

Research Paper



The Effect of Neuromuscular Exercise on Balance, Functional Movement, and Knee and Ankle Proprioception in 15-18-Year-Old Female Taekwondo Players

Farnoosh Sarvar¹, Mohammad Fallah Mohammadi¹, * Faezeh Safari²

1. Department of Sports Pathology and Corrective Movements, Shafaq Institute of Higher Education, Tonkabon, Mazandaran, Iran.
2. Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Sarvar F, Fallah Mohammadi M, Safari F. The Effect of Neuromuscular Exercise on Balance, Functional Movement, and Knee and Ankle Proprioception in 15-18-Year-Old Female Taekwondo Players (Persian). Journal of Sport Biomechanics. 2024;9(4):320-335.
<https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.4.376.2>

<https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.4.376.2>



Article Info:

Received: 20 April 2024

Accepted: 7 May 2024

Available Online: 11 May 2024

Keywords:

Neuromuscular, Balance, Proprioception, Taekwondo

ABSTRACT

Objective The aim of this study was to investigate the effect of neuromuscular training on balance, motor function, and knee and ankle proprioception in female taekwondo athletes aged 15 to 18 years.

Methods In this study, 30 taekwondo athletes aged 15 to 18 were selected and randomly divided into two groups: control and experimental. To assess the training program's efficacy, tests related to static and dynamic balance were conducted using the stork and wow tests, while functional movements were evaluated with the screening test (FMS).

Results The results of this study demonstrated a significant improvement in static balance following the implementation of the exercise program ($p < 0.05$).

Conclusion In summary, the findings of this study indicate the efficacy of neuromuscular exercises in enhancing both static and dynamic balance, motor function, knee and ankle proprioception in female taekwondo athletes. Consequently, the adoption of this training program is recommended for coaches and athletes in this sport to mitigate injury risk and enhance sports performance.

*** Corresponding Author:**

Faezeh Safari

Address: Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (919) 0794066

E-mail: faezehsafari2000@gmail.com

Extended Abstract

1. Introduction

Balance is a fundamental component for engaging in sports activities, as athletes often operate beyond their base of support, necessitating control of their bodies against the force of gravity (1). Optimal exercise performance requires all variables to be at their peak levels. Maintaining bodily posture while standing is a complex task, involving the integration of sensory-motor, vestibular, and visual information to assess body position and movement in space, and generate forces for posture control (2). The transmission of power from the knee and ankle plays a crucial role in balance control (3). Notably, ankle injuries are among the most common injuries in taekwondo athletes (4).

2. Methods

Subjects were selected from a pool of 80 taekwondo practitioners, with 30 athletes ultimately chosen as the main sample. They were then divided into control (15 individuals) and experimental (15 individuals) groups. Inclusion criteria comprised female gender, aged between 15 and 18 years, willingness to participate, absence of medical contraindications, no history of permanent injury or surgery in the upper and lower limbs, and no neurological impairments. Participants from both groups received brief explanations and training on conducting the experiment before signing consent forms. Subsequently, individual information was recorded via questionnaires, and the desired tests were administered. Before the tests, participants engaged in lower limb muscle stretching exercises for 60 seconds, repeated three times per group. Initial evaluations included static and dynamic balance tests using the Stork and Y tests, respectively, and functional movement assessments using the Functional Movement Screening Test (FMS). Following the pre-tests, subjects were assigned to either the control or experimental groups (15 individuals each). The experimental group underwent six weeks of neuromuscular exercises, while the control group continued with their regular sports activities. Post-training, the same tests as pre-training was re-evaluated. The one-legged standing test was utilized to evaluate static balance. Participants removed their shoes, crossed their arms, and bent one leg at the knee, placing the toe on the inner side of the opposite knee. They then lifted the heel of the supporting foot off the ground, maintaining balance on one leg. The timer commenced when the heel left the ground and stopped upon occurrence of any of the following errors: separation of hands from arms, separation of the leg resting on the knee, or loss of balance leading to the heel of the supporting foot touching the ground (2).

3. Results

Analysis of covariance regarding the exercise effect on static balance demonstrated a significant difference in post-test static balance results between the control and training groups, after controlling for pre-test effects (CORIT) ($P \geq 0.05$). The training group exhibited a significant improvement in static balance compared to the control group, with a large effect size indicated by a parabolic eta square of 0.67 (Table 1).

Additionally, as per Table 1, correlated t-test results revealed a significant difference in static balance after one week, both in the control group engaged in taekwondo exercises and the neuromuscular training group. Further covariance analysis results indicated a significant difference in Y balance test results and its dimensions between the control and training groups post-test, after controlling for pre-test effects ($P \geq 0.01$). Specifically, the neuromuscular training group demonstrated significant improvements in various directions and total scores compared to the control group.

4. Conclusion

This study aimed to assess the impact of neuromuscular exercises on balance and functional movement in female taekwondo athletes aged 15 to 18 years. The findings revealed the effectiveness of neuromuscular exercises in enhancing both static and dynamic balance among taekwondo athletes. Moreover, the use of the neuromuscular program led to improvements in functional movement screening test scores. These

results align with previous research by Nemati et al., who observed improved movement performance and reduced injuries in football athletes following the 11+ warm-up program, and studies by Bayati et al., Zarei et al., Minunjad et al., and Mayo et al., which demonstrated enhanced functional movement in wrestling athletes with specific warm-up programs (2, 3, 5-7).

Table1. results of covariance analysis of independent variable and predictor after static balance test

Variable	P	df	F	Average *	group	Test stage	Eta squared
Static balance	**0.0001	1	56.75	11.56	Control	post-test	0.67
				18.31	practice	post-test	

*Adjusted based on pre-test values

**Significance at $p > 0.01$ level

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

There were no ethical considerations to be addressed in this research.

Funding

This research did not receive any grants from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to preparing the article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر تمرینات عصبی - عضلانی بر تعادل، حرکت عملکردی، حس عمقی زانو و مچ پای تکواندوکاران دختر ۱۵ تا ۱۸ سال

فرنوش سرور^۱، محمد فلاح محمدی^۱، *فائزه صفری^۲

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، مؤسسه آموزش عالی شفق، تنکابن، مازندران، ایران.

۲. دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

چکیده

هدف پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر تمرینات عصبی - عضلانی بر تعادل، حرکت عملکردی، حس عمقی زانو و مچ پای تکواندوکاران دختر ۱۵ تا ۱۸ سال انجام شد.

روش‌ها در این مطالعه ۳۰ تکواندوکار ۱۵ تا ۱۸ سال انتخاب شده و به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل و تجربی قرار گرفتند. به‌منظور بررسی اثر برنامه تمرینی، قبل و پس از تمرین آزمون‌های مربوط به تعادل ایستا و پویا (با آزمون‌های لک‌لک و وای) و حرکات عملکردی با آزمون غربالگری (FMS) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر معنی‌دار اعمال برنامه تمرینی بر بهبود تعادل ایستا ($p=0/001$)، تعادل پویا ($p=0/001$)، حرکت عملکردی ($p=0/001$)، حس عمقی زانو ($p=0/001$) و مچ پای ($p=0/001$)، بود.

نتیجه‌گیری به‌صورت کلی نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده اثر استفاده از تمرینات عصبی - عضلانی بر بهبود تعادل ایستا و پویا، حرکت عملکردی، حس عمقی زانو و مچ پای ورزشکاران دختر رشته تکواندو بوده است. بر این اساس استفاده از این برنامه تمرینی به مربیان و ورزشکاران این رشته ورزشی جهت کاهش خطر ایجاد آسیب و نیز ارتقای سطح عملکرد ورزشی پیشنهاد می‌شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۲۲ اردیبهشت ۱۴۰۳

کلید واژه‌ها:

عصبی - عضلانی، تعادل، حس عمقی، تکواندو

*نویسنده مسئول:

فائزه صفری

آدرس: دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

تلفن: ۰۷۹۴۰۶۶ - (۹۱۹) ۰۹۸

ایمیل: faezehsafari2000@gmail.com

مقدمه

علاقه به شرکت در ورزش‌های رزمی در سال‌های اخیر به میزان زیادی افزایش یافته است. به طوری که بیش از ۷۵ میلیون نفر در رده سنی نوجوانان در سراسر جهان دست‌کم در یکی از ورزش‌های رزمی حضور فعال دارند (۱، ۲). از جمله این ورزش‌ها می‌توان به تکواندو اشاره کرد که به‌عنوان عمومی‌ترین هنر رزمی شناخته شده است (۳). در ایران نیز از جایگاه خوبی برخوردار بوده و بسیاری از بانوان و آقایان در این رشته فعالیت دارند. برخورد در این رشته ورزشی جهت کسب امتیاز به میزان زیادی اتفاق افتاده و حفظ تعادل در برای ایجاد آسیب کمتر مهم و اساسی است. از طرف دیگر انجام تمرینات رشته تکواندو همانند سایر ورزشکاران رشته‌های ورزشی دیگر موجب خستگی در قسمت‌های مختلف ساختارهای کنترل عصبی عضلانی، از جمله سیستم عصبی مرکزی، کنترل عصبی عضله و خود عضله می‌شود که کاهش کارایی عضلات و افزایش احتمال آسیب پس از وقوع خستگی را در پی دارد (۴). بر این اساس به نظر می‌رسد استفاده از تمریناتی در جهت بهبود عملکرد حرکتی و به دنبال آن کاهش خطر آسیب در ورزشکاران رشته تکواندو که به انجام مکرر فعالیت بر روی یک پا و نیز جابه‌جایی سریع پاها می‌پردازند، مهم و اساسی باشد.

آسیب ممکن است به علت حادثه‌ای ساده رخ دهد یا نتیجه تعامل پیچیده عوامل خطرآفرین داخلی و خارجی باشد (۲). پژوهش‌های کشورهای اسکاندیناوی نشان‌دهنده این است که آسیب‌های ورزشی ۱۰-۱۹ درصد آسیب‌های حاد بخش فوریت‌های پزشکی بیمارستان‌ها را تشکیل می‌دهند که شایع‌ترین آن‌ها آسیب‌های زانو و مچ پا هستند (۱)؛ که آسیب‌های این دو ناحیه می‌تواند تغییرات حس عمقی را نیز در پی داشته که ضعف در آن عاملی اساسی در عدم تعادل، ضعف عملکرد حرکتی و ایجاد آسیب مجدد است که در ورزش تکواندو نیز این ناحیه در کنار آسیب مچ پا به‌عنوان آسیب‌پذیرترین ناحیه از بدن شناخته شده است (۵). این آسیب‌ها نه تنها سبب به خطر افتادن سلامتی ورزشکاران می‌گردد بلکه با کاهش آمادگی جسمانی و از دست رفتن زمان تمرینی برای ورزشکار همراه است (۵). از طرف دیگر برخی از تحقیقات بر ارتباط بین آمادگی جسمانی و عملکرد با کنترل عصبی عضلانی تأکید می‌کنند (۶)، که ضعف در آن می‌تواند با ایجاد آسیب در ارتباط باشد. همان‌طور که بیان شده تعادل با حس عمقی در ارتباط بوده و ضعف آن قبل از ایجاد آسیب در افزایش احتمال ایجاد آن و پس از ایجاد آسیب در ایجاد آسیب مجدد نقش دارد. موضوع کنترل پاسچر یا تعادل به‌عنوان یکی از مفاهیم بحث‌برانگیز سیستم حسی-حرکتی، به بررسی ارتباطی پیچیده و متقابل میان دروندادهای حسی و پاسخ‌های حرکتی مورد نیاز، به‌منظور حفظ و یا تغییر پاسچر می‌پردازد (۶).

تعادل یکی از اجزای ضروری برای شرکت در فعالیت‌های ورزشی می‌باشد زیرا عملکرد ورزشکاران اغلب در خارج از دامنه سطح اتکا صورت می‌گیرد و برای انجام هر فعالیتی که ورزشکار در آن باید بدن خود را در مقابل نیروی جاذبه کنترل نماید، ضروری می‌باشد (۶). برای هر ورزشکاری که در بهترین شرایط توانایی‌اش، عمل می‌کند، باید همه متغیرهای تمرینی در حد بهینه‌ای قرار داشته باشد. به‌طور کلی حفظ وضعیت بدن در حالت ایستاده، کار پیچیده‌ای است که به تنظیم اطلاعات حسی-حرکتی، وستیبولار و بینایی از کل بدن جهت ارزیابی موقعیت و حرکت بدن در فضا و تولید نیروهایی برای کنترل وضعیت بدن نیاز دارد (۱). انتقال نیرو از زانو و مچ پا نقش مهمی در کنترل تعادل دارد (۷). همان‌طور که گفته شده یکی از رایج‌ترین صدماتی که در میان ورزشکاران رشته تکواندو اتفاق می‌افتد آسیب‌های مربوط به مچ پا می‌باشد (۵)، که وقوع مجدد این ضایعه در ورزشکاران ۷۳ درصد است و ۵۹ درصد از آن‌ها علائم پایداری مثل درد، ضعف عضلانی، صدهای مفصلی، بی‌ثباتی، تورم و سفتی مفصلی دارند که بر کارایی آن‌ها تأثیر می‌گذارد (۸)؛ به‌عنوان مثال وقتی مچ پا دچار اسپرین می‌شود (که بیشترین نوع آسیب در ورزشکاران این رشته ورزشی است)، صدمه نه تنها در استحکام ساختاری لیگامنت‌ها، بلکه در گیرنده‌های مکانیکی مختلفی در کپسول مفصلی، لیگامنت‌ها و تاندون‌های مربوط به مجموعه مچ پا اتفاق می‌افتد (۱)، وقتی ورودی‌های آوران بعد از صدمه تغییر می‌کنند، انقباضات عضلانی مناسب تغییر خواهد کرد. بنابراین صدمه گیرنده‌های مکانیکی اطراف مفصل مچ پای که دچار اسپرین مچ پا شده است می‌تواند منجر به نقص‌های عملکردی، نقص

در تعادل، حس عمقی و ناپایداری مزمن ناشی از آسیب اولیه شود (۸). برای بهبود عملکرد (تعادل ایستا و پویا) افراد آسیب‌دیده تمرینات مختلفی همچون تمرینات تعادلی، پیلاتس، ثبات مرکزی، تمرین در آب و تمرینات مربوط به بهبود حس عمقی ارائه شده است. در یکی از این تحقیقات عباسی و همکاران به مقایسه سه نوع تمرینات فانکشنال (هایپینگ)، اکسترافانکشنال (ثبات مرکزی) و ترکیبی بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا پرداختند که نتایج تحقیق آن‌ها تأثیر معنادار تمرینات عملکردی (هایپینگ) بر تعادل پویای این افراد را نشان داد (۹). همچنین امیلی و همکاران در تحقیق خود بر تأثیر تمرینات قدرتی و عملکردی بر بهبود تعادل و همچنین قدرت عضلات دورسی و پلانٹارفلکشن مچ پا اشاره کردند (۱۰). با توجه به استفاده از تمرینات ورزشی به‌عنوان یک مداخله برای بهبود تعادل و عملکرد در بین ورزشکاران و با فرض اثرگذاری تمرینات عصبی-عضلانی بر روی تعادل، حس عمقی و کاهش خطر آسیب، در این مطالعه محقق به دنبال بررسی تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد حرکتی، حس عمقی زانو و مچ پا تکواندوکاران دختر ۱۵ تا ۱۸ سال است. تعادل در عملکرد رشته‌های ورزشی نقش مهمی ایفا می‌کند و در تمامی رشته‌ها از تیراندازی که کمترین جابجایی مورد نیاز است تا رشته‌هایی مانند ژیمناستیک و کشتی که جابجایی سریع همراه با حداکثر تعادل مورد نیاز است، نقش حیاتی و تعیین‌کننده‌ای در موفقیت ورزشکار دارد (۹). در واقع حفظ پاسچر مناسب، به فرد اجازه می‌دهد که به‌طور کامل روی تکلیف حرکتی تمرکز کند (۹). آسیب‌های مختلف و اثر آن بر مچ پا و زانو در انتقال نیرو به زمین مؤثر بوده و فرد در راه رفتن و عملکردهای ورزشی از آن بهره بسیاری می‌برد، می‌تواند در تعادل فرد تأثیر منفی بگذارد. آسیب با تأثیر بر حس عمقی مفاصل نیاز به مراقبت‌های بالینی زیادی داشته که این امر موجب از دست رفتن زمان تمرین و بازی به مدت طولانی برای ورزشکاران شده و بالا رفتن هزینه‌های درمان (دو میلیارد دلار در سال) و تأثیر منفی در عملکرد فنی و روانی بازیکن و تیم از پیامدهای منفی آن می‌باشد (۴). از سوی دیگر حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، متکی به راهبردهای حرکتی و بازخوردی هماهنگ در بین ران، زانو و مچ پا می‌باشد که کاهش بازخوردهای آوران یا کاهش قدرت و ثبات مکانیکی هر مفصل، به‌تنهایی و یا کل ساختار در زنجیره حرکتی اندام تحتانی، می‌تواند تعادل را بر هم بزند. بنابراین نیاز به افزایش حس وضعیت و قدرت مفصل در این افراد آشکار می‌باشد و تصور بر این است که ورزش‌درمانی باعث بهبود آن می‌شود. اساس برنامه‌های پیشگیری در درجه اول توان‌بخشی و حرکات اصلاحی پس‌از آن در ورزشکاران سالم جهت پیشگیری از آسیب و در ورزشکاران آسیب‌دیده در توان‌بخشی و پیشگیری از آسیب مجدد ضروری است. به دلیل اهمیت این آسیب و از آنجایی که به عقیده هال و همکاران برای بهبود تعادل ایستا و پویا و به دنبال آن عملکرد افراد پروتکل تمرینی باید جامع بوده و علاوه بر ناحیه مچ پا، ناحیه ران و زانو را نیز درگیر کرده و بر کل ناحیه اندام تحتانی تمرکز داشته باشد (۱۱). در این پژوهش سعی بر این است تا در ورزشکاران رشته تکواندو به بررسی تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد حرکتی، حس عمقی زانو و مچ پا تکواندوکاران دختر ۱۵ تا ۱۸ سال پرداخته شود تا مشخص شود آیا این تمرینات می‌تواند در بهبود تعادل، حس عمقی و عملکرد حرکتی این ورزشکار مؤثر باشد یا خیر.

روش شناسی

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی و از نظر هدف از نوع کاربردی است. جامعه آماری این تحقیق را کلیه تکواندوکاران زن جوان (۱۵ - ۱۸ سال) مبتدی سطح باشگاهی شهرستان تنکابن تشکیل می‌دادند. آزمودنی‌ها از مجموع ۸۰ تکواندوکار انتخاب شدند. در نهایت ۳۰ ورزشکار به‌عنوان نمونه اصلی انتخاب شدند. سپس به دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و گروه تجربی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل جنسیت زن، دامنه سنی ۱۵ تا ۱۸ سال، تمایل به شرکت در تحقیق، نبود منع پزشکی، عدم وجود سابقه آسیب‌دیدگی ماندگار، نداشتن سابقه جراحی در اندام فوقانی و تحتانی، عدم وجود آسیب نورولوژیک می‌شد. همچنین، آزمودنی‌هایی

که دارای مشکلات زمینه‌ای مثل داشتن بیماری‌های نورولوژیک، استئوآرتریت مفاصل، مشکلات مربوط به شنوایی و بینایی بودند از مطالعه حذف گردیدند. ابتدا، در مورد چگونگی انجام آزمایش برای هر آزمودنی‌های دو گروه توضیح و آموزش مختصری داده شد و از آن‌ها درخواست شد تا برگه رضایت‌نامه را امضا نمایند. سپس اطلاعات مربوط به هر فرد در پرسشنامه ثبت شده و تست‌های مورد نظر اجرا شد. قبل از انجام آزمون‌ها ورزشکار جهت گرم شدن، تمرینات کششی عضلات اندام تحتانی را به مدت ۶۰ ثانیه و سه مرتبه برای هر گروه انجام می‌داد. در مرحله اول اندازه‌گیری‌ها آزمون‌های مربوط به تعادل ایستا و پویا با آزمون‌های لک‌لک و Y و حرکت عملکردی با آزمون غربالگری حرکت عملکردی (FMS) ارزیابی شد. پس از پایان ارزیابی‌های اولیه و یا همان پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها به دو گروه کنترل و تجربی (دو گروه ۱۵ نفره) تقسیم شده و آزمودنی‌های گروه تجربی ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی را انجام دادند و گروه کنترل در این دوره فعالیت‌های ورزشی مربوط به خود پرداختند. پس از پایان مدت تمرین دوباره همان آزمون‌های مربوط به قبل از شروع تمرین مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین شکل که در ابتدا، برای اندازه‌گیری قد آزمودنی از متر دیواری برحسب سانتی‌متر و برای اندازه‌گیری وزن بدن از ترازو استفاده شد.

برای ارزیابی تعادل ایستا از آزمون ایستادن روی یک پا استفاده شد. آزمودنی کفش‌های خود را بیرون آورده و دست‌های خود را در بغل چسبانده سپس پای دیگر خود را از ناحیه زانو خم کرده و پنجه پای خود را به قسمت داخلی زانوی پای دیگر قرارداد. سپس آزمودنی پاشنه پای دیگر که بر زمین است را از زمین جدا کرده و بر روی یک پا تعادل خود را حفظ می‌کرد. زمان سنج وقتی شروع به کار کرده که پاشنه از زمین بلند شد و وقتی متوقف می‌شد که یکی از این خطاها بروز می‌کرد: دست‌ها از بغل جدا شوند، پایی که روی زانو است از زانو جدا شود، پایی که وزن را تحمل می‌کند نامتعادل شود، پاشنه پای تحمل‌کننده وزن با زمین تماس پیدا کند (شکل ۱).



شکل ۱. الف: ارزیابی تعادل ایستا، ب: ارزیابی تعادل پویا

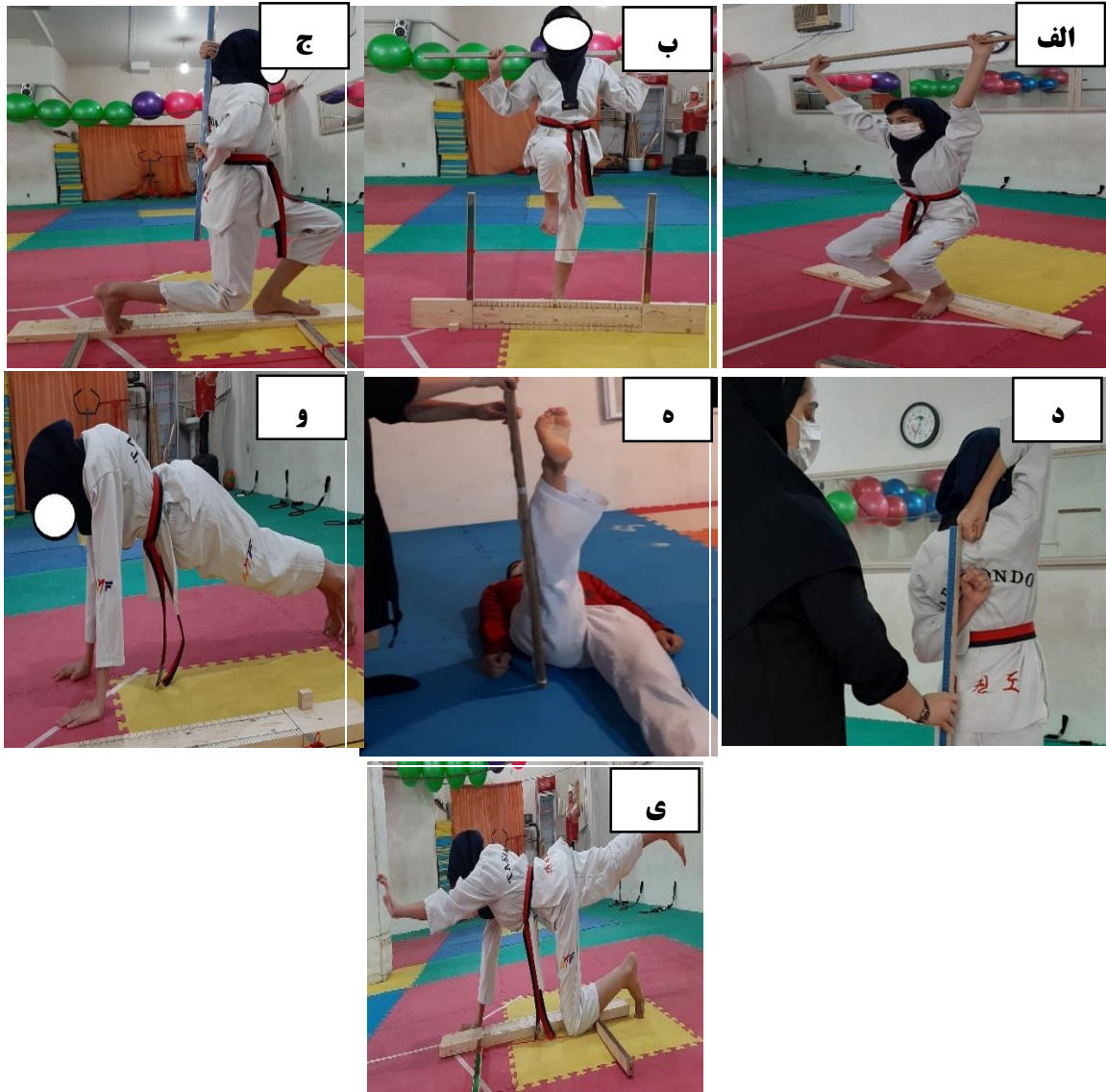
برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون تعدیل‌یافته تعادل Y استفاده شد. روش اجرای آزمون به این صورت است که آزمودنی نسبت به اجرای آزمون از طریق توضیحات محقق آگاه شده و دفاعتی را به‌عنوان تمرین قبل از اجرای اصلی انجام می‌داد سپس در اجرای اصلی، آزمودنی‌ها بر روی یک پای خود در مرکز تقاطع خط‌ها ایستاده، هم‌زمان با ایستادن روی یک پا از آزمودنی خواسته شد تا با پای آزاد خود در مسیرهای قدامی، خلفی داخلی، خلفی خارجی دستیابی‌هایی را داشته باشد. طریقه اجرای آزمون به این صورت است که فرد روی پای راست خود ایستاده و سه بار عمل دستیابی را در مسیر قدامی انجام داده، این روش در مسیرهای خلفی داخلی و

خلفی خارجی نیز تکرار شد. طول پای افراد بر فاصله دستیابی آنها اثرگذار است؛ بنابراین جهت نرمال سازی این آزمون میانگین فاصله دستیابی به طول پای هر آزمودنی تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا متغیر وابسته، محاسبه شده و فاصله دستیابی به عنوان درصدی از اندازه طول پا به دست آید (۸).

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{فاصله دستیابی}}{\text{طول اندام}} \times 100$$

از طرفی جهت اندازه گیری عملکرد آزمودنی ها از آزمون غربالگری حرکت عملکردی استفاده شد. نحوه امتیازدهی در این آزمون به این گونه است که: انجام صحیح حرکت بدون حرکات جبرانی ۳ امتیاز؛ انجام حرکت با حرکات جانبی ۲ امتیاز؛ عدم توانایی انجام حرکت بدون حرکات جانبی ۱ امتیاز و ایجاد درد حین انجام حرکت یا انجام آزمون آشکارسازی ۰ امتیاز دارد. ۷ حرکت این آزمون شامل آزمون اسکوات عمیق (بالا تنه موازی با درشتنی است، ران ها موازی با زمین هستند، زانوها دقیقاً بالای پاها قرار دارند، میله موازی با زمین است)، آزمون گام از روی مانع (مفاصل ران، زانوها و مچ های پا در یک راستا و در صفحه ساجیتال می باشند، حرکتی در ناحیه کمر اتفاق نمی افتد، میله و مانع با هم موازی اند)، آزمون لانژ (میله در تماس با ستون فقرات در وضعیت باز شده است، حرکتی در ناحیه تنه اتفاق نمی افتد، میله و پاها در صفحه ساجیتال باقی می ماند، زانو پشت پاشنه پای جلویی را لمس می کند)، آزمون تحرک پذیری شانه (مشت ها در فاصله ۲۰ سانتی متری هم قرار می گیرند (۳ امتیاز)، مشت ها در فاصله ۳۰ سانتی متری هم قرار می گیرند (۲ امتیاز)، مشت ها در فاصله بیش از ۳۰ سانتی متری هم قرار می گیرند (۱ امتیاز)، آزمون بالا بردن مستقیم پا به صورت فعال (مچ پا یا سر میله به موازات نقطه میانی ران و خار قدامی فوقانی لگن قرار گیرد (۳ امتیاز)، مچ پا یا سر میله به صورت نقطه میانی ران و وسط کشکک یا خط مفصلی زانو قرار گیرد (۲ امتیاز)، مچ پا یا سر میله به موازات نقطه ای پایین تر از وسط کشکک یا خط مفصلی زانو قرار می گیرد (۱ امتیاز)، آزمون پایداری شنای تنه (مردان یک تکرار را در وضعیتی که شست دست به موازات پیشانی باشد، انجام دهند (۳ امتیاز)، مردان یک تکرار را در وضعیتی که شست دست به موازات چانه باشد، انجام دهند (۲ امتیاز)، ستون فقرات را در راستای اندام تحتانی قرار ندهند (۱ امتیاز) و آزمون پایداری چرخشی (انجام یک تکرار صحیح در حالی که ستون فقرات به موازات زمین است، زانو و آرنج با همدیگر تماس پیدا کنند) می باشد (۱۲) (شکل ۲). پس از انجام ارزیابی های مربوط به تعادل ایستا، پویا و غربالگری حرکت عملکردی گروه تمرینی به مدت ۶ هفته و هر سه جلسه به تمرینات عصبی عضلانی پرداختند. این فرآیند به این شکل بود که در ابتدای هر جلسه، پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل نرم دویدن و انجام حرکات جنبشی، تمرینات عصبی-عضلانی از ساده به مشکل اجرا شدند که در نهایت با ۱۰ دقیقه سرد کردن برنامه تمرینی به اتمام می رسید. علاوه بر این، در فرایند اجرا نیز، حجم تمرینات (تکرار و مدت زمان) به صورت تدریجی در طول ۶ هفته برنامه تمرینی و با توجه به ویژگی های فردی هر آزمودنی مطابق جدول ۱ افزایش می یافت. در نهایت، استراحت بین هر ست ۴۵ ثانیه و استراحت بین تمرین ها ۹۰ ثانیه بود.

به منظور سامان دادن، خلاصه کردن، طبقه بندی نمرات خام و توصیف اندازه های نمونه از آمار توصیفی (فراوانی ها، میانگین ها، درصدها، انحراف استاندارد ها، رسم نمودارها و جداول) استفاده شد. از آزمون شاپیروویلک جهت طبیعی بودن توزیع داده ها استفاده شد. در صورت طبیعی بودن توزیع داده ها از T همبسته و تحلیل کوواریانس برای مقایسه درون گروهی و بین گروهی در فاکتورهای تعادل، حرکت عملکردی، در بین گروه کنترل و تجربی استفاده شد و در صورتی که داده ها طبیعی نباشد، از آزمون های ویلکاکسون و یو من ویتنی جهت مقایسه گروه ها و تأثیر تمرین استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل های فوق با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.



شکل ۲. الف) آزمون اسکات، ب) آزمون گام برداری از روی مانع، ج) آزمون لانچ، د) آزمون تحرک پذیری شانه، ه) آزمون بالا آوردن مستقیم پا، و) آزمون پایداری شنا تنه، ی) آزمون پایداری چرخشی

جدول ۱. برنامه تمرینی عصبی-عضلانی

هفته	تمرین	ست، تکرار، زمان
هفته اول	هایپنگ به طرفین با دو پا (دست‌ها آزاد)	۳*۱۰ تکرار
	هایپنگ به جلو عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲*۱۰ تکرار
	هایپنگ با حرکت به سمت جلو با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲*۱۰ تکرار
	گود کردن و داخل کشیدن شکم	۳*۲۰ ثانیه
	پل زدن در حالت دمر	۳*۲۰ ثانیه
	پل زدن در حالت طاق باز	۳*۲۰ ثانیه
	پل زدن از پهلو (راست و چپ)	۳*۲۰ ثانیه
هفته دوم	هایپنگ به طرفین با دو پا (دست‌ها روی سینه)	۲*۱۵ تکرار
	هایپنگ به جلو عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲*۱۰ تکرار

۲*۱۰ تکرار	هایپنگ با حرکت به سمت جلو با دو پا (دست‌ها آزاد)	
۵*۴ تکرار	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها آزاد)	
۳*۲۰ تکرار	بالا آوردن پا در حالت طاق‌باز با زانوی خم	
۳*۲۰ تکرار	بالا آوردن دست‌وپای مخالف در حالت چهاردست‌وپا	
۳*۲۰ تکرار	پل زدن در حالت طاق‌باز همراه با باز کردن متناوب پای چپ و راست	
۳*۲۰ تکرار	نشستن بر روی توپ و گام برداشتن درجا	
۳*۲۰ تکرار	کرانچ به شکم متقاطع	
۳*۱۰ تکرار	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	هفته سوم
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها آزاد)	
۳*۱۰ تکرار	هایپنگ با حرکت به سمت جلو با دو پا (دست‌ها روی سینه)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت زیگزاگ با دو پا (دست‌ها آزاد)	
۳*۲۰ تکرار	پل زدن طاق‌باز بر روی توپ فیزیوبال	
۳*۲۰ تکرار	پل زدن طاق‌باز بر روی توپ همراه با خم کردن شانه	
۳*۲۰ تکرار	پل زدن دمر بر روی توپ فیزیوبال	
۳*۲۰ تکرار	حرکت باز کردن کبری بر روی توپ فیزیوبال	
۳*۲۰ تکرار با نگه‌داشتن ۲ ثانیه	سوپرمن	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	هفته چهارم
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها روی سینه)	
۳*۱۰ تکرار	هایپنگ با حرکت به سمت جلو با یک پا (دست‌ها آزاد)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها آزاد)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت مربع با دو پا (دست‌ها آزاد)	
۳*۲۰ تکرار	چرخش تنه در حالت نشسته با گرفتن توپ مدسین‌بال در دست‌ها	
۳*۲۰ تکرار	پل زدن روی لگن بر روی توپ فیزیوبال و با خم کردن شانه	
۳*۲۰ تکرار	دراز و نشست بر روی توپ فیزیوبال	
۳*۲۰ تکرار	پل زدن لگن بر روی توپ فیزیوبال و باز کردن متناوب زانوها و خم کردن شانه	
۳*۲۰ تکرار با نگه‌داشتن ۲ ثانیه	سوپرمن بر روی توپ فیزیوبال	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	هفته پنجم
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ با حرکت به سمت جلو با یک پا (دست‌ها روی سینه)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها روی سینه)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت مربع با یک پا (دست‌ها آزاد)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت هشت لاتین با دو پا (دست‌ها آزاد)	
۳*۲۰ تکرار	حرکت لانژ با چرخش تنه همراه با در دست داشتن توپ مدسین‌بال	
۳*۲۰ تکرار	خم کردن تنه با توپ مدسین‌بال بر روی توپ فیزیوبال	
۳*۲۰ تکرار با نگه‌داشتن ۲ ثانیه	ورز دادن توپ به سمت جلو و عقب	
۳*۱۰ تکرار بر روی هر پا	پل زدن روی توپ و برداشتن و گذاشتن پاها به‌طور متناوب بر روی توپ	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	هفته ششم
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ با حرکت به سمت جلو با یک پا (دست‌ها پشت سر)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها پشت سر)	
۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت مربع با یک پا (دست‌ها روی سینه)	

۲*۱۰ تکرار	هایپنگ به صورت هشت لاتین با یک پا (دست‌ها آزاد)
۱۰*۳ تکرار بر روی هر پا	حرکت لانژ با قراردادن پای پشتی بر روی توپ فیزیوبال
۱۰*۳ تکرار بر روی هر پا	حرکت مارچ همراه با کش
۳*۱۵ تکرار هر طرف	پل زدن از پهلو همراه با دور کردن شانه
۳*۱۰ تکرار	حرکت سوپرمین به صورت متناوب بر روی توپ فیزیوبال

به‌طور کلی استراحت بین ست ۴۵ ثانیه و استراحت پایان ست ۹۰ ثانیه در نظر گرفته شد.

نتایج

اطلاعات **جدول ۲** مشخصات فردی آزمودنی‌های شرکت‌کننده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های این جدول، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در متغیرهای سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و سابقه ورزشی وجود ندارد و هر دو گروه شرایط یکسانی دارند. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس در رابطه با تأثیر تمرینات بر میزان تعادل ایستا نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون (کوریت)، در میزان نتایج تعادل ایستا در پس‌آزمون بین دو گروه کنترل و تمرینی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P \leq 0.05$)، به این صورت که میزان تعادل ایستا در گروه تمرینی بهبود معنی‌داری نسبت به گروه کنترل داشت. مجذور اتای سهمی 0.67 نشان‌دهنده اندازه اثر بزرگ تفاوت تعادل ایستا بین دو گروه است (**جدول ۳**).

همچنین، بر اساس **جدول ۴** نتایج آزمون تی همبسته نشان می‌دهد که پس از هفته در هر دو گروه کنترل که تمرینات رشته تکواندو را انجام دادند و نیز گروه تمرینات عصبی-عضلانی تفاوت معنی‌داری در تعادل ایستا مشاهده شد.

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

شاخص	گروه	تعداد	انحراف استاندارد \pm میانگین
سن (سال)	کنترل	۱۵	$16/53 \pm 1/30$
	تمرینی	۱۵	$16/26 \pm 1/09$
قد (متر)	کنترل	۱۵	$1/66 \pm 0/04$
	تمرینی	۱۵	$1/67 \pm 0/04$
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۱۵	$62/26 \pm 5/24$
	تمرینی	۱۵	$62/33 \pm 7/11$
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	کنترل	۱۵	$22/53 \pm 2/34$
	تمرینی	۱۵	$22/34 \pm 2/64$
سابقه ورزشی (سال)	کنترل	۱۵	$4/20 \pm 0/67$
	تمرینی	۱۵	$4/33 \pm 0/97$

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس تأثیر متغیر مستقل و پیش‌بین بر پس‌آزمون تعادل ایستا

متغیر	مرحله آزمون	گروه	میانگین*	F	df	P	Eta squared
تعادل ایستا	پس‌آزمون	کنترل	۱۱/۶۵	۵۶/۷۵	۱	۰/۰۰۱**	۰/۶۷
	پس‌آزمون	تمرینی	۱۸/۳۱				

* تنظیم‌شده بر اساس مقادیر پیش‌آزمون

** معنی‌داری در سطح $p < 0.01$

جدول ۴. تفاوت میانگین تعادل ایستا در آزمودنی‌ها قبل و بعد از اعمال پروتکل تمرینی

گروه	کنترل		تمرینی	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
تعادل ایستا	۹/۸۲ ± ۲/۱۳	۱۱/۲۲ ± ۲/۷۷	۱۰/۸۷ ± ۲/۹۸	۱۸/۷۴ ± ۳/۴۸
	T	P	T	P
	-۳/۲۶	۰/۰۰۶	-۱۰/۴۳	۰/۰۰۱**

**معنی‌داری در سطح $p < 0.01$

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس تأثیر متغیر مستقل و پیش‌بین بر پس‌آزمون تعادل پویا

متغیر	مرحله آزمون	گروه	میانگین*	F	df	P	Eta squared
جهت قدامی	پس‌آزمون	کنترل	۶۵/۰۹	۴۷/۶۸	۱	۰/۰۰۱**	۰/۶۳
	پس‌آزمون	تمرینی	۷۳/۸۸				
جهت خلفی داخلی	پس‌آزمون	کنترل	۷۶/۹۵	۱۶/۵۲	۱	۰/۰۰۱**	۰/۳۸
	پس‌آزمون	تمرینی	۸۷/۴۹				
جهت خلفی خارجی	پس‌آزمون	کنترل	۶۹/۵۵	۲۱/۳۲	۱	۰/۰۰۱**	۰/۴۴
	پس‌آزمون	تمرینی	۸۴/۷۶				
نمره کل	پس‌آزمون	کنترل	۷۰/۵۲	۴۷/۱۲	۱	۰/۰۰۱**	۰/۶۳
	پس‌آزمون	تمرینی	۸۲/۰۶				

* تنظیم‌شده بر اساس مقادیر پیش‌آزمون

سایر نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، در میزان نتایج میزان آزمون تعادلی Y و ابعاد آن در پس‌آزمون بین دو گروه کنترل و تمرینی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P \leq 0.01$)، به این صورت که میزان جهت‌های مختلف آزمون تعادلی Y و نمره کل آن در گروه تمرینی عصبی - عضلانی بهبود معنی‌داری نسبت به گروه کنترل داشت. مجذور اتای سهمی در جدول نشان‌دهنده اندازه اثر بزرگ تفاوت میزان جهت‌های مختلف آزمون تعادلی وای و نمره کل آن بین دو گروه است (جدول ۵).

بر اساس جدول ۶ نتایج آزمون تی همبسته نشان می‌دهد که تمرینات عصبی-عضلانی ($P = 0.001$) تأثیر معنی‌داری بر نتایج جهت‌های مختلف آزمون تعادلی وای و نمره کل آزمودنی‌ها داشت. از طرفی، میزان نتایج آزمون FMS در پس‌آزمون بین دو گروه کنترل و تمرینی اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. ($P \leq 0.05$)، به عبارتی، نمره آزمون FMS در گروه تمرینی بهبود معنی‌داری نسبت به گروه کنترل داشت. مجذور اتای سهمی ۰/۵۲ نشان‌دهنده اندازه اثر بزرگ تفاوت نمره آزمون FMS بین دو گروه است (جدول ۷).

بر اساس جدول ۸ نتایج آزمون تی همبسته نشان می‌دهد که تمرین عصبی-عضلانی ($P = 0.001$) تأثیر معنی‌داری بر نتایج نمره آزمون FMS آزمودنی‌ها داشت.

جدول ۶. تفاوت میانگین جهت‌های مختلف آزمون تعادلی وای و نمره کل آن در آزمودنی‌ها قبل و بعد از اعمال برنامه تمرینی

گروه	کنترل		تمرینی	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
جهت قدامی	۶۵/۶۰ ± ۹/۰۹	۶۶/۴۷ ± ۹/۷۱	۷۵/۵۰ ± ۴/۴۸	۸۱/۰۲
جهت خلفی داخلی	۷۵/۴۰ ± ۱۰/۲۹	۷۷/۱۴ ± ۱۱/۶۷	۷۴/۸۴ ± ۱۰/۰۹	۸۷/۳۰ ± ۷/۵۴
جهت خلفی خارجی	۶۷/۴۴ ± ۱۰/۵۳	۶۹/۴۷ ± ۱۳/۰۶	۶۷/۶۷ ± ۷/۶۸	۸۴/۸۵ ± ۹/۰۷
نمره کل	۶۹/۴۸ ± ۵/۸۰	۷۱/۰۳ ± ۷/۹۸	۶۹/۲۳ ± ۶/۶۶	۸۱/۵۵ ± ۵/۳۴

**معنی‌داری در سطح $p < 0.01$

جدول ۷. نتایج تحلیل کوواریانس تأثیر متغیر مستقل و پیش‌بین بر پس‌آزمون FMS

متغیر	مرحله آزمون	گروه	میانگین*	F	df	P	Eta squared
FMS	پس‌آزمون	کنترل	۱۴/۶۸	۹۵/۵۹	۱	۰/۰۰۱**	۰/۵۲
	پس‌آزمون	تمرینی	۱۷/۲۴				

* تنظیم‌شده بر اساس مقادیر پیش‌آزمون

** معنی‌داری در سطح $p < 0.01$

جدول ۸. تفاوت میانگین نمره آزمون FMS در آزمودنی‌ها قبل و بعد از اعمال پروتکل تمرینی

گروه	کنترل				تمرینی			
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	T	P	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	T	P
FMS	۱۴/۳۳ ± ۱/۱۱	۱۴/۶۰ ± ۱/۱۸	-۱/۷۱	۰/۱۰	۱۴/۶۰ ± ۱/۴۵	۱۷/۳۳ ± ۰/۹۷	-۱۰/۲۵	۰/۰۰۱**

** معنی‌داری در سطح $p < 0.01$

بحث

پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر تمرینات عصبی - عضلانی بر تعادل، حرکت عملکردی تکواندوکاران دختر ۱۵ تا ۱۸ سال انجام شد. در ابتدا، نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده اثر تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل ایستا و پویا در ورزشکاران رشته تکواندو بود.

نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با یافته‌های تحقیقات قبلی، سامسون، کال، کارپس و همکاران و مایلز و همکاران، فیلیپا و گوردان که همه آن‌ها بهبود تعادل را پس از اعمال برنامه‌های مختلف تمرینات عصبی - عضلانی گزارش کرده بودند، در توافق است. علت احتمالی افزایش تعادل را می‌توان به بهبود شاخص‌های قدرت، استقامت و بهبود کنترل پایداری نسبت داد (۲، ۳، ۶، ۸).

SEBT (در این پژوهش آزمون تعادلی Y) نیازمند کنترل عصبی عضلانی برای موقعیت مناسب مفصل و قدرت ساختمان عضلانی اطراف آن مفصل حین انجام تست است (۳). اولمستد و همکارانش در مطالعاتشان دریافتند که پای اتکا حین انجام تست نیازمند دورسی فلکشن میچ پا، فلکشن زانو و فلکشن ران است. بنابراین اندام تحتانی نیازمند دامنه حرکتی مناسب، قدرت، فعالیت گیرنده‌های عمقی و کنترل عصبی - عضلانی است (۹). هرتل نشان دادند که SEBT به‌طور مستقیم به فعالیت عضلات اندام تحتانی به‌جز عضله دوقلو وابسته است (۱۲). حین عمل دستیابی SEBT در همه جهات، انقباض عضلات همسترینگ و چهار سر ران رخ می‌دهد. چهار سر ران در سه جهت قدامی، قدامی - خارجی و قدامی - داخلی بیشترین فعالیت را دارد. بدین دلیل که جهت انجام این جهت‌های قدامی، فرد باید به سمت عقب تکیه دهد و تنه در حالت اکستنشن باشد تا بتواند تعادل خویش را حفظ نمایند، در این وضعیت نیروی جاذبه عمل‌کننده بر قسمت بالاتنه باعث گشتاور زیاد فلکشن زانو می‌شود که باید توسط گشتاور اکستنشن (انقباضات اکستریک) تولید شده توسط عضله چهار سر ران کنترل شود (۵). فعالیت عضله پهن خارجی در جهت‌های داخلی و خلفی - داخلی بیشترین است، احتمالاً این امر، در نتیجه تثبیت عضلانی باشد که در برابر نیروهای عضلانی که در این جهت‌ها برای انجام عمل دستیابی فعال هستند، رخ می‌دهند (۱۳). مطابق این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که افزایش قدرت و کنترل اکستریکی عضلات چهارسر ران می‌تواند باعث بهبود کنترل تعادل در این جهات شود و بهبود آسیب را در مراحل مختلف نشان دهد (۱۳).

در حین انجام عمل دستیابی SEBT عضله دوسررانی نیز فعال است و بیشترین فعالیت را در جهت‌های خلفی - خارجی، خلفی و خارجی دارد. این امر را می‌توان توسط اثر نیروی جاذبه عمل‌کننده بر تنه که باعث گشتاور فلکشن ران می‌شود توضیح داد (۲). برای

انجام جهت‌های خلفی فرد باید در تنه فلکشن داشته تا بتواند پا را به سمت عقب باز کند و در این حالت عضلات همسترینگ باید به صورت برون‌گرا منقبض شوند تا در برابر گشتاور فلکشن ران مقاومت کنند (۴). همچنین انجام جهت خارجی نیاز مبرم به چرخش خارجی شدید ران دارد؛ بنابراین منجر به فعالیت بالای عضله دوسررانی می‌شود (۱۰). با توجه به بحثی که انجام شد مشاهده می‌کنیم که قدرت عضلانی عضلات احاطه‌کننده و عمل‌کننده بر مفصل و هم‌انقباضی آن‌ها جهت تثبیت مفاصل اندام تحتانی اتکا، دامنه حرکتی مناسب، فعالیت گیرنده‌های عمقی و کنترل عصبی - عضلانی به‌منظور حفظ تعادل هنگام انجام عمل دستیابی و کسب بیشترین فاصله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که این اهمیت در نتایج آزمون تعادل ایستا نیز مشخص است. از طرف دیگر وجود تمرینات عملکردی در برنامه تمرینی نیز توانسته در بهبود تعادل این ورزشکاران مؤثر باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده استفاده از تمرینات عصبی عضلانی جهت بهبود تعادل ایستا و پویا در ورزشکاران رشته تکواندو پیشنهاد می‌شود.

سایر نتایج نشان داده شده، هم‌راستا با نتایج پژوهش (۱، ۲، ۷، ۸، ۱۲) بوده است، بنابراین استفاده از برنامه عصبی عضلانی در بهبود نمره آزمون غربالگری حرکت عملکردی اثرگذار می‌باشد. یکی از علل اثر این برنامه عصبی عضلانی بر بهبود عملکرد حرکتی و به دنبال آن کاهش خطر ایجاد آسیب می‌تواند جلسات منظم تمرینی باشد که در این راستا سولینگارد به این موضوع اشاره کردند که هر چه تعداد جلسات استفاده از این برنامه بیشتر باشد میزان بروز آسیب در بازیکنان کاهش می‌یابد (۱۱). از دلایل دیگر اثربخشی این برنامه تمرینی می‌تواند نوع تمرینات استفاده شده باشد که این تمرینات شامل تمرینات مرتبط با پرش فرود با حفظ راستای بدن، تمرینات مرتبط با ثبات‌دهنده‌های مرکزی، قدرتی، تعادلی، آگاهی بدنی، تکنیک صحیح در تغییر جهت‌های ناگهانی و نیز پرش و فرود صحیح باشد. مطالعات بسیاری در ارتباط با قابلیت پیش‌بینی آسیب و ارتباط متغیرهای مختلف با آزمون عملکرد حرکتی انجام شده، اما در مطالعات کمتری به بررسی اثربخشی یک عصبی عضلانی با استفاده از تمرینات ثبات مرکزی و هاپینگ بر بهبود نمره مجموع آزمون عملکرد حرکتی پرداخته شد (۱۱). تحقیقات مشخص کردند بسیاری از ورزشکاران که در سطح بالا در حال فعالیت هستند و از حرکات بنیادی تا کارآمد برخوردارند بروز این مشکل منجر می‌گردد که افراد این حرکات را به الگوهای حرکتی ضعیف تبدیل کرده و با این الگوهای ضعیف حرکتی به تمرینات بپردازند. از طرفی به دلیل عدم آگاهی یا بی‌توجهی در پی اصلاح این الگو نمی‌روند. بنابراین وقتی ورزشکاری با زیربنای حرکتی ضعیف به فعالیت‌های سطح بالا بپردازند، ممکن است بیشتر در معرض آسیب قرار گیرند. متعاقب آسیب نه‌تنها از عمر مفید ورزشکار کم می‌گردد بلکه هزینه‌های مالی، جسمی، روحی و دوری از میادین بر ورزشکار آسیب‌های روانی جدی وارد کرده و گریبان‌گیرش می‌شود (۳، ۴). از طرفی غربالگری و شناسایی ورزشکاران مستعد آسیب همیشه از خواسته‌های مربیان و متخصصان است. در سال‌های اخیر آزمون غربالگری حرکت عملکردی از محبوبیت در بین محققان و مربیان برخوردار شد. نتایج مطالعات نشان داده است که آزمون غربالگری حرکت عملکردی توانایی قابل قبولی در شناسایی افراد مستعد آسیب داشته با این حال در زمینه بهبود نمرات آزمون FMS در پی برنامه عصبی عضلانی انجام نشده و در مطالعاتی به بررسی اثر این برنامه پرداخته شد. با این حال تحقیقات مختلفی که به بررسی تأثیر تمرین بر امتیاز عملکرد حرکتی در رشته‌های مختلف پرداختند همچون نعمتی و همکاران که به تأثیر تمرینات الون پلاس بر بهبود نمره آزمون عملکرد حرکتی فوتبالیست‌های آکادمی فوتبال رشت اشاره کردند و یا آموریم در ۲۰۱۱ که در پژوهش خود به تأثیر تمرینات یوگا بر بهبود نمره ۷ آزمون عملکرد حرکتی و نیز بهبود انعطاف‌پذیری تنه آتش‌نشانان شهری اشاره کردند (۹) و نیز سونگ و همکاران نیز در پژوهشی که به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرینات منتخب FMS بر تغییرات نمرات آزمون عملکرد حرکتی (قدرت و انعطاف‌پذیری) پرداخته بودند، به تأثیر این تمرینات بر بهبود قدرت و انعطاف‌پذیری ۳۲ بازیکن بیسبال اشاره کردند (۴، ۱۱). همین مسئله تأیید کننده این موضوع است که، برنامه‌های تمرینی می‌تواند در بهبود نمره عملکرد حرکتی اثرگذار باشد. به صورت کلی به نظر می‌رسد با توجه به جامعیت

این برنامه این امکان وجود داشته که ورزشکاران رشته تکواندو با یادگیری حفظ تقارن بدن در طی انجام تمرینات مرتبط با این برنامه توانسته باشد الگوی صحیح حرکتی را کسب کرده و از این طریق در نمره آزمون عملکردی او بهبود معنی‌داری کسب گردد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌صورت کلی نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده اثر استفاده از تمرینات عصبی - عضلانی بر بهبود تعادل ایستا و پویا، حرکت عملکردی، حس عمقی زانو و میچ پا ورزشکاران دختر رشته تکواندو بوده است براین اساس استفاده از این برنامه تمرینی به مربیان و ورزشکاران این رشته ورزشی جهت کاهش خطر ایجاد آسیب و نیز ارتقای سطح عملکرد ورزشی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

اکنون که به یاری خدا توانستیم این پژوهش را جمع‌آوری کنیم از تمام کسانی که در جمع‌آوری مطالب ما را یاری کردند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمامی اصول اخلاقی در این پژوهش رعایت شده است. همه شرکت‌کنندگان با رضایت کامل در مطالعه شرکت کردند و به آن‌ها اطمینان داده شد که تمام اطلاعات مربوط به آن‌ها محرمانه باقی خواهد ماند.

حامی مالی

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

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

Reference

1. Bucaille J-L. Method of making a timepiece spring from monocrystalline material and timepiece spring obtained by this method. Google Patents; 2022.

2. Hajipoor S, Mohammadipour F, Nikooie R. The Effect of Eight Weeks of Neuromuscular Training on Balance and Prevention of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injury in Boy Adolescent Taekwondo Athletes. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2018;13(5):271-7.
3. LC O. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2002:501-6.
4. Murthy V. Common injuries in kabaddi play and their prevention with the help of biomechanics. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*. 2016;3(4):78-81.
5. Kahle NL, Gribble PA. Core stability training in dynamic balance testing among young, healthy adults. *Athletic Training & Sports Health Care*. 2009;1(2):65-73. [DOI:10.3928/19425864-20090301-03]
6. Gordon AT, Ambegaonkar JP, Caswell SV. Relationships between core strength, hip external rotator muscle strength, and star excursion balance test performance in female lacrosse players. *International journal of sports physical therapy*. 2013;8(2):97.
7. Hoseini MAS, Barati AH, Araghi ES, Akoochakian M, Naderifar H. The comparison of lower extremity malalignment during hurdle pre-flight and traditional approach at forward diving straight. *J Orthop Rheumatol*. 2022;5(1):51-62.
8. Norasteh AA, Hosseini R, Daneshmandi H, Shah Heidari S. Balance assessment in students with hyperkyphosis and hyperlordosis. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2014;6(1):57-71.
9. Amorim T, Sousa F, Machado L, Santos JA, editors. Effects of Pilates training on muscular strength and balance in ballet dancers. *ISBS-Conference Proceedings Archive*; 2011. [DOI:10.1590/S1980-65742011000400010]
10. Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Journal of athletic training*. 2015;50(1):36-44. [DOI:10.4085/1062-6050-49.3.71] [PMID]
11. Soligard T. Injuries in youth female football: risk factors, prevention and compliance. 2011.
12. Charbon C, Plankert G. Method for fabrication of a timepiece balance spring. *Google Patents*; 2017.
13. Hale SA, Fergus A, Axmacher R, Kiser K. Bilateral improvements in lower extremity function after unilateral balance training in individuals with chronic ankle instability. *Journal of athletic training*. 2014;49(2):181-91. [DOI:10.4085/1062-6050-49.2.06] [PMID]