناداری: $p < 0/05$

از سوی دیگر، سرعت ضربه پا با زمان اجرای مهارت ترکیبی همبستگی منفی و معنی‌داری داشت ($r = -0.40$, $p = 0.02$)، به این معنا که ورزشکارانی که تعداد ضربات بیشتری را در آزمون FSKT-10s اجرا کردند، آزمون مهارت ترکیبی را نیز در زمان کوتاه‌تری به پایان رساندند. بین سایر متغیرهای پژوهش رابطه معنی‌دار آماری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های منتخب آمادگی جسمانی و شاخص‌های عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که برخی مؤلفه‌های آمادگی جسمانی، به‌ویژه انعطاف‌پذیری و زمان واکنش، با عملکرد مهارتی ارتباط معناداری دارند. به‌طور مشخص، انعطاف‌پذیری با سرعت ضربه پا و مهارت ترکیبی همبستگی معنی‌داری نشان داد؛ به‌گونه‌ای که ورزشکاران دارای انعطاف‌پذیری بیشتر، عملکرد بهتری در اجرای ضربات پا و مهارت‌های ترکیبی داشتند. همچنین، زمان واکنش با مهارت ترکیبی رابطه معنی‌داری داشت که نشان‌دهنده اهمیت پاسخ‌دهی سریع دستگاه عصبی-عضلانی در اجرای مهارت‌های پیچیده تکواندو است. علاوه بر این، سرعت ضربه پا با مهارت ترکیبی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد؛ به این معنا که ورزشکارانی که قادر بودند تعداد بیشتری ضربه را در مدت زمان مشخص اجرا کنند، آزمون مهارت ترکیبی را نیز در زمان کوتاه‌تری به پایان رساندند. در مقابل، تعادل ایستا، توان انفجاری و قدرت ضربه دست ارتباط معنی‌داری با سایر شاخص‌های عملکرد مهارتی نشان ندادند. در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری و زمان واکنش از مهم‌ترین عوامل مرتبط با عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر هستند. در تبیین این یافته‌ها می‌توان گفت که انعطاف‌پذیری بیشتر با کاهش زمان واکنش، افزایش توان انفجاری و بهبود سرعت ضربه پا همراه بود. این نتایج را می‌توان از دیدگاه‌های بیومکانیکی و فیزیولوژیکی تفسیر کرد. افزایش انعطاف‌پذیری موجب افزایش دامنه حرکتی مفاصل، بهبود انتقال نیرو در زنجیره حرکتی و کاهش مقاومت عضلانی در هنگام اجرای حرکات انفجاری می‌شود (۲۱). در تکواندو، اجرای سریع تکنیک‌های چرخشی و ضربات پا مستلزم دامنه حرکتی مناسب، به‌ویژه در مفاصل ران و زانو است؛ از این رو، افزایش انعطاف‌پذیری می‌تواند تولید سریع‌تر نیرو و کارایی بیشتر سیستم عصبی-عضلانی را تسهیل کند. همچنین، همبستگی منفی بین انعطاف‌پذیری و زمان اجرای مهارت ترکیبی نشان می‌دهد که ورزشکاران با انعطاف‌پذیری بیشتر، آزمون مهارت ترکیبی را در زمان کوتاه‌تری انجام داده‌اند؛ موضوعی که احتمالاً بیانگر تعامل مطلوب بین انعطاف‌پذیری عضلانی، کارایی حرکتی و کنترل عصبی-عضلانی است.

زمان واکنش نیز به‌عنوان شاخصی از آمادگی و پاسخ‌دهی دستگاه عصبی-عضلانی در شرایط حرکتی سریع شناخته می‌شود (۲۲). در پژوهش حاضر، همبستگی مثبت بین زمان واکنش و زمان اجرای مهارت ترکیبی نشان داد که ورزشکارانی که زمان واکنش کوتاه‌تری (واکنش سریع‌تر) داشتند، آزمون مهارت ترکیبی را نیز در زمان کمتری به پایان رساندند و عملکرد بهتری ارائه کردند. این یافته با نظریه‌های کنترل حرکتی که بر نقش پاسخ‌های سریع و دقیق به محرک‌های محیطی در موفقیت ورزش‌های رزمی تأکید دارند، همسو است. سرعت ضربه پا که با آزمون FSKT-10s ارزیابی شد، علاوه بر سنجش توانایی اجرای مکرر ضربات سریع، بیانگر سطح هماهنگی عصبی-عضلانی و ظرفیت اجرای حرکات انفجاری متوالی است (۹). همبستگی منفی بین سرعت ضربه پا و زمان اجرای مهارت ترکیبی نیز نشان داد که ورزشکارانی که عملکرد بهتری در آزمون FSKT-10s داشتند، آزمون مهارت ترکیبی را سریع‌تر به پایان رساندند. این نتیجه از نظر عملکردی منطقی است، زیرا اجرای موفق مهارت‌های ترکیبی در تکواندو مستلزم سرعت بالا، هماهنگی عصبی-عضلانی مناسب، دقت تکنیکی و حفظ ریتم حرکتی در شرایط پرفشار مسابقه است. در مقابل، برخلاف فرضیه اولیه، توان انفجاری اندام تحتانی ارتباط معنی‌داری با شاخص‌های عملکرد مهارتی نشان نداد. این یافته تا حدودی

با برخی مطالعات پیشین که نقش توان انفجاری را در عملکرد تکواندو برجسته دانسته‌اند، متفاوت است (۱۲). یکی از تبیین‌های احتمالی این نتیجه می‌تواند به ویژگی‌های رشدی آزمودنی‌های نوجوان مربوط باشد؛ زیرا در این دوره، تغییرات سریع عصبی-عضلانی و تفاوت‌های موجود در سطح بلوغ زیستی ممکن است باعث شود توان انفجاری عمومی به‌طور مستقیم در عملکرد مهارتی اختصاصی منعکس نشود. افزون بر این، آزمون پرش عمودی سارجنت عمده‌تاً توان انفجاری عمومی اندام تحتانی را ارزیابی می‌کند، در حالی که اجرای موفق مهارت‌های تکواندو نیازمند تعامل پیچیده‌ای از هماهنگی عصبی-عضلانی، کنترل حرکتی، سرعت تصمیم‌گیری و مهارت‌های فنی اختصاصی است. همچنین، حجم نمونه نسبتاً محدود پژوهش ممکن است توان آماری لازم برای شناسایی همبستگی‌های ضعیف‌تر را کاهش داده باشد. از سوی دیگر، این احتمال نیز وجود دارد که در تکواندوکاران نوجوان دختر، انعطاف‌پذیری و زمان واکنش نقش پررنگ‌تری نسبت به توان انفجاری عمومی در تعیین عملکرد مهارتی داشته باشند. همچنین، این احتمال وجود دارد که در تکواندوکاران نوجوان دختر، مؤلفه‌هایی مانند انعطاف‌پذیری و زمان واکنش نسبت به توان انفجاری عمومی، نقش برجسته‌تری در اجرای مهارت‌های اختصاصی داشته باشند.

ادبیات پژوهشی در حوزه تکواندو و سایر ورزش‌های رزمی نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری، توان انفجاری و سرعت از مهم‌ترین مؤلفه‌های آمادگی جسمانی مرتبط با عملکرد ورزشی هستند (۴)، هرچند اندازه اثر و نقش نسبی هر یک از این متغیرها در مطالعات مختلف متفاوت گزارش شده است (۴، ۱۹). در یک مرور نظام‌مند، کیم و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تکواندوکاران دارای پروفایل جسمانی چندبعدی شامل سرعت، قدرت و انعطاف‌پذیری هستند و این ویژگی‌ها با اجرای تکنیک‌ها و عملکرد مسابقه‌ای ارتباط دارند (۵). این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسو است، اگرچه بیشتر مطالعات پیشین بر ورزشکاران مرد و بزرگسال متمرکز بوده‌اند. همچنین، برخی مطالعات نشان داده‌اند که برنامه‌های تمرینی مبتنی بر افزایش انعطاف‌پذیری می‌تواند موجب بهبود زمان واکنش و افزایش توان انفجاری در ورزشکاران رشته‌های رزمی شوند (۱۲). این نتایج با همبستگی مثبت مشاهده‌شده بین انعطاف‌پذیری و توان انفجاری در مطالعه حاضر مطابقت دارد. علاوه بر این، پژوهش‌هایی که از آزمون اختصاصی FSKT-10s استفاده کرده‌اند، نشان داده‌اند که این آزمون با حساسیت بالایی سرعت اجرای ضربات و توانایی اجرای مکرر ضربات پا را ارزیابی می‌کند و نتایج آن با شاخص‌های عملکرد مسابقه‌ای ارتباط دارد (۹). این یافته‌ها نیز با رابطه منفی مشاهده‌شده بین سرعت ضربه پا و زمان اجرای مهارت ترکیبی در پژوهش حاضر همخوانی دارد و نشان می‌دهد ورزشکارانی که قادر به اجرای سریع‌تر ضربات پا هستند، مهارت‌های ترکیبی را نیز در زمان کوتاه‌تری اجرا می‌کنند. برخی مطالعات نیز نقش عواملی مانند قدرت ضربه دست و تعادل را در اجرای مهارت‌های پیچیده ورزش‌های رزمی مطرح کرده‌اند (۲۳)، اما در پژوهش حاضر چنین ارتباطی مشاهده نشد. در مورد تعادل، یکی از تبیین‌های احتمالی این یافته به ماهیت آزمون لک‌لک مربوط می‌شود؛ زیرا این آزمون عمده‌تاً تعادل ایستا را اندازه‌گیری می‌کند، در حالی که تکواندو بیش از هر چیز به تعادل پویا هنگام جابه‌جایی سریع، تغییر جهت و اجرای ضربات وابسته است. بنابراین، تعادل ایستا ممکن است نتواند به‌طور کامل نیازهای عملکردی این رشته ورزشی را منعکس کند. افزون بر این، همگن بودن نسبی سطح تمرین و سابقه ورزشی شرکت‌کنندگان احتمالاً موجب کاهش تنوع بین‌فردی در عملکرد تعادلی شده و در نتیجه توان آشکارسازی روابط آماری را کاهش داده است. همچنین، قدرت ضربه دست در این مطالعه ارتباط معنی‌داری با شاخص‌های عملکرد مهارتی نشان نداد. این موضوع ممکن است به روش اندازه‌گیری مورد استفاده مربوط باشد؛ زیرا جابه‌جایی کیسه بوکس الزاماً تمامی ابعاد عملکردی قدرت مشت در تکواندو، از جمله سرعت انتقال نیرو، دقت ضربه و هماهنگی بین عضلانی را منعکس نمی‌کند. از سوی دیگر، در تکواندو مدرن، نقش عملکردی ضربات پا معمولاً پررنگ‌تر از ضربات دست است؛ بنابراین، انتظار می‌رود در ورزشکاران نوجوان نیز مهارت‌های مرتبط با ضربات پا سهم بیشتری در عملکرد مهارتی داشته باشند.

یافته‌های این پژوهش دارای پیامدهای کاربردی مهمی برای مربیان، متخصصان تمرین و بدنسازان است. نتایج نشان می‌دهد که برنامه‌های تمرینی با هدف افزایش انعطاف‌پذیری اندام تحتانی می‌توانند به بهبود زمان واکنش و عملکرد در مهارت‌های ترکیبی کمک کنند. از این رو، استفاده از تمرینات کششی پویا، تمرینات انعطاف‌پذیری فعال و برنامه‌های افزایش دامنه حرکتی در دوره‌های تمرینی توصیه می‌شود. علاوه بر این، تمرینات پاسخ‌دهی عصبی-عضلانی، شامل تمرینات واکنشی، تمرینات چابکی همراه با محرک‌های غیرقابل پیش‌بینی و تمرینات پاسخ‌دهی دیداری-شنیداری، می‌توانند موجب بهبود زمان واکنش و اجرای تکنیک‌های تکواندو شوند. همچنین، استفاده از آزمون‌های اختصاصی مانند FSKT-10s به‌عنوان ابزاری برای پیش‌عملکرد، می‌تواند به مربیان در ارزیابی سرعت اجرای ضربات پا، توانایی اجرای مکرر ضربات و روند پیشرفت عملکرد مهارتی ورزشکاران کمک کند.

با وجود اهمیت یافته‌های این پژوهش، چند محدودیت باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد. نخست، طراحی مقطعی-همبستگی مطالعه امکان استنتاج روابط علی را فراهم نمی‌کند و نتایج صرفاً به‌عنوان روابط همبستگی قابل تفسیر هستند. دوم، حجم نمونه نسبتاً کوچک ($N=31$) ممکن است توان آماری لازم برای شناسایی همبستگی‌های ضعیف‌تر را کاهش داده و تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود کرده باشد. همچنین، استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس و محدود بودن نمونه به تکواندوکاران نوجوان دختر شرق استان تهران، تعمیم نتایج به سایر گروه‌های سنی، جنسیتی و مناطق جغرافیایی را با احتیاط همراه می‌سازد. افزون بر این، برخی متغیرهای مخدوش‌کننده، از جمله شاخص توده بدنی، وضعیت بلوغ زیستی، سابقه دقیق تمرینی و ویژگی‌های برنامه‌های تمرینی شرکت‌کنندگان، به‌صورت نظام‌مند کنترل نشدند و ممکن است بر روابط مشاهده‌شده تأثیر گذاشته باشند. همچنین، با توجه به انجام آزمون‌های همبستگی متعدد، احتمال افزایش خطای نوع اول وجود دارد. هرچند به دلیل ماهیت اکتشافی پژوهش و محدودیت حجم نمونه، از روش‌های اصلاح چندگانه مانند بونفرونی استفاده نشد، این موضوع باید در تفسیر یافته‌ها مدنظر قرار گیرد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با استفاده از طرح‌های طولی یا شبه‌آزمایشی، تغییرات مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و عملکرد مهارتی را پس از مداخلات تمرینی هدفمند بررسی کنند. همچنین، استفاده از نمونه‌های بزرگ‌تر، چندمرکزی و متنوع‌تر می‌تواند تعمیم‌پذیری یافته‌ها را افزایش دهد. به‌کارگیری روش‌های آماری پیشرفته، مانند رگرسیون چندمتغیره، تحلیل مسیر و مدل‌سازی معادلات ساختاری نیز می‌تواند در تبیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم مؤلفه‌های آمادگی جسمانی بر عملکرد مهارتی تکواندو سودمند باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که برخی مؤلفه‌های آمادگی جسمانی، به‌ویژه انعطاف‌پذیری و زمان واکنش، با شاخص‌های عملکرد مهارتی در تکواندوکاران نوجوان دختر ارتباط معناداری دارند. همچنین، سرعت ضربه پا به‌عنوان یکی از شاخص‌های عملکرد مهارتی، با اجرای مهارت‌های ترکیبی رابطه معناداری نشان داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که توسعه مؤلفه‌هایی مانند انعطاف‌پذیری و زمان واکنش می‌تواند در بهبود عملکرد مهارتی تکواندوکاران نوجوان دختر نقش داشته باشد. بنابراین، توجه به این مؤلفه‌ها در طراحی برنامه‌های تمرینی تخصصی می‌تواند به ارتقای عملکرد ورزشی این گروه از ورزشکاران کمک کند. با این حال، با توجه به محدودیت‌هایی مانند حجم نمونه نسبتاً کوچک، استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس و ماهیت مقطعی-همبستگی پژوهش، تعمیم نتایج و استنباط روابط علی باید با احتیاط انجام شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از تمامی تکواندوکاران نوجوان دختر که با مشارکت داوطلبانه خود امکان اجرای این پژوهش را فراهم کردند، صمیمانه قدردانی می‌کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش مطابق با اصول اخلاقی مندرج در بیانیه هلسینکی انجام شد. پیش از آغاز مطالعه، اهداف، روش اجرا و ملاحظات اخلاقی پژوهش به‌طور کامل برای شرکت‌کنندگان و والدین یا سرپرستان قانونی آنان توضیح داده شد. سپس، رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از والدین یا سرپرستان قانونی و رضایت آگاهانه از شرکت‌کنندگان اخذ گردید. در تمامی مراحل پژوهش، حقوق آزمودنی‌ها از جمله اختیار کامل برای مشارکت یا انصراف از مطالعه در هر زمان، حفظ محرمانگی اطلاعات و جلوگیری از هرگونه آسیب جسمانی یا روانی رعایت شد. همچنین، پیش از اجرای پژوهش، مجوز اخلاق از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی با کد اخلاق IR.IAU.CTB.REC.1404.196 دریافت شد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در طراحی پژوهش، گردآوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، نگارش و بازنگری مقاله مشارکت فعال داشتند و نسخه نهایی مقاله را تأیید کردند.

تعارض

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

Reference

1. Liu R, He L. The relationship between physical fitness and competitive performance of taekwondo athletes. *PLoS One*. 2022;17(6):e0267711. [DOI:10.1371/journal.pone.0267711]
2. Rostami A, Tabatabaieinejad SM, Soltani M, Mirmoezzi M. Comparative effects of static stretching and PNF techniques on functional flexibility and postural balance in competitive taekwondo athletes. *Journal of Sport Biomechanics*. 2025;11(2):94-112. [DOI:10.61186/JSportBiomech.11.2.94]
3. Sun M, Soh KG, Cao S, Yaacob AB, Ma S, Ding C. Effects of speed, agility, and quickness training on athletic performance: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2025;17(1):66. [DOI:10.1186/s13102-025-01101-w]

4. Bridge CA, Ferreira da Silva Santos J, Chaabene H, Pieter W, Franchini E. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine*. 2014;44(6):713-733. [DOI:10.1007/s40279-014-0159-9]
5. Kim JW, Nam SS. Physical characteristics and physical fitness profiles of Korean taekwondo athletes: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(18):9624. [DOI:10.3390/ijerph18189624]
6. Ebrahimi E, Mozafari S. The effect of six weeks of core stability training on balance and performance improvement among male taekwondo athletes. *Journal of Sport Biomechanics*. 2024;10(2):160-173. [DOI:10.61186/JSportBiomech.10.2.160]
7. Yılmaz DS. The effect of different flexibility studies on performance of taekwondo. *Turkish Journal of Sport and Exercise*. 2021;23(3):339-344.
8. Apollaro G, Franchini E, Falcó C, Detanico D, Kons RL. Sport-specific tests for endurance in taekwondo: a narrative review with guidelines for the assessment. *Strength and Conditioning Journal*. 2024;46(6):627-645. [DOI:10.1519/SSC.0000000000000828]
9. da Silva Santos JF, Franchini E. Frequency speed of kick test performance comparison between female taekwondo athletes of different competitive levels. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2018;32(10):2934-2938. [DOI:10.1519/JSC.0000000000002552]
10. Boutios S, Fiorilli G, Buonsenso A, Daniilidis P, Centorbi M, Intrieri M, et al. The impact of age, gender and technical experience on three motor coordination skills in children practicing taekwondo. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(11):5998. [DOI:10.3390/ijerph18115998]
11. Kim HB, Stebbins CL, Chai JH, Song JK. Taekwondo training and fitness in female adolescents. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29(2):133-138. [DOI:10.1080/02640414.2010.525519]
12. Kızılcıca S, Kahraman MZ. Acute effects of dynamic and plyometric warm-up protocols on speed, strength, flexibility and jump performance in taekwondo athletes. *Journal of Sports and Physical Education Studies*. 2025;5(3):11-18. [DOI:10.32996/jspes.2025.5.3.2]
13. Masoumi S. The interactive effect of pre-landing skill complexity and fatigue on biomechanical landing patterns in female taekwondo athletes. *Journal of Sport Biomechanics*. 2026;12(2):172-191. [DOI:10.66224/JSportBiomech.12.2.172]
14. Ferreira S, Raimundo A, del Pozo-Cruz J, Leite N, Pinto A, Marmeleira J. Validity and reliability of a ruler drop test to measure dual-task reaction time, choice reaction time and discrimination reaction time. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2024;36(1):61. [DOI:10.1007/s40520-024-02726-6]
15. Ayala F, de Baranda PS, Croix MDS, Santonja F. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Physical Therapy in Sport*. 2012;13(4):219-226. [DOI:10.1016/j.ptsp.2011.11.001]
16. do Amaral Vasconcellos FV, Fonseca RT, Dantas EHM. Validity and reproducibility of the Sargent jump test in the assessment of explosive strength in soccer players. *Journal of Human Kinetics*. 2012;33:115-122. [DOI:10.2478/v10078-012-0050-4]
17. Panta K, Arulsingh WD, Raj JO, Sinha M, Rahman M. A study to associate the Flamingo test and the Stork test in measuring static balance on healthy adults. *The Foot and Ankle Online Journal*. 2015;8(3):4.

18. Ferreira da Silva Santos J, Lopes-Silva JP, Loturco I, Franchini E. Test-retest reliability, sensibility and construct validity of the frequency speed of kick test in male black-belt taekwondo athletes. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology*. 2020;20(3):38-46.
19. Buško K, Nikolaidis PT. Biomechanical characteristics of taekwondo athletes: kicks and punches versus laboratory tests. *Biomechanical Human Kinetics*. 2018;10(1):81-88. [DOI:10.1515/bhk-2018-0013]
20. Aloui A, Tayech A, Mejri MA, Makhlof I, Clark CCT, Granacher U, et al. Reliability and validity of a new taekwondo-specific change-of-direction speed test with striking techniques in elite taekwondo athletes: a pilot study. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:774546. [DOI:10.3389/fphys.2022.774546]
21. Behm DG, Alizadeh S, Daneshjoo A, Anvar SH, Graham A, Zahiri A, et al. Acute effects of various stretching techniques on range of motion: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine - Open*. 2023;9(1):107. [DOI:10.1186/s40798-023-00652-x]
22. Cano LA, Gerez GD, García MS, Albarracín AL, Farfán FD, Fernández-Jover E. Decision-making time analysis for assessing processing speed in athletes during motor reaction tasks. *Sports*. 2024;12(6):151. [DOI:10.3390/sports12060151]
23. Yilmaz AK, Yilmaz C, Karaduman E, Mayda MH, Erail S, Bostanci Ö, et al. Correlation of bilateral and ipsilateral strength ratios with balance in female taekwondo athletes. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*. 2021. [DOI:10.18002/rama.v16i2.6486]