

Research Paper



The Effectiveness of Six Weeks of Core Stability Exercises on Q Angle and Flatfoot in Female Taekwondo Athletes

*Ebrahim Ebrahimi¹, Parnian Rashidi², Negin Sadat Tabatabaei³, Narges Soleymani¹

1. Department of Corrective Exercise & Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

2. Department of Corrective Exercise & Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

3. Department of Corrective Exercise & Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, ImamReza International University, Mashhad, Iran.

Use your device to scan and
read the article online



Citation: Ebrahimi E, Rashidi P, Sadat Tabatabaei N, Soleymani N. The Effectiveness of Six Weeks of Core Stability Exercises on Q Angle and Flatfoot in Female Taekwondo Athletes (Persian). Journal of Sport Biomechanics. 2024;10(3):216-228. <https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.10.3.216>

<https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.10.3.216>



Article Info:

Received: 25 Oct. 2024

Accepted: 6 Dec. 2024

Available Online: 7 Dec. 2024

Keywords:

Core stability, Taekwondo,
Flatfoot, Q angle

ABSTRACT

Objective Taekwondo is an Olympic combat sport that, due to its intense and complex training, exposes athletes to lower limb abnormalities. Performing corrective exercises to address these issues is essential, and core stability exercises appear to be effective. Therefore, the aim of the present study was to examine the impact of six weeks of core stability exercises on the Q angle and flatfoot in female taekwondo practitioners.

Methods This quasi-experimental study was conducted in the field. The statistical population consisted of 30 female taekwondo practitioners, aged 15–25, from Mashhad, who were purposefully selected and randomly divided into two groups of 15. The Staheli arch index was used to assess flatfoot, and a goniometer was employed to measure the Q angle. A pre-test was conducted to measure the variables of interest, followed by a six-week core stability training program for the experimental group. A post-test was administered using the same procedures as the pre-test.

Results The results indicated that the six-week exercise program significantly improved flatfoot ($P = 0.001$) and reduced the Q angle ($P = 0.001$) in the experimental group compared to the control group.

Conclusion Core stability exercises can be effective in addressing abnormalities and rehabilitating athletic performance. This study aimed to investigate the impact of six weeks of core stability exercises on improving flatfoot and reducing the Q angle in female taekwondo practitioners. The results of this study showed that core stability exercises improved flatfoot and reduced the Q angle in female taekwondo practitioners. It is recommended that core stability exercises be incorporated alongside regular taekwondo training to improve balance and enhance performance.

* Corresponding Author:

Ebrahim Ebrahimi

Address: Department of Corrective Exercise & Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (933) 9708496

E-mail: ebrahimebrahimi703@gmail.com

Extended Abstract

1. Introduction

Due to the specific anatomical structure of the foot and its position within the lower extremities of the kinetic chain, with a relatively small support surface bearing and balancing the entire body weight, it is logical that even small biomechanical changes in the body's support surface can affect posture control (3). In this context, taekwondo, a martial art with rapid movements and complex techniques, exposes practitioners to various abnormalities (4), including increased Q angle and flat feet. The Q angle, the angle between the thigh and the shin, is commonly used as an indicator in diagnosing knee issues and comparing injured knees (5). Flat feet, on the other hand, are a common deformity affecting 2 to 23 percent of the adult population (10). This condition is characterized by the loss of the medial longitudinal arch and is often accompanied by external rotation of the heel and outward deviation of the forefoot (11). Flat feet can influence the kinematics of the lower limbs during dynamic activities, leading to difficulties in athletic performance (12). Therefore, implementing corrective exercises to address these abnormalities is crucial, and core stability exercises appear to be effective. Core stability exercises are recognized as a valuable method for improving athletic performance and preventing injuries in athletes.

2. Methods

This quasi-experimental study was conducted in the field. The statistical population consisted of 30 female taekwondo practitioners, aged 15–25, from Mashhad, who were purposefully selected. Of the registered participants, 30 individuals (sample size determined using G*Power software) were selected based on the inclusion criteria and randomly assigned to two groups: 15 in the control group and 15 in the experimental group. All participants had a history of three years of regular taekwondo practice, attending at least three sessions per week (without competition experience), and training for 1.5 hours per session. Before participation, all individuals signed a written consent form. Inclusion criteria for the study were: being between 15 and 25 years old, having at least one year of regular exercise (three sessions per week for 1.5 hours), and being free from acute or chronic injuries or underlying health conditions. The Staheli index was used to assess foot arch, and a goniometer was used to measure the Q angle. The experimental group performed selected core stability exercises for six weeks, while the control group received no intervention. After six weeks, all assessments were repeated, and the results were recorded as post-test data.

3. Results

The results of the Shapiro-Wilk test indicated that all research data were normally distributed. The findings showed that the six-week exercise program significantly improved flat feet ($P = 0.001$) and reduced the Q angle ($P = 0.001$) in the exercise group compared to the control group (Table 1). Core stability exercises enhance movement and stability in the body's central region. These exercises increase the strength and stability of the core, which improves an individual's ability to maintain the center of mass within the limits of the base of support, thus contributing to better balance. Core stability is a vital component of overall performance. Activating different parts of the body that surround the movement chain improves performance. The core's role is to generate the necessary force for motor activities, as it serves as the connection and force transfer point for all kinetic chains during dynamic activities, including sports. By controlling the force, balance, and movement of the core, the performance of the lower limb kinetic chain can be maximized.

4. Conclusion

The aim of this study was to examine the effect of six weeks of core stability exercises on the Q angle and flat feet in female taekwondo practitioners. The results indicated that these exercises significantly improved the Q angle and reduced flatfoot deformity in the participants. Taekwondo is one of the most popular martial arts worldwide, and flat feet are a common abnormality among its practitioners, leading to biomechanical and sensory-motor issues in the foot and ankle complex, as well as reduced postural stability (23).

According to the kinetic chain model, flatfoot deformity can cause lateral rotation of the patella, which increases the Q angle and contributes to knee pain in athletes. Abnormal movement patterns caused by injuries or dysfunction in one part of the body lead to muscular imbalances around the affected joints, ultimately disrupting the movement chain (24-26). Previous studies have shown that strong core muscles stabilize the spine and help distribute compressive, translational, and shear forces to different parts of the body (27). Consequently, weak core muscles can impair the function of the limbs, exacerbating abnormalities like flat feet. Properly strengthening the core muscles, therefore, improves the function of the limbs (28). Research also demonstrates a positive correlation between core muscle strength and flatfoot severity, with flat feet contributing to increased knee valgus, which, in turn, elevates the Q angle (29, 30). Thus, the findings of this study demonstrate that core stability exercises improve flat feet and reduce the Q angle in female taekwondo practitioners, thereby enhancing their performance.

Table 1. Results of Independent Samples T-Test

Variable	Phase	Mean	Standard Deviation	t	P-value
Flat Feet	Pre-test	1.04	0.17	1.66	0.001*
	Post-test	0.91	0.12		
Q Angle	Pre-test	21.19	2.01	6.48	0.001*
	Post-test	17.92	1.37		

*Significant change from pre-test to post-test ($P < 0.05$)

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

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

Funding

This research did not receive any financial support from government, private, or non-profit organizations.

Authors' contributions

All authors contributed equally to preparing the article.

Conflicts of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest associated with this article.

مقاله پژوهشی

تأثیر ۶ هفته تمرینات ثبات مرکزی بر زاویه Q و کف پای صاف دختران تکواندوکار

* ابراهیم ابراهیمی^۱، پرریان رشیدی^۲، نگین سادات طباطبائی^۳، نرگس سلیمانی^۱

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

۲. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و تمرینات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و تمرینات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران.

چکیده

هدف تکواندو یک رشته ورزشی مبارزه‌ای المپیک است که با توجه به تمرینات پرفشار و پیچیده افراد را در معرض ناهنجاری‌هایی در راستای اندام تحتانی قرار می‌دهد. انجام تمرینات اصلاحی مناسب جهت رفع این ناهنجاری‌ها مهم می‌باشد که تمرین ثبات مرکزی تنه به نظر می‌رسد از تمرینات مؤثر باشد؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی ۶ هفته‌ای تمرینات ثبات مرکزی بر زاویه Q و کف پای صاف دختران تکواندوکار است.

روش‌ها تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و به‌صورت میدانی انجام شده است. نمونه آماری شامل ۳۰ تکواندوکار دختر ۱۵-۲۵ ساله شهرستان مشهد بودند که به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره تقسیم شدند. به ترتیب از شاخص استاهلی برای ارزیابی کف پای صاف، گونیامتر برای غربالگری زاویه Q استفاده شد. پس از گروه‌بندی، پیش‌آزمون جهت اندازه‌گیری متغیرهای مورد نظر تحقیق اجرا شد. سپس برنامه تمرینات ثبات مرکزی به مدت شش هفته بر روی آزمودنی‌های گروه تجربی اعمال و سپس پس‌آزمون، با رویه یکسان با پیش‌آزمون اجرا شد.

یافته‌ها نتایج نشان دادند که انجام شش هفته برنامه تمرینی ارائه‌شده احتمالاً موجب بهبود کف پای صاف ($P=0/001$) و کاهش زاویه Q ($P=0/001$) افراد شرکت‌کننده در این تحقیق در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل شده بود.

نتیجه‌گیری نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود کف پای صاف و کاهش زاویه Q تکواندوکاران دختر شده است. توصیه می‌شود از تمرینات ثبات مرکزی در کنار تمرینات معمول تکواندوکاران به‌عنوان شیوه مؤثری برای بهبود بد راستایی‌ها و افزایش عملکرد استفاده شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۴ آبان ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۶ آذر ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۱۷ آذر ۱۴۰۳

کلید واژه‌ها:

ثبات مرکزی، تکواندو، کف پای صاف، زاویه Q

*نویسنده مسئول:

ابراهیم ابراهیمی

آدرس: گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

تلفن: ۹۷۰۸۴۹۶ (۹۳۳) ۰۹۸+

ایمیل: ebrahimeebrahimi703@gmail.com

مقدمه

اختلالات اسکلتی-عضلانی می‌تواند در ساختار بدن انسان، به‌ویژه دودین، راه رفتن و به‌طور کلی بیومکانیک حرکتی انسان تأثیرگذار باشد (۱). به دلیل ساختار خاص آناتومیک پا و قرارگیری آن در پایین‌ترین اندام‌های زنجیره حرکتی با سطح پشتیبانی نسبتاً کوچک که کل وزن بدن را تحمل می‌کند و آن را متعادل می‌کند، منطقی به نظر می‌رسد که کوچک‌ترین تغییرات بیومکانیکی سطح حمایت‌کننده بدن می‌تواند بر کنترل وضعیت بدن تأثیر می‌گذارد (۲) که در این راستا تکواندو به‌عنوان یک ورزش رزمی با حرکات سریع و تکنیک‌های پیچیده، افراد را در معرض ناهنجاری‌هایی قرار می‌دهد (۳) که از جمله این ناهنجاری‌ها افزایش زاویه Q و کف پای صاف است. زاویه Q که زاویه بین ران و ساق پا است، به‌عنوان یک شاخص ارزیابی در تشخیص بسیاری از مشکلات و مقایسه زانوهای آسیب‌دیده به کار گرفته می‌شود (۴). این زاویه تحت تأثیر بسیاری از عوامل چون وضعیت لگن، موقعیت پا، وضعیت عضله چهار سر ران و وضعیت بدن قرار می‌گیرد که افزایش این زاویه منجر به آسیب در زانو می‌شود (۵)؛ مطالعات نشان داده‌اند که افزایش این زاویه می‌تواند به فشار بیشتر بر زانوها و افزایش زاویه تیئوفمورال منجر شود (۶، ۷). از سوی دیگر، کف پای صاف یکی از ناهنجاری‌های شایع است که بین ۲ تا ۲۳ درصد از جمعیت بزرگسال را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با از بین رفتن قوس طولی داخلی پا مشخص می‌شود و معمولاً با چرخش بیرونی پاشنه و انحراف جلوی پا به سمت خارج همراه است (۸) و می‌تواند بر کینماتیک اندام‌های تحتانی در طول فعالیت‌های پویای ورزش‌های رزمی از قبیل تکواندو تأثیر بگذارد و منجر به مشکلاتی در عملکرد ورزشی می‌گردد (۹)؛ بنابراین انجام تمرینات اصلاحی مناسب جهت رفع این ناهنجاری‌ها مهم می‌باشد که تمرین ثبات مرکزی تنه به نظر می‌رسد از تمرینات مؤثر است. تمرینات ثبات مرکزی به‌عنوان یک رویکرد مؤثر در بهبود عملکرد ورزشی در ورزشکاران تکواندو شناخته شده‌اند (۱۰). نشان داده شده است تمرینات فعال ثبات مرکزی به عضلات شکم، کمر و لگن کمک کرده و بهبود قابل‌توجهی در عملکرد حرکتی تکواندوکاران ایجاد می‌کند (۱۱). در مطالعه‌ای، عرب‌جعفری و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی اثر ۸ هفته تمرینات توان‌بخشی ترکیبی (ثبات مرکزی و تراباند) بر میزان فاصله کندیل‌های داخلی زانو، زاویه Q پرداختند که نتایج نشان داد این تمرینات ترکیبی تأثیر مثبتی بر بهبود میزان فاصله کندیل داخلی زانو و کاهش زاویه Q داشته است (۱۲). در پژوهشی دیگر، رحیمی و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بر راستای اندام تحتانی در کاراته‌کاران تأثیر گذاشته و باعث کاهش زاویه Q شده است (۱۳). در پژوهشی دیگر نشان داده شد ۱۲ هفته تمرین ثبات مرکزی باعث بهبود وضعیت بدنی، راستای اندام تحتانی و عملکرد افراد تکواندوکار جوان شده است (۱۴). همچنین، نشان داده شد که تمرینات ثبات مرکزی در وضعیت زنجیره بسته باعث بهبود زاویه Q و کینماتیک اندام تحتانی در ورزشکاران رزمی شده است (۱۵).

با توجه به مطالعات بیان‌شده، نشان داده شد تمرینات ثبات مرکزی برای اهداف بهبود عملکرد و کاهش آسیب‌ها و بد راستایی‌ها در ورزشکاران استفاده می‌شود ولی مطالعه کاملی در مورد اثر این تمرینات بر صافی کف پا و زاویه Q وجود ندارد؛ بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر زاویه Q و کف پای صاف دختران تکواندوکار انجام شد.

روش شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و به‌صورت میدانی انجام شده است. نمونه آماری شامل ۳۰ تکواندوکار دختر ۱۵-۲۵ ساله شهرستان مشهد بودند که به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. از بین نفرات ثبت نام شده، ۳۰ نفر (انتخاب تعداد بر اساس نرم‌افزار جی پاور) با معیار تعیین شده انتخاب و به دو گروه (۱۵ نفر در گروه کنترل و ۱۵ نفر در گروه تجربی) به‌صورت تصادفی تقسیم شدند. برای اجرای این تحقیق افرادی به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند که در هفته حداقل سه جلسه، ۱/۵ ساعت به تمرینات تکواندو

به صورت منظم مشغول بودند. در ابتدا تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی برای انجام این تحقیق را امضاء کردند. اطلاعات این افراد به صورت محرمانه نزد محقق باقی ماند. معیارهای ورود به تحقیق حاضر شامل محدوده سنی ۱۵ تا ۲۵ سال، سابقه ورزش منظم (حداقل سه جلسه در هفته به مدت ۱/۵ ساعت) در یک سال اخیر، شرکت داوطلبانه در تحقیق، فعالیت ورزشی حرفه‌ای و مستمر، آزمودنی‌های بدون آسیب حاد و مزمن و بیماری‌های زمینه‌ای بود. معیارهای خروج از تحقیق حاضر نیز سابقه درد انتشاری در اندام تحتانی در یک سال گذشته، آسیب برخوردی در اندام تحتانی در شش ماه گذشته، ترک کردن دو جلسه از تمرینات و انجام تمرینات خارج از نظارت محقق بود. در گام اول اطلاعات جمعیت شناختی نمونه‌ها ثبت و به ترتیب شاخص استاهلی برای بررسی ساختار کف پا و گونیامتر برای بررسی زاویه Q انجام شد. سپس گروه تجربی به مدت ۶ هفته تمرینات ثبات مرکزی منتخب را انجام دادند، اما گروه کنترل مداخله خاصی را دریافت نکردند. پس از اتمام ۶ هفته، مجدداً تمامی آزمون‌ها تکرار و نتایج آزمون‌ها در این مرحله به عنوان داده‌های پس‌آزمون ثبت شد.

غربالگری کف پای صاف

غربالگری صافی کف پا از طریق روش ثبت اثر کف پا و شاخص استاهلی انجام شد. در این روش ابتدا آزمودنی‌ها با پای آغشته به جوهر بلافاصله بر روی یک کاغذ می‌ایستاد تا اثر کف پا روی کاغذ ثبت شود. پس از ثبت اثر کف پا در هر دو پای چپ و راست، اگر ثبت لبه‌های خارجی پا روی کاغذ از کیفیت مناسبی برخوردار نبود، آزمون دوباره تکرار می‌شد (۱۶)؛ بر اساس شاخص استاهلی، اگر اندازه دو خط ثبت شده از اثر کف پا از ۰/۸ بیشتر بود، فرد دارای کف پای صاف است که این دو خط مورد نظر در این شاخص عبارت‌اند از: کم‌عرض‌ترین بخش میانی پا و عریض‌ترین بخش عقبی پا (۱۷).

غربالگری زاویه Q

برای اندازه‌گیری این زاویه از گونیامتر استفاده شد. پای چپ و راست آزمودنی‌ها درحالی‌که آزمودنی ایستاده و زانو و لگن کاملاً در حالت اکستنشن و طبیعی بوده و بدون کفش می‌باشد اندازه‌گیری شد. نقاط لازم برای اندازه‌گیری شامل خار خاصره‌ای قدامی_فوقانی، مرکز کشکک و برجستگی درشتنی می‌باشند که در هر پا این نقاط علامت‌گذاری شد. سپس به منظور اندازه‌گیری مرکز گونیامتر را روی مرکز کشکک، بازوی ثابت در مسیر برجستگی درشتنی و عمود بر زمین و بازوی متحرک در مسیر خار خاصره‌ای قدامی_فوقانی ثابت می‌شود و زاویه بین این دو بازو به وسیله نقاط مندرج مشخص می‌شود (شکل ۱). روایی و پایایی خوبی برای گونیامتر گزارش شده است (ICC=0.85) (۱۸).



شکل ۱. اندازه‌گیری زاویه Q

جدول ۱. برنامه تمرینی ثبات مرکزی در طول شش هفته

هفته‌های اول و دوم		هفته‌های سوم و چهارم		هفته‌های پنجم و ششم		پروتکل تمرین
ست	تکرار	ست	تکرار	ست	تکرار	
۲	۶	۲	۸	۳	۶	بلند کردن دست و پای مخالف روی توپ
۲	۶	۲	۸	۳	۶	شنای سوئدی روی توپ
۲	۶	۲	۸	۳	۶	کرانچ با بلند کردن یک پا
۲	۶	۲	۸	۳	۶	اسکات با توپ سوئیسی
۲	۶	۲	۸	۳	۶	همسترینگ کورل روی توپ
۲	۷	۲	۱۰	۳	۱۳	دوچرخه
۲	۸	۲	۱۰	۳	۸	لانچ روی توپ سوئیسی
۲	۸	۲	۱۰	۳	۸	چرخش جانبی خوابیده به پشت
۳۰	۲	۳۵	۲	۴۵	۲	پل خوابیده به پشت تک پا
۳۰	۲	۳۵	۲	۴۵	۲	پلانک به پهلو

پروتکل تمرینی

افراد گروه تجربی در کنار تمرین معمول رشته تکواندو به مدت شش هفته، هر هفته سه جلسه به مدت نیم ساعت تحت تمرین ثبات ناحیه مرکزی بدن قرار گرفتند (۱۹). آزمودنی‌ها پس از ده دقیقه گرم کردن، به مدت سی دقیقه پروتکل تمرین ثبات ناحیه مرکزی بدن با تأکید بر عضلات شکمی، کمری، لگنی، فلکسورها و اکستنسورهای ران داشته و در پایان هر جلسه تمرینی برای بازگشت به حالت اولیه پنج دقیقه سرد کردن انجام می‌دادند (جدول ۱). در طی این مدت آزمودنی‌های گروه کنترل، در تمرین معمول تکواندو حضور داشتند.

در این پژوهش، جهت توصیف متغیرها از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار استنباطی استفاده شد. در ابتدا جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. از آزمون t مستقل برای مقایسه بین گروهی متغیرها استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات در سطح معناداری ۹۵٪ و میزان آلفای کوچک‌تر و یا مساوی ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام گرفت.

نتایج

اطلاعات توصیفی تحقیق حاضر که مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها می‌باشد در جدول ۲ شرح داده شده است. یافته‌ها نشان داد که انجام شش هفته برنامه تمرینی ارائه شده موجب بهبود کف پای صاف ($P=0/001$) و کاهش زاویه Q ($P=0/001$) افراد شرکت‌کننده در این تحقیق در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل می‌شود (جدول ۳).

بحث

تمرینات ثبات مرکزی به عنوان یکی از عوامل کلیدی در بهبود عملکرد ورزشی و پیشگیری از آسیب‌ها شناخته می‌شوند. در ورزش‌هایی مانند تکواندو که نیاز به تعادل، قدرت و انعطاف‌پذیری دارد، این تمرینات می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر روی زوایای بدن و قوس‌های کف پا داشته باشند. هدف این پژوهش بررسی ۶ هفته تمرینات ثبات مرکزی بر زاویه Q و کف پای صاف دختران

تکواندوکار بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انجام این دسته از تمرینات می‌تواند باعث بهبود معنادار زاویه Q و ناهنجاری کف پای صاف در دختران تکواندوکار شود.

تکواندو از جمله ورزش‌های رزمی محبوب در جهان است و ناهنجاری کف پای صاف از شایع‌ترین ناهنجاری‌ها در افراد شرکت‌کننده در این ورزش است که باعث اختلالات بیومکانیکی و حسی حرکتی کمپلکس پا و مچ پا و کاهش ثبات وضعیتی می‌شود (۲۰). بر اساس سیستم زنجیره حرکتی، ناهنجاری کف پای صاف احتمال دارد باعث چرخش جانبی پاتلا و در نهایت افزایش زاویه Q شده و این عامل منجر به درد زانو در ورزشکاران می‌شود. الگوهای حرکتی اشتباه ایجاد شده در اثر ناهنجاری‌ها و آسیب‌دیدگی‌ها در یک بخش از بدن، عدم تعادل عضلانی در اطراف مفاصل مرتبط را به وجود آورده و به دنبال آن منجر به ایجاد اختلالات می‌شود. درواقع عدم تعادل عضلانی کل بدن فرد را متأثر ساخته و منجر به بهم ریختگی زنجیره حرکتی می‌شود (۲۱-۲۳).

نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد قدرت عضلات مرکزی به سیستم اسکلتی عضلانی اجازه می‌دهد تا ستون فقرات را به‌صورت مکانیکی تثبیت کند و سپس نیروهای فشاری، انتقالی و برشی را به قسمت‌های مختلف بدن تأمین و توزیع کند و باعث بهبود راستای اندام تحتانی و عملکرد در رزمی‌کاران می‌شود (۲۴، ۲۵). مطالعات نشان می‌دهد همبستگی مثبت بین قدرت و استقامت عضلات مرکزی و صافی کف پا وجود دارد و در واکنش‌های زنجیره‌ای صافی کف پا منجر به افزایش والگوس در مفصل زانو می‌شود و در نهایت منجر به افزایش درجه زاویه Q می‌شود (۲۶، ۲۷). در مطالعاتی نشان داده شد تمرینات ثبات مرکزی منجر به بهبود راستای پا و افزایش فعالیت عضلات ساقی‌قدامی و دوقلو در رزمی‌کاران شده و صافی کف پا را بهبود بخشیده است (۲۸)، در نتیجه، واکنش‌های زنجیره‌ای می‌تواند منجر به بهبود ناهنجاری‌ها در ورزشکاران و به‌خصوص صافی کف پا و حمایت قوس‌های کف پای ورزشکاران شود (۲۹).

جدول ۲. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های گروه تمرینات ثبات مرکزی و کنترل

متغیرهای تحقیق	گروه تمرینات ثبات مرکزی	گروه کنترل	P-value
سن (سال)	۲۰/۴۰±۲/۶۹	۲۰/۵۵±۲/۵۷	۰/۴۷۶
قد (سانتی‌متر)	۱۵۸/۱۲±۴/۵۹	۱۵۷±۴/۸۹	۰/۲۴۱
وزن (کیلوگرم)	۴۹/۴۲±۵/۷۸	۴۷/۴۲±۵/۳۵	۰/۳۵۱
BMI	۲۰/۴۰±۲/۹۰	۱۷/۵۵±۲/۷۴	۰/۴۷۵

سطح معنی‌داری ۰/۰۵ / P<، اطلاعات به‌صورت میانگین (انحراف استاندارد) بیان شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون T مستقل

متغیر	مرحله	میانگین	انحراف معیار	t	P-value
کف پای صاف	پیش‌آزمون	۱/۰۴	۰/۱۷	۱/۶۶	*۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۰/۹۱	۰/۱۲		
زاویه Q	پیش‌آزمون	۲۱/۱۹	۲/۰۱	۶/۴۸	*۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۱۷/۹۲	۱/۳۷		

سطح معنی‌داری ۰/۰۵ / P<

* نشان‌دهنده تغییر معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش خاموشی و همکاران (۱۳۹۵) (۳۰) که به مقایسه تأثیر هشت هفته‌ای تمرینات کششی_تقویتی هم‌زمان با تمرینات ثبات مرکزی بر روی ناهنجاری کف پای صاف دانش آموزان دختر ۹ تا ۱۳ ساله پرداختند و با نتایج پژوهش باقریان و همکاران (۲۰۱۹) (۳۱) که به بررسی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر الگوهای حرکتی عملکردی در ورزشکاران دانشگاهی پرداخته بودند، همخوانی داشت. دلیل این امر می‌تواند این باشد که قدرت و استقامت عضلانی که در اثر تمرینات ثبات مرکزی این ناحیه از بدن ایجاد شده به کل سیستم اجازه می‌دهد تا با تثبیت مکانیکی ستون فقرات، نیروی محرکه بدن را به‌طور بهینه توزیع و با افزایش کنترل تعادل، باعث بهبود عملکرد و بد راستایی‌های تکواندوکاران می‌شود (۱۴، ۳۲). همچنین ثبات مرکز بدن باعث می‌شود تا عملکرد حرکتی پایین‌تنه و بالاتنه در زنجیره حرکتی بهبود یابد که منجر به افزایش قابل‌توجهی در بهبود وضعیت بدن و تعادل در ورزشکاران می‌شود (۳۰، ۳۳). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش کاظمی و همکاران (۲۰۲۳) (۳۴) که به بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی بر وضعیت پاسچر کف پا و تعادل دختران کاراته‌کار دارای کف پای صاف پرداخته بودند نیز همسو بود و بهبود تعادل ایستا و پویا و تأثیر آن بر ناهنجاری کف پای صاف و در نهایت تأثیر این عوامل بر زنجیره حرکتی می‌تواند دلیل این امر باشد. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش جیونگ و همکاران (۲۰۲۰) (۳۵) که به بررسی تأثیر تمرینات قدرتی مرکزی بر عوامل خطر عصبی عضلانی و بیومکانیکی در آسیب رباط صلیبی قدامی پرداختند و با برخی مطالعات دیگر (۳۶، ۳۷) همسو بود که می‌تواند به این دلیل باشد که تمرینات ثبات مرکزی با افزایش زاویه خم شدن تنه، نسبت فعال‌سازی عضله پهن میانی و جانبی و نسبت فعال‌سازی عضله چهارسر و سه سر و کاهش زوایای والگوس زانو و اداکشن‌ران، استراتژی‌های کنترل حرکتی و کینماتیک مفصل برای تنه و اندام تحتانی را بهبود می‌بخشد. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه ناصری و همکاران (۲۰۱۲) (۳۸) که به بررسی ارتباط ثبات مرکزی با عملکرد اندام تحتانی در زنان ورزشکار پرداختند و با مطالعه مورنو و همکاران (۲۰۲۳) (۳۹) که به بررسی تأثیر ساختارهای کف پا بر ثبات مرکزی در ورزشکاران دانشگاهی پرداخته بودند همسو نبود که تفاوت در تست‌ها و نوع ورزشکاران نمونه مورد مطالعه و وجود مکانیسم‌های جبران عصبی_عضلانی که سعی در بازگرداندن تعادل و جبران هرگونه تغییر در ثبات وضعیتی ناشی از انواع مختلف پا دارند، می‌تواند دلیل این اختلاف باشد.

از محدودیت‌های موجود در این مطالعه می‌توان به اندازه کوچک نمونه، عدم توجه به فاکتورهای فردی، مدت زمان انجام تمرینات و عدم توجه به پیشینه آسیب‌دیدگی ورزشکاران اشاره کرد. برای تحقیقات آینده، بررسی تأثیر دقیق انواع مختلف تمرینات ثبات مرکزی بر روی زوایای Q و قوس‌های کف پا در گروه‌های سنی مختلف و سطوح مهارتی متفاوت می‌تواند مفید باشد. همچنین، مطالعات بیشتری در زمینه ارتباط بین این عوامل و عملکرد ورزشی مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود کف پای صاف و کاهش زاویه Q تکواندوکاران دختر شده است و عملکرد افراد را افزایش داده است. توصیه می‌شود از تمرینات ثبات مرکزی در کنار تمرینات معمول تکواندوکاران به‌عنوان شیوه مؤثری برای بهبود بد راستایی‌ها، پیشگیری از آسیب و افزایش عملکرد استفاده شود.

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. LeBlanc KE, LeBlanc LL. Musculoskeletal disorders. Primary Care: Clinics in Office Practice. 2010;37(2):389-406. [DOI:10.1016/j.pop.2010.02.006] [PMID]
2. Piper S, Shearer HM, Côté P, Wong JJ, Yu H, Varatharajan S, et al. The effectiveness of soft-tissue therapy for the management of musculoskeletal disorders and injuries of the upper and lower extremities: A systematic review by the Ontario Protocol for Traffic Injury management (OPTIMA) collaboration. Manual therapy. 2016;21:18-34. [DOI:10.1016/j.math.2015.08.011] [PMID]
3. Pingale N, Ghagare J. Prevalence of musculoskeletal injuries in young taekwondo athletes. International Journal of Physical Education, Sports and Health. 2017;4(2):332-5.
4. Guerra JP, Arnold MJ, Gajdosik RL. Q angle: effects of isometric quadriceps contraction and body position. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1994;19(4):200-4. [DOI:10.2519/jospt.1994.19.4.200] [PMID]
5. Emami M-J, Ghahramani M-H, Abdinejad F, Namazi H. Q-angle: an invaluable parameter for evaluation of anterior knee pain. 2007;24-26.
6. Daneshmandi H, Saki F, Shahheidari S. Lower extremity malalignment and linear relation with Q angle in female athletes. Brazilian Journal of Biomotricity. 2011;5(1):45-52. [DOI:10.1016/j.sbspro.2011.04.298]
7. Mizuno Y, Kumagai M, Mattessich SM, Elias JJ, Ramrattan N, Cosgarea AJ, Chao EY. Q-angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics. Journal of orthopaedic research. 2001;19(5):834-40. [DOI:10.1016/S0736-0266(01)00008-0] [PMID]
8. Tang CYK, Ng KH, Lai J. Adult flatfoot. bmj. 2020;368. [DOI:10.1136/bmj.m295] [PMID]
9. Andrzejewska1ABCDE J, Burdukiewicz1AE A, Stachoń1A A, Pietraszewska1A J, Stefaniak2AE T, Witkowski2A K, et al. The foot structure of combat sports athletes. 2019;15:121-130.

10. 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):160-73. [DOI:10.61186/JSportBiomech.10.2.160]
11. Yoon S-D, Sung D-H, Park GD. The effect of active core exercise on fitness and foot pressure in Taekwondo club students. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(2):509-11. [DOI:10.1589/jpts.27.509] [PMID]
12. arabjafari z, fatahi H, Shamsehkohan P. The effect of 8 weeks combined exercises (core stability and theraband) on distance of knee medail condyles, Q angle and endurance of core muscles in adolescent students with genu varum. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2020;8(15):101-13.
13. Rahimi M, Roshanmehr S, Piri H. Comparison of the Effect of Core Stability and Neuromuscular Exercises on Lower Limb Alignment and Functional Movement Screening of Elite Karate Athletes. *Karafan Journal*. 2023;20(2):657-75.
14. Yang D-S. Effects of 12 weeks core stability training on physical fitness and stability in taekwondo poomsae players. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*. 2014;16(3):59-67. [DOI:10.15758/jkak.2014.16.3.59]
15. Rahimi M, Samadi H, Rahnema A, Nikzade Abbasi Z. The Effect of Core Stability Exercises on Lower Limb Alignment, Upper and Lower Limb Function in Kyokushin Girls. *Physical Treatments - Specific Physical Therapy*. 2023;13(2):95-104. [DOI:10.32598/ptj.13.2.542.3]
16. Onodera AN, Sacco ICN, Morioka EH, Souza PS, de Sá MR, Amadio AC. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *The Foot*. 2008;18(3):142-9. [DOI:10.1016/j.foot.2008.03.003] [PMID]
17. Maestre-Rendon JR, Rivera-Roman TA, Sierra-Hernandez JM, Cruz-Aceves I, Contreras-Medina LM, Duarte-Galvan C, Fernandez-Jaramillo AA. Low computational-cost footprint deformities diagnosis sensor through angles, dimensions analysis and image processing techniques. *Sensors*. 2017;17(11):2700. [DOI:10.3390/s17112700] [PMID]
18. Weiss L, DeForest B, Hammond K, Schilling B, Ferreira L. Reliability of goniometry-based Q-angle. *PM&R*. 2013;5(9):763-8. [DOI:10.1016/j.pmrj.2013.03.023] [PMID]
19. Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. The Effect of Short-Term Swiss Ball Training on Core Stability and Running Economy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(3):522-8. [DOI:10.1519/1533-4287(2004)182.0.CO;2] [PMID]
20. Yalfani A, Ahmadi M, Asgarpour A, Haji Ahmadi A. Effect of foot orthoses on dynamic balance in taekwondo athletes with flexible flatfoot: A randomized controlled trial. *The Foot*. 2023;56:102042. [DOI:10.1016/j.foot.2023.102042] [PMID]
21. Maffetone P. The assessment and treatment of muscular imbalance – The Janda Approach. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2010;14(3):287-8. [DOI:10.1016/j.jbmt.2009.11.003]
22. Ham MH. Effects Of Q-angle On Lower Extremity Biomechanics And Injuries In Female Collegiate Track And Field Athletes: Mercer University Dissertations & Theses. 2020;27833861.
23. Letafatkar A, Zandi S, Khodaei M, Belali Voshmesara J, Mazidi M. Relationship between flat foot deformity, Q angle and knee pain. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2012;8(1):170-9.

24. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(2):373-80. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31822600e5] [PMID]
25. Kazemi Pakdel F, Sedaghati P. The Effect of Comprehensive Corrective Exercise on the Function of Lower Limb and Joint Position Sense in Female Karatekas With Flatfoot. *Physical Treatments - Specific Physical Therapy*. 2022;12(3):163-74. [DOI:10.32598/ptj.12.3.530.1]
26. Putra DGGK, Putra IPYP, Saraswati NLPKG, Dewi AANTN. The relationship between flat foot and Q-angle in elementary school students. *Physical Therapy Journal of Indonesia*. 2023;4(2):133-7. [DOI:10.51559/ptji.v4i2.115]
27. Abhilash P, Roshan P, Anjana K. Relationship between Core Endurance and Flat Foot Among College Students. *J Sport Phys Educ*. 2021;8(4):36-40.
28. Samadi H, Nikzad Abbasi Z, Khaleghi Tazji M. The Effect of Eight Weeks of Kyokushin Karate Training on leg Muscle Activity and Medial Longitudinal arch Height of Adolescent Girls With Foot Pronation. *Physical Treatments - Specific Physical Therapy*. 2023;13(3):203-14. [DOI:10.32598/ptj.13.3.568.1]
29. Cobb SC, Bazett-Jones DM, Joshi MN, Earl-Boehm JE, James CR. The relationship among foot posture, core and lower extremity muscle function, and postural stability. *Journal of athletic training*. 2014;49(2):173-80. [DOI:10.4085/1062-6050-49.2.02] [PMID]
30. Khamooshi R, Mohammadi Mohammadieh S, Rahnama N, Rostami Zalani F. Comparing the Effects of Simultaneous Eight-Week Stretching/Strengthening Trainings with Core Stability Exercises on the Flat Foot Deformity of 9 to 13 Year Old Female Students. *International Journal of Musculoskeletal Pain Prevention*. 2016;10(14):149-56.
31. Bagherian S, Ghasempoor K, Rahnama N, Wikstrom EA. The Effect of Core Stability Training on Functional Movement Patterns in College Athletes. *J Sport Rehabil*. 2019;28(5):444-9. [DOI:10.1123/jsr.2017-0107] [PMID]
32. Karimizadeh Ardakani M, Mansori MH, Hamzeh shalamzari MH. Investigating the Relationship between Core Muscle Endurance with Movement Function and Postural Control in Blind People. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020;9(2):148-57.
33. Szafranec R, Bartkowski J, Kawczyński A. Effects of Short-Term Core Stability Training on Dynamic Balance and Trunk Muscle Endurance in Novice Olympic Weightlifters. *J Hum Kinet*. 2020;74:43-50. [DOI:10.2478/hukin-2020-0012] [PMID]
34. Kazemi Pakdel F, Sedaghati P. The Effect of Corrective Exercises on the Foot Posture and Balance in Female Karate Athletes With Flat Foot. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023;12(1):114-31. [DOI:10.32598/SJRM.12.1.9]
35. Jeong J, Choi D-H, Shin CS. Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020;49(1):183-92. [DOI:10.1177/0363546520972990] [PMID]
36. porjafari b, hovanloo f, porjafari f. Immediate Effect Of Core Stability Exercises on lower limb function of children Footballers. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2022;10(19):35-46.
37. Jacob A, Vishwanath S. Relationship of Flat Foot and Core Stability in Young Adults: A Case Control Study. *A Journal of Health Professions*. 2023;13(3):1-6. [DOI:10.31080/ASOR.2023.06.0875]

38. Naseri N, Fakhari Z, Senobari M, Sadria G. The relationship between core stability and lower extremity function in female athletes. *Modern Rehabilitation*. 2012;6(2):42-9.
39. Moreno-Barriga OS, Romero-Morales C, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, Gómez-Salgado J, Caballero-López J, et al. Effects of Foot Structure Type on Core Stability in University Athletes. *Life (Basel)*. 2023;30;13(7):1487. [DOI:10.3390/life13071487] [PMID]