



Comparison of the Effect of Core Stability and Neuromuscular Exercises on Lower Limb Alignment and Functional Movement Screening of Elite Karate Athletes

Mohammad Rahimi^{1*}, Saeed Roshanmehr², Hashem Piri³

¹Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

²MSc student of sports injuries and corrective exercises, Department of physical education, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

³Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 02.22.2022

Revised: 09.21.2022

Accepted: 10.25.2022

Keyword:

Karate athletes

Lower extremity alignment

Neuromuscular training

Core Stability training

Functional movement screening

*Corresponding Author:

Mohammad Rahimi

Email:

M.rahimi6465@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effect of core stability and neuromuscular exercises on functional movement screening test and lower limb alignment of elite karate athletes. The present study was a quasi-experimental study with pre-test and post-test design. The statistical population of the study consisted of elite male Karate athletes aged 20 to 35 years and the research sample consisted of 45 Karate athletes in Tehran Province. After performing functional movement screening test and measuring lower limb alignment, the participants were randomly divided into three groups: control, experimental 1 and experimental 2. The control group performed common karate exercises, experimental 1 executed core stability exercises and experimental 2 accomplished neuromuscular exercises for 8 weeks. Analysis of variance and paired t-test were used to analyze the data. The results of the paired t-test showed the effects of neuromuscular training program ($P=0.006$) and core stability ($P=0.001$) on the overall FMS score, but the effect of these exercises was not significant on Q angle ($P\geq 0.05$). The results of the analysis of variance showed that after controlling the effect of pre-test, there was a significant difference in post-test between the three groups in the overall FMS score ($P\leq 0.05$), but this difference was not significant in the post-test between the research groups with regard to the Q angle ($P=0.624$). Therefore, due to the importance of functional movement screening test in pre-season evaluations and prevention of sports injuries, we recommend trainers to use these exercises in karate training programs.



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

In recent years, participation in martial arts such as karate, taekwondo and wushu has drastically increased. Karate is one the most popular sports in Iran. With increasing participation in martial arts, the rate of chronic and acute injuries in this sport is increasing simultaneously. In order to decrease the rate of sports injuries and their physical, mental and financial consequences, some intervention must be implemented.

Functional movement screening (FMS) tests provides important information on mobility, stability and chain reaction. This set of tests can be used not only for detection of impairment and asymmetry in movement patterns but also for injury prediction. It has been reported that athletes that acquire less than 14 out of 21 are approximately twice more susceptible for injury compared to athletes who acquire more than 14. Neuromuscular control and core stability have the potential to affect the injury risk in an athlete. It seems that core stability is an essential factor that influences the movement of extremities by providing proximal stabilization for distal mobilization. Considering the popularity of karate in iran, the prevalence of injury in martial arts and lack of data on the effect of neuromuscular and core stability exercises on FMS and lower extremity alignment, the purpose of this study was to compare the effects of these exercises on FMS total score and Q-angle in elite karate athletes.

Methodology

The present study was a quasi-experimental study with pre-test and post-test design. The statistical population of the study consisted of elite male Karate athletes aged 20 to 35 years and the research sample consisted of 45 Karate athletes in Tehran province. The inclusion criteria were having professional and continuous involvement in karate and no history of serious injury of lower extremities. Exclusion criteria were a history of neuromuscular disease, a history of injury in lower extremities in the past 6 months, a history of surgery in hip and knee in previous year, and inconsistent participation in exercise sessions. Movement pattern of karate athletes was investigated using FMS. FMS includes hurdle step, deep squat, in-line lunge, shoulder mobility, active straight leg raise, trunk stability push-up, and rotary stability. The alignment of lower extremity was investigated by measuring the Q-angle. The Q-angle was described as the angle between a line drawn from the anterior superior iliac spine to the midpoint of the patella and a line from the midpoint of the patella to the tibial tuberosity.

After performing FMS test and measuring Q-angle, the participants were randomly divided into three groups: control, experimental 1 and experimental 2. The control group performed common karate exercises, experimental 1 executed core stability exercises and experimental 2 accomplished neuromuscular exercises for 8 weeks, 3 sessions per week, 30 minutes each session. At the end of interventions, the FMS tests were repeated and Q angle was measured for the second time. Shapiro-Wilk test was used to investigate the normal distribution of data. Analysis of variance and paired t-test were used for between and within group comparisons. The significance level was considered to be 0.05.

Results and discussion

The results of Shapiro-Wilk test confirmed the normal distribution of data. The results of the paired t-test showed that both neuromuscular training program ($P=0.006$) and core stability training program ($P=0.001$) had a significant impact on the overall FMS score, but the effect of this exercises on Q-angle was not statistically significant ($P\geq 0.05$). The results of analysis of the variance showed that after controlling for pre-test, there was a significant difference in post-test between the three groups in the overall FMS score ($P\leq 0.05$) but there was no significant difference in the post-test between the research groups with regard to the Q angle ($P=0.624$).

FMS tests have the potential to recognize limitations in movement and asymmetries. It seems that both neuromuscular exercises and core stability exercise improve the balance between stability and mobility, through which they can improve total score in FMS. The present study results are consistent with those of Bagherian et al. (2019) who showed that core stability exercises increase overall FMS score. Another study showed that 4 weeks of corrective exercises improve FMS overall score significantly.

Wilson et al. (2005), in a review article, concluded that reduction in core stability can lead to injury. It has also been reported that activation of transverse abdominis and multifidus muscles can increase lower extremities performance through improving spinal column stabilization. The results of the present study showed that none of the neuromuscular and core stability exercises can change the Q-angle. Our results are consistent with a previous study which demonstrated that core strength exercises are not sufficient alone to improve lower extremity biomechanics. Zebis et al. (2016) illustrated that motor control exercises can improve movement at the knee joint but not the Q-angle.

Conclusion

Taking into consideration the significant effects of neuromuscular and core stability exercises on FMS score and importance of FMS test in pre-season evaluations and prevention of sports injuries, we recommend trainers to use these exercises in karate training programs.



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶



مقایسه اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بر راستای اندام تحتانی و آزمون غربالگری حرکت عملکردی کاراته نخبه

محمد رحیمی^{۱*}، سعید روشن‌مهر^۲، هاشم پیری^۳

- ۱- استادیار حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
- ۳- استادیار حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف از پژوهش حاضر مقایسه اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی-عضلانی بر راستای اندام تحتانی و آزمون غربالگری حرکت عملکردی (FMS) کاراته کاران نخبه می‌باشد. پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون می‌باشد. جامعه آماری پژوهش را کاراته کاران نخبه مرد با رده سنی ۲۰ تا ۳۵ سال و نمونه‌های پژوهش را ۴۵ کاراته کار نخبه استان تهران تشکیل دادند. پس از انجام آزمون غربالگری حرکت عملکردی و ارزیابی راستای اندام تحتانی آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به سه گروه کنترل، گروه تجربی یک و گروه تجربی دو تقسیم شدند. گروه کنترل تمرینات رایج کاراته، گروه تجربی یک تمرینات ثبات مرکزی و گروه تجربی دو تمرینات عصبی-عضلانی را به مدت هشت هفته انجام دادند. جهت تحلیل داده‌ها از آزمون‌های تی همبسته و آنالیز واریانس استفاده شد. نتایج آزمون تی همبسته نشان دهنده اثر برنامه تمرینی عصبی-عضلانی ($P=0/006$) و ثبات مرکزی ($P=0/001$) بر نمره کلی FMS بود، اما اثر این تمرینات بر زاویه Q معنادار نبود ($P>0/05$). نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون، اختلاف معنی داری در پس آزمون بین سه گروه در نمره کلی FMS وجود دارد ($P<0/05$) اما این اختلاف در پس آزمون بین گروه‌های تحقیق در زاویه Q معنادار نبود ($P=0/624$). با توجه به نتایج تحقیق، به مربیان توصیه می‌شود با توجه به اهمیت آزمون غربالگری حرکت عملکردی در ارزیابی‌های پیش فصل و پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، از این تمرینات در برنامه‌های تمرینی کاراته کاران استفاده کنند.

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳

بازنگری مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳

کلید واژگان:

کاراته کاران
راستای اندام تحتانی
تمرینات عصبی-عضلانی
تمرینات ثبات مرکزی
آزمون غربالگری حرکت عملکردی

*نویسنده مسئول: محمد رحیمی

پست الکترونیکی:

M.rahimi6465@gmail.com



مقدمه

از سال‌های گذشته، علاقه و شرکت در ورزش‌های رزمی مانند کاراته، تکواندو و ووشو به میزان زیادی افزایش یافته است. کاراته مبارزه‌ای است که بدون استفاده از سلاح و با به‌کارگیری ضربات دست و پا و فن‌های سد کردن به صورت هرچه قوی‌تر، سریع‌تر، دقیق‌تر و موثرتر انجام می‌شود. امروزه این رشته در ایران به یکی از پرطرفدارترین رشته‌های ورزشی تبدیل شده است و اخیراً تیم ملی کاراته ایران مقام قهرمانی جهان را کسب کرده است (حلیچی و همکاران، ۲۰۰۷). بروز آسیب در ورزش‌های پر برخورد امری اجتناب‌ناپذیر است که در صورت آگاهی از علت آسیب و نحوه درمان و نیز راه‌های پیشگیری، می‌توان از آسیب‌دیدگی بعدی ورزشکاران جلوگیری و از هزینه‌های ناشی از آسیب آنها کم کرد. میزان شرکت‌کننده در رشته‌های رزمی طی ۱۰ تا ۱۵ سال گذشته با سرعت زیادی رو به رشد بوده و از طرف دیگر هم پای محبوبیت و گسترش روزافزون این رشته‌ها در میان تمامی اقشار مردم و به‌ویژه جوانان و نوجوانان، احتمال بروز آسیب‌های حاد و مزمن در این رشته‌ها نیز افزایش یافته است (باهر و هولم، ۲۰۰۳؛ حلیچی و همکاران، ۲۰۰۷).^۱

بر طبق نظر برخی از محققان، تمرینات عصبی-عضلانی در ایجاد ثبات مفصلی و کسب الگوهای عملکردی عضلانی مناسب موثر بوده و در تصحیح عدم تعادل‌های عضلانی در دو سمت بدن نقش بسزایی دارند. محققان بر استفاده از روش‌های متداول تمرینات عصبی عضلانی برای بازگشت ثبات در مفاصل و کسب الگوهای عملکردی عضلانی مناسب، تأکید فراوان دارند (هاگلوند و همکاران، ۲۰۱۳).^۲ اجزاء ستون فقرات در سه قالب ساختاری شامل، ساختارهای غیرفعال (استخوان‌ها و رباط‌ها) ساختارهای فعال (عضلات) و کنترل عصبی تعریف شده‌اند، لذا این سه زیرمجموعه به هم مرتبط هستند و اگر همکاری آنها باعث حمایت ستون فقرات شود، این حمایت بر ثبات کل بدن اثر می‌گذارد. طبق نظریه جاندا^۳ در آسیب‌شناسی عضلانی اسکلتی باید اغلب نشانه‌های درد را دور از مفصل دردناک پیدا کرد. همچنین با توجه به فعل و انفعالات به وجود آمده در سیستم اسکلتی عضلانی، اختلال در هر مفصل و عضله به طور کلی بر روی کیفیت و عملکرد دیگر بخش‌های بدن تأثیرگذار است (فیل و همکاران، ۲۰۱۰).^۴ مطالعات قبلی کاهش ثبات مرکزی را با کمردرد و آسیب‌های اندام تحتانی مرتبط دانسته‌اند (براتی و همکاران، ۲۰۱۲). عضلات عرضی شکم^۵ و مولتی فیدوس^۶ که جز عضلات ثبات‌دهنده هستند در افراد سالم ۳۰ میلی ثانیه قبل از حرکت اندام فوقانی و ۱۱۰ میلی ثانیه قبل از حرکت اندام تحتانی فعال می‌شوند تا بتوانند ستون فقرات را ثبات ببخشند. از آنجایی که این عضلات بر فعال شدن عضلات اندام‌ها تأثیر دارند، ضعف در این عضلات منجر به تأخیر در فعال شدن عضلات اندام تحتانی و همچنین وقوع آسیب‌دیدگی می‌شود. این عضلات مسئول حفظ وضعیت^۷ مناسب ناحیه لگن نیز می‌باشند، و ضعف این عضلات منجر به از دست رفتن راستای درست لگن می‌شود. عضلات اندام تحتانی که به این ناحیه متصل هستند به علت بر هم خوردن رابطه طول-تنش مناسب دچار کاهش کارایی شده و مستعد آسیب می‌شوند (حدادنژاد و همکاران، ۲۰۱۰).

آزمون‌های غربالگری حرکت عملکردی (FMS^۸) اطلاعات مفیدی در خصوص حرکت، ثبات و زنجیره حرکتی را فراهم می‌کند که در نهایت منجر به طراحی الگوهای عملکردی و ضروری می‌شوند. آزمون‌های غربالگری حرکت عملکردی، توسط فیزیوتراپیست‌ها با هدف شناخت اختلالات از طریق مطالعه الگوهای ناهماهنگ حرکتی استفاده می‌شود و این آزمون به طور فرآینده‌ای برای ارزیابی هماهنگی، انعطاف پذیری و استقامت ناحیه مرکزی و تنه مورد توجه

¹ Bahr & Holme

² Häggglund

³ Janda

⁴ Phil

⁵ Transverse abdominal

⁶ Multifidus

⁷ Posture

⁸ Functional Movement Screening

محققان قرار گرفته است (کیسل و همکاران، ۲۰۰۷)^۱. همچنین در مطالعه‌ای که توسط کوک^۲ و همکاران انجام شد، نمره ترکیبی این آزمون به عنوان معیاری برای پیش‌بینی خطر آسیب در ورزش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت (کوک و همکاران، ۲۰۰۶; کوک و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج مطالعه‌ای که در مورد ارتباط نمرات آزمون FMS و سابقه آسیب قبلی کشتی‌گیران انجام شده است، نشان می‌دهد که کشتی‌گیرانی که سابقه آسیب قبلی داشتند نسبت به نفرات بدون آسیب قبلی نمرات FMS کم‌تری را کسب کردند. بر اساس نتایج این پژوهش محققان پیشنهاد دادند آزمون FMS به عنوان ابزاری برای ارزیابی خطر آسیب در کشتی‌گیران مورد استفاده قرار گیرد و همچنین مربیان کشتی در زمینه پیشگیری از آسیب‌های ورزشی و شناسایی ورزشکار مستعد آسیب، هم‌راستا با آزمایش‌های پزشکی، آزمون‌های FMS را نیز به‌عنوان یک ابزار معتبر به کار گیرند (رحیمی و همکاران، ۱۹۹۹). اما در خصوص کاراته‌کاران تحقیقی یافت نشد. تمرینات ثبات مرکزی و انواع تمرینات عصبی عضلانی در سال‌های اخیر محبوبیت زیادی داشته و در انواع مختلف برنامه‌های آمادگی جسمانی و رشته‌های ورزشی مختلف استفاده شده‌اند، همچنین این تمرینات نقش مهمی در برنامه‌های پیشگیری از آسیب و توانبخشی دارند. با توجه به افزایش وقوع آسیب‌های ورزشی، امروزه غربالگری پیش از فصل ورزشکاران در ورزش‌های رقابتی و حرفه‌ای امری شایع می‌باشد. غربالگری به منظور پیشگیری از آسیب و همچنین ارتقای راهبردهای اجرا انجام می‌شود (چوربا و همکاران، ۲۰۱۰)^۳. (کوک و همکاران، ۲۰۰۶) با در نظر گرفتن غربالگری پیش از فصل و عوامل مرتبط با اجرا، آزمون‌های FMS را معرفی کرده‌اند.

کنترل عصبی عضلانی^۴ (مایر و همکاران، ۲۰۰۵)^۵ و ثبات مرکزی^۶ (پیت و همکاران، ۲۰۰۷)^۷ به عنوان عوامل ذاتی بالقوه مهمی گزارش شده‌اند که خطر آسیب دیدگی یک ورزشکار را تحت تأثیر قرار می‌دهند. چندین محقق اهمیت ثبات مرکزی را به عنوان یک مؤلفه اصلی برای حرکت مناسب اندام تحتانی (لیتون و همکاران، ۲۰۰۴; ویلسون و همکاران، ۲۰۰۵)^۸ و ارتقای ثبات پروگزیمال برای جنبش پذیری دیستال گزارش کرده‌اند (آکیوتوتا و نادلر، ۲۰۰۴; کیبلر و همکاران، ۲۰۰۶)^۹. ثبات مرکزی یک مفهوم پیچیده است و به عنوان توانایی کنترل موقعیت و حرکت تنه بر روی لگن و اجازه تولید بهینه، انتقال و کنترل نیرو و حرکت به قسمت انتهایی در فعالیت‌های ورزشی یکپارچه تعریف شده است (کیبلر و همکاران، ۲۰۰۶). (باقریان و همکاران، ۲۰۱۹) اثر تمرینات ثبات مرکزی را بر نمره FMS ورزشکاران دانشگاهی معنادار گزارش کردند. (لازنت و همکاران، ۲۰۱۸) در پژوهشی اثر شش هفته تمرینات تعلیقی بر نمره FMS ۲۸ نوجوان پسر ۷ تا ۱۲ سال را معنادار گزارش کردند.

با توجه به مطالب گفته شده و محبوبیت رشته کاراته در بین نوجوانان و همچنین شیوع زیاد آسیب در میان ورزشکاران این رشته، امروزه غربالگری حرکات عملکردی پیش از فصل می‌تواند امری موثر بوده، همچنین تحقیقات گذشته نشان داده که آزمون FMS می‌تواند به عنوان یک ابزار پیش‌بین آسیب ورزشی مورد استفاده قرار گیرد و ورزشکاران با نمره پایین آزمون غربالگری حرکت عملکردی بیشتر مستعد آسیب می‌باشند. از آنجایی که محققان پژوهشی را یافت نکردند که اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بر راستای اندام تحتانی و نمره FMS کاراته‌کاران را بررسی یا مقایسه کرده باشد، بنابراین به مقایسه اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بر آزمون غربالگری حرکت عملکردی و راستای اندام تحتانی کاراته‌کاران نخبه پرداختند.

¹ Kiesel

² Cook

³ Chorba

⁴ Neuromuscular control

⁵ Myer

⁶ Core stability

⁷ Peate

⁸ Leetun; Willson

⁹ Akuthota & Nadler; Kibler

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی است که به صورت طرح تحقیقی سه گروهی با پیش آزمون و پس آزمون اجرا شد که شامل دو گروه تجربی (تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات عصبی-عضلانی) و یک گروه کنترل بود. جامعه آماری تحقیق را مردان کاراته کار نخبه ۲۰ تا ۳۵ ساله تشکیل دادند. لازم به ذکر است که این پژوهش دارای کد اخلاق از پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی و با شناسه اخلاق IR.SSRI.REC.۱۴۰۰.۱۲۷۷ می‌باشد. از میان این افراد ۴۵ نفر مرد کاراته کار نخبه به صورت هدفمند با توجه به معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند و به صورت تصادفی با استفاده از پرتاب تاس به سه گروه کنترل (۱۵ نفر)، گروه تمرینات ثبات مرکزی (۱۵ نفر) (تجربی یک) و گروه تمرینات عصبی-عضلانی (۱۵ نفر) (تجربی دو) تقسیم شدند. بدین صورت که اعداد ۱ و ۲ تاس برای گروه کنترل، اعداد ۳ و ۴ تاس برای گروه تجربی عصبی-عضلانی و اعداد ۵ و ۶ تاس برای گروه تجربی ثبات مرکزی در نظر گرفته شد. معیارهای ورود به تحقیق شامل داشتن فعالیت ورزشی حرفه ای و مستمر، شرکت داوطلبانه در تحقیق، عدم داشتن آسیب‌هایی همچون: آسیب در ستون فقرات، زانو، مچ پا، عدم ابتلا به بیماری‌های عصبی-عضلانی و آسیب‌دیدگی جدی در اندام تحتانی که می‌تواند بر روی نمرهٔ آزمون غربالگری حرکت عملکردی و راستای اندام تحتانی اثرگذار باشد، می‌باشند. معیارهای خروج از تحقیق شامل: سابقه ابتلا به بیماری‌های عصبی عضلانی، آسیب اندام تحتانی در طول ۶ ماه گذشته، عمل جراحی ران و مفصل زانو در طول سال گذشته، نقص نورولوژیکی یا نقص دستگاه عصبی مرکزی، عدم تحمل آزمون‌های تحقیق و شرکت نامنظم در جلسات تمرین، می‌باشند.

آزمودنی‌ها ابتدا فرم رضایت نامه را پر و پس از آن که رضایت خود را اعلام کردند، ارزیابی‌ها شروع شد. قد آزمودنی‌ها به وسیله متر نواری و وزن آنها به وسیله ترازو (مدل ۹۳۷۰-BPS) اندازه گیری شد. آزمون غربالگری حرکت عملکردی با استفاده از کیت آزمون FMS و راستای اندام تحتانی به روش فتوگرامتری بوسیله دوربین کانن (powershot IS ۱۴۰۰SD) ۱۴ مگاپیکسل و نرم افزار اتوکد ۲۰۱۷ مورد ارزیابی قرار گرفت.

در ابتدا جهت انتخاب نمونه‌ها به باشگاه‌های کاراته استان تهران رفته و با استفاده از غربالگری و با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج پژوهش آزمودنی‌های مورد نظر انتخاب شدند. پس از ارزیابی قد و وزن آزمودنی‌ها و ثبت اطلاعات فردی و اطلاعات مربوط به تست‌ها، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در سه گروه تمرینی عصبی عضلانی، تمرینی ثبات مرکزی و کنترل قرار گرفتند. قبل از این که تمرینات شروع شود، روند اجرای پژوهش به ورزشکاران توضیح داده شد و رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را کامل کردند. پس از آن آزمون غربالگری حرکت عملکردی و سنجش راستای اندام تحتانی انجام شد، سپس گروه کنترل تمرینات رایج کاراته خود را در طول هشت هفته انجام داد و گروه تجربی ۱ پروتکل تمرینی ثبات مرکزی و گروه تمرینی ۲ پروتکل تمرینی عصبی عضلانی را به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۳۰ دقیقه اجرا کردند. حجم و شدت دو برنامهٔ تمرینی براساس مدت زمان و جلسات اجرای تمرینات همسان گردید که برنامهٔ تمرینات عصبی عضلانی پیش رونده برگرفته از برنامهٔ تمرینی کلارک و بوردن (کلارک و بوردن، ۲۰۰۵)^۱ و برنامهٔ تمرینی ثبات مرکزی پیشنهاد شده توسط (جفریز، ۲۰۰۲)^۲ مورد استفاده قرار گرفتند. در طول اجرای تمرینات اقدام به افزایش تعداد تکرار، افزایش میزان سختی تمرینات و اضافه کردن تمرینات جدید (تعداد تمرینات) شد. برنامه‌های تمرینی قبل از شروع تمرینات تخصصی کاراته اجرا شد. اطلاعات مربوط به پس آزمون FMS و راستای اندام تحتانی بعد از اتمام ۸ هفته در شرایط مشابه پیش آزمون جمع آوری شد. گروه‌های تمرینی ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی (گروه تجربی ۱) و تمرینات عصبی-عضلانی (گروه تجربی ۲) را تحت نظارت متخصصان در قالب ۳ جلسه در هفته انجام دادند.

¹ Clark & Burden² Jeffreys

آزمون غربالگری حرکت عملکردی شامل ۷ آزمون حرکتی می‌باشد که دارای قابلیت شناسایی محدودیت‌ها و تغییرات الگوهای حرکتی نرمال می‌باشند. پارتنو^۱ و همکاران ICC نمره کلی FMS را در ۲۸ بازیکن نوجوان هاکی (۱۳-۱۶ سال) ۰/۹۶ (فاصله اطمینان ۰/۹۸ - ۰/۹۲) گزارش کردند (پارتنوجی و همکاران، ۲۰۱۴).^۲ این مجموعه آزمون در ۵ الی ۱۰ دقیقه قابل اجرا بوده و به همین دلیل به سهولت می‌تواند توسط مربیان برای ارزیابی‌های پیش از فصل مورد استفاده قرار گیرد. این مجموعه شامل اسکات کامل، گام برداشتن از روی مانع، گام به جلو در یک خط، تحرک پذیری شانه، بالا آوردن پا به صورت صاف و فعال، شنای پایداری تنه و پایداری چرخشی می‌باشد (کوک و همکاران، ۲۰۱۴؛ کوک و همکاران، ۲۰۱۴).^۳ (تیهن و همکاران، ۲۰۱۲)^۴ پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر متوسط تا خوب را برای این آزمون‌ها گزارش کرده‌اند. (چوربا و همکاران، ۲۰۱۰) نیز این آزمون را آزمونی با روایی کافی برای پیش‌بینی آسیب گزارش کردند و بیان کردند که امتیاز کمتر از ۱۴ در این آزمون ورزشکار را ۴ برابر بیشتر مستعد آسیب می‌کند. مجموع حداکثر امتیازات در این آزمون ۲۱ می‌باشد که امتیاز کمتر از ۱۴ طبق گزارش تحقیقات پیشین فرد را مستعد آسیب می‌سازد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری از کیت FMS ساخت شرکت ورزش پژوهان امروز استفاده شد. نحوه امتیاز دهی آزمون غربالگری حرکت عملکردی به صورت زیر است:

- الف) انجام صحیح حرکت بدون حرکات جبرانی: ۳ امتیاز
 - ب) انجام حرکت با حرکات جبرانی: ۲ امتیاز
 - ج) عدم توانایی انجام حرکت بدون حرکات جبرانی: ۱ امتیاز
 - د) ایجاد درد حین انجام حرکت یا انجام آزمون آشکار سازی: ۰ امتیاز
- به طور کلی اجرای FMS و نحوه امتیاز دهی آن بر طبق تقسیم بندی کوک، بورتن و هوگنیوم (۲۰۰۶) انجام شد (کوک و همکاران، ۲۰۱۴؛ کوک و همکاران، ۲۰۱۴).

محور استخوان‌های بلند اندام تحتانی نسبت به یکدیگر و نسبت به خط عمود، زوایایی را تشکیل می‌دهند که در ایجاد و تغییر راستای اندام تحتانی نقش مهمی دارند. زاویه Q یا زاویه عضله کوادریسپس ۵، یکی از این زوایا می‌باشد. این زاویه به عنوان زاویه حاده بین دو خط فرضی در نظر گرفته می‌شود، این دو خط بدین شرح هستند: یک خط از خار خاصه قدامی فوقانی به مرکز کشکک زانو و خط دیگر از مرکز کشکک به برجستگی درشتنی (بایراکتار و همکاران، ۲۰۰۴؛ بلچپور و همکاران، ۲۰۰۶).^۶ در حقیقت این زاویه تخمین منطقی از بردار نیروی خارجی عمل کننده بر روی کشکک به وسیله انقباض چهارسر می‌باشد و موقعیت تکمه درشتنی را در ارتباط با خط وسط قرقره ران نشان می‌دهد (هایم و همکاران، ۲۰۰۶).^۷ بیشتر بودن این زاویه دلالت بر بد بودن راستای مکانیسم اکستانسوری زانو دارد و با درد قدام زانو، نیمه‌درفتگی یا درفتگی کشکک و آسیب‌های ناشی از استعمال مفرط اندام تحتانی در ارتباط مستقیم است (سخنگویی و همکاران، ۲۰۱۲). به طور کلی عواملی از قبیل افزایش والگوس زانو، ضعف عضله پهن داخلی، اسپاسم عضله پهن خارجی و عضله دوسررانی و نوار ایلئوتیبیال، بالاتر یا پایین‌تر قرار گرفتن استخوان کشکک و افزایش زاویه چرخش به قدام استخوان ران، موجب تغییر اندازه زاویه چهارسر می‌گردند (سخنگویی و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار نرمال برای این زاویه از ۱۰ تا ۱۴ درجه برای آقایان گزارش شده است (بایراکتار و همکاران، ۲۰۰۴).

1 . Parenteau

2 Parenteau-G

3 Cook

4 Teyhen

5 . Quadericeps Angle

6 Bayraktar; Belchior

7 Haim

پروتکل تمرینی ثبات مرکزی شامل ۵ حرکت (تمرینات پایین شکم، نیمه درازنشست، پل از جانب، درازنشست با چرخش، پل در حالت دمر) می‌باشد (جدول ۱). هر کدام از تمرینات بر مبنای توانایی فرد بوده و تا زمانی که ورزشکار تسلط کافی در سطوح پایین‌تر را نداشت اجازه انجام حرکات سطوح بالاتر به وی داده نمی‌شد. اضافه بار و افزایش تدریجی هر تمرین با توجه به اجرای صحیح و فشار تمرین در جلسه قبلی کنترل و مشخص شد. قبل از شروع تمرینات نحوه حفظ وضعیت بدنی صحیح و تنفس درست به آزمودنی‌ها آموزش داده شد.

جدول ۱. پروتکل تمرینی ثبات مرکزی

هفته	تمرینات
هفته ۱	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (تمامی حرکات ۳ ست ۱۵ تکرار اجرا شد)
هفته ۲	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (تمامی حرکات ۴ ست ۲۰ تکرار)
هفته ۳	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (تمامی حرکات ۴ ست ۳۰ تکرار)
هفته ۴	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (تمامی حرکات ۳ ست ۲۰ تکرار)، پل در حالت دمر (۳ ست ۱۵ ثانیه)
هفته ۵	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه) (۳ ست ۲۰ تکرار)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (۳ ست ۳۰ تکرار)، پل در حالت دمر (۳ ست ۲۰ ثانیه)
هفته ۶	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه) (۴ ست ۲۵ تکرار)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (۴ ست ۳۵ تکرار)، پل در حالت دمر (۴ ست ۲۵ ثانیه)
هفته ۷	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه) (۵ ست ۳۰ تکرار)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (۵ ست ۴۰ تکرار)، پل در حالت دمر (۵ ست ۳۰ ثانیه)
هفته ۸	تمرینات زیر شکم (پا دوچرخه) (۶ ست ۳۵ تکرار)، دراز نشست نیمه، پل از جانب، دراز نشست کامل با چرخش تنه (۶ ست ۴۵ تکرار)، پل در حالت دمر (۶ ست ۳۵ ثانیه)

تمرینات عصبی عضلانی، تمریناتی تلفیقی است که شامل: تمرینات عمومی همچون مهارت‌های حرکتی اساسی، تمرینات تعادلی، تمرینات مقاومتی، تمرینات پلايومتریک، تمرینات چابکی و تمرینات پایداری پویا می‌باشد، به منظور افزایش اثربخشی تمرینات در طول مدت دوره تمرینی، اصل اضافه بار (افزایش تعداد تکرارها و زمان، تغییر نوع تمرین) اعمال شد (جدول ۲ و ۳) (رامیرز-کامپیلو و همکاران، ۲۰۱۵).^۱

جدول ۲. تمرینات عصبی عضلانی

شماره تمرین	نحوه اجرا
۱	ایستادن با پاهای موازی روی تخته و سپس تخته را به سمت عقب و جلو حرکت دادن، ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه و سپس ۱۰ ثانیه استراحت
۲	ایستادن با پاهای موازی روی تخته تعادل و سپس تخته را به سمت طرفین حرکت دادن، ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه و سپس ۱۰ ثانیه استراحت
۳	ایستادن روی تخته لغزان در حالی که پاها از یکدیگر کمی باز هستند (حدود ۲۰ درجه) و در حرکتی دورانی تخته را از جلو به سمت طرفین حرکت دادن، ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه و سپس ۱۰ ثانیه استراحت

¹ Ramírez-Campillo

شماره تمرین	نحوه اجرا
۴	تکرار تمرینات ۱ تا ۳ در حالی که زانوها کمی خم است و دست ها روی باسن قرار گرفته است
۵	ایستادن با پای برتر روی تخته و برای ۱۰ ثانیه تعادل تخته را حفظ کردن، تکرار تمرین در شش بار با استراحت‌های ۱۰ ثانیه ای بین هر دو تکرار
۶	چنانچه در تمرین ۵ تعادل بدون به هم خوردن ثبات تخته حفظ می شد، تمرین با چشمان بسته انجام می گرفت

جدول ۳. پروتکل تمرینات عصبی عضلانی

هفته	شماره تمرین - تعداد تکرار - وضعیت چشمان
هفته ۱	تمرین ۱، تمرین ۲ (۱۰ تکرار با چشمان باز)، آشنایی با تمرین ۳ روی پد، آشنایی با تمرین ۱ و ۲ با چشمان بسته
هفته ۲	تمرین ۱، تمرین ۲ (۴ تکرار با چشمان باز و ۴ تکرار با چشمان بسته)، تمرین ۳ (۵ تکرار با چشمان باز، آشنایی با تمرین ۳ با چشمان بسته روی تخته)
هفته ۳	تمرین ۱، تمرین ۲ (۶ تکرار با چشمان باز و ۶ تکرار با چشمان بسته)، تمرین ۳ (۶ تکرار با چشمان باز)، تمرین ۳ (۳ تکرار با چشمان باز و ۳ تکرار با چشمان بسته)
هفته ۴	تمرین ۱، تمرین ۲ (۴ تکرار با چشمان بسته)، تمرین ۳ (۵ تکرار با چشمان باز و ۵ تکرار با چشمان بسته)
هفته ۵	تمرین ۴ (۱ ست)، تمرین ۴ (۲ ست) ۱۰ تکرار با چشمان باز، آشنایی با تمرین ۴ با چشمان بسته
هفته ۶	تمرین ۴ (۱ ست)، تمرین ۴ (۲ ست) ۲۰ تکرار با چشمان باز، تمرین ۴ یک بار با چشمان بسته
هفته ۷	تمرین ۴ (۱ ست)، تمرین ۴ (۴ تکرار با چشمان باز و ۴ تکرار با چشمان بسته)، تمرین ۴ (۳ ست) ۵ تکرار با چشمان باز و ۳ تکرار با چشمان بسته، آشنایی با تمرین ۵ روی پد
هفته ۸	تمرین ۴ (۱ ست)، تمرین ۴ (۲ ست) ۴ تکرار با چشمان بسته، تمرین ۴ (۳ ست) ۵ تکرار با چشمان باز و ۵ تکرار با چشمان بسته، تمرین ۵ (۱ ست). (در صورت تکمیل تمرین ۶ را انجام میدهند)

در تحقیق حاضر جهت توصیف متغیرها از آمار توصیفی استفاده شد و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها آمار استنباطی مورد استفاده قرار گرفت. جهت تجزیه و تحلیل استنباطی و بیان تفاوت‌های احتمالی در مراحل مختلف تحقیق از آزمون‌های آماری تحلیل واریانس، تی همبسته و آزمون تعقیبی LSD جهت مقایسه دو به دو گروه‌ها استفاده شد ($P \leq 0.05$).

یافته‌ها

تحلیل توصیفی ویژگی‌های فردی (سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی) آزمودنی‌ها و نتایج پیش آزمون به تفکیک گروه‌های پژوهش در جدول شماره ۴ ارائه شده است. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک راهه نشان داد که در این متغیرها بین گروه‌های پژوهش اختلاف معناداری در پیش آزمون وجود ندارد ($P > 0.05$). میانگین نمره کلی غربالگری حرکت عملکردی ($P = 0.058$) و زاویه Q ($P = 0.752$). قبل از تمرینات در سه گروه طبق آزمون تحلیل واریانس تفاوت معناداری ندارد.

جدول ۴. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها در سه گروه پژوهش در پیش آزمون

متغیر	گروه	تعداد	انحراف معیار \pm میانگین	P
	کنترل	۱۵	۲۷/۲۶ \pm ۴/۳۳	
سن (سال)	تجربی تمرینات ثبات مرکزی	۱۵	۲۶/۰۰ \pm ۵/۸۰	۰/۷۹۳
	تجربی تمرینات عصبی عضلانی	۱۵	۲۵/۸۰ \pm ۸/۳۴	

متغیر	گروه	تعداد	انحراف معیار \pm میانگین	P
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۵	۱۸۴/۲۰ \pm ۷/۳۸	۰/۱۳۸
	تجربی تمرینات ثبات مرکزی	۱۵	۱۷۹/۲۶ \pm ۴/۸۴	
	تجربی تمرینات عضلانی	۱۵	۱۸۰/۲۶ \pm ۸/۳۱	
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۱۵	۷۶/۲۶ \pm ۱۰/۱۰	۰/۱۵۲
	تجربی تمرینات ثبات مرکزی	۱۵	۶۹/۸۱ \pm ۷/۲۱	
	تجربی تمرینات عضلانی	۱۵	۷۰/۶۹ \pm ۶/۵۹	
شاخص توده بدنی	کنترل	۱۵	۲۲/۳۹ \pm ۱/۴۵	۰/۱۴۹
	تجربی تمرینات ثبات مرکزی	۱۵	۲۱/۶۴ \pm ۱/۸۹	
	تجربی تمرینات عضلانی	۱۵	۲۳/۳۲ \pm ۳/۱۸	
نمره کلی FMS	کنترل	۱۵	۱۷/۰۶ \pm ۱/۵۷	۰/۰۵۸
	تجربی تمرینات ثبات مرکزی	۱۵	۱۵/۸۰ \pm ۱/۷۸	
	تجربی تمرینات عضلانی	۱۵	۱۵/۳۳ \pm ۲/۴۹	
زاویه Q	کنترل	۱۵	۱۴/۱۳ \pm ۱/۳۰	۰/۷۵۲
	تجربی تمرینات ثبات مرکزی	۱۵	۱۳/۶۶ \pm ۲/۰۱	
	تجربی تمرینات عضلانی	۱۵	۱۳/۸۶ \pm ۱/۶۸	

* تفاوت در سطح $P < 0.05$ معنادار است.

با توجه به نرمال بودن داده‌ها که با آزمون شاپیروویلیک مشخص شد، از آزمون آنالیز واریانس و تی همبسته جهت مقایسه بین گروهی و درون گروهی نمره FMS و زاویه Q در گروه‌های تمرینات ثبات مرکزی، عضلانی-عضلانی و کنترل استفاده شد. در جدول شماره ۵ نتایج آزمون تی همبسته ارائه شده است.

جدول ۵. آزمون تی همبسته برای مقایسه نمره کلی FMS و زاویه Q قبل و بعد از اعمال تمرینات

متغیر	گروه	انحراف معیار \pm میانگین	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات	P
نمره کلی FMS (۰-۲۱)	کنترل	۱۷/۰۶ \pm ۱/۵۷	پیش آزمون	۱۷/۱۳ \pm ۱/۵۹	۰/۴	۰/۳۳۴
	تمرینات ثبات مرکزی	۱۵/۸۰ \pm ۱/۷۸	پس آزمون	۱۸/۶۰ \pm ۱/۶۸	۱۷	۰/۰۰۱*
	تمرینات عضلانی	۱۵/۳۳ \pm ۲/۴۹	پس آزمون	۱۷/۸۰ \pm ۱/۴۷	۱۶	۰/۰۰۶*
زاویه Q	کنترل	۱۴/۱۳ \pm ۱/۳۰	پیش آزمون	۱۴/۱۷ \pm ۰/۶	-	۰/۸۹
	تمرینات ثبات مرکزی	۱۳/۶۶ \pm ۲/۰۱	پس آزمون	۱۳/۷۶ \pm ۲/۵۴	-	۰/۷۹۴
	تمرینات عضلانی	۱۳/۸۶ \pm ۱/۶۸	پس آزمون	۱۳/۲۰ \pm ۳/۵۶	-	۰/۴۷۸

* تفاوت در سطح $P < 0.05$ معنادار است.

نتایج آزمون تی همبسته نشان دهنده اثر برنامه تمرینی عضلانی-عضلانی ($P = 0.001$) و ثبات مرکزی ($P = 0.006$) بر نمره کلی FMS بود ($P \leq 0.05$). درصد تغییرات نشان می‌دهد تمرینات عضلانی ۱۶ درصد و ثبات مرکزی ۱۷ درصد باعث تغییر در نمره کلی آزمون غربالگری حرکت عملکردی شده است اما اثر تمرینات عضلانی و ثبات مرکزی بر زاویه Q معنادار نبود ($P \geq 0.05$).

نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون، اختلاف معنی‌داری در پس آزمون بین سه گروه کنترل، ثبات مرکزی و عضلانی در نمره کلی FMS وجود دارد (جدول ۶) ($P \leq 0.05$) اما این اختلاف در

پس آزمون بین گروه‌های تحقیق در زاویه Q معنادار نبود ($P=0/624$). جهت مقایسه دو به دو گروه‌ها از آزمون LSD استفاده شد (جدول ۷).

جدول ۶. آزمون آنالیز واریانس برای بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر پس آزمون نمره کلی FMS و زاویه Q

متغیر	مرحله آزمون	گروه	میانگین	P
نمره کلی FMS	پس آزمون	کنترل	$17/13 \pm 1/59$	0/04*
	پس آزمون	تمرینات ثبات مرکزی	$18/60 \pm 1/68$	
	پس آزمون	تمرینات عصبی عضلانی	$17/80 \pm 1/47$	
زاویه Q	پس آزمون	کنترل	$14/17 \pm 0/6$	0/624
	پس آزمون	تمرینات ثبات مرکزی	$13/76 \pm 2/54$	
	پس آزمون	تمرینات عصبی عضلانی	$13/20 \pm 3/56$	

* تفاوت در سطح $P < 0/05$ معنادار است.

جدول ۷. نتایج آزمون تعقیبی LSD جهت مقایسه دو به دو گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	P
نمره کلی FMS	کنترل	تمرینات ثبات مرکزی	-3/79	0/008**
	کنترل	تمرینات عصبی عضلانی	-3/42	0/01**
	تمرینات ثبات مرکزی	تمرینات عصبی عضلانی	1/87	0/07

**معنی داری در سطح $P < 0/05$

نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین گروه کنترل-تمرینات ثبات مرکزی و کنترل-تمرینات عصبی عضلانی در نمره کلی FMS بود ($P \leq 0/05$). افزایش نمره کلی FMS در گروه تمرینات ثبات مرکزی بیشتر از دو گروه دیگر بود اما با وجود نمره کلی FMS بهتر در گروه تمرینات ثبات مرکزی نسبت به گروه تمرینات عصبی عضلانی، این اختلاف بین دو گروه تجربی معنادار نبود ($P=0/07$).

بحث

کاراته ورزشی پر طرفدار به ویژه در میان جوانان و نوجوانان می‌باشد، به دلیل شیوع و بروز زیاد آسیب در میان ورزشکاران این رشته، پژوهش حاضر به مقایسه اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بر آزمون غربالگری حرکت عملکردی و راستای اندام تحتانی کاراته کاران نخبه پرداخت. نتایج آزمون تی همبسته نشان دهنده اثر برنامه تمرینی عصبی-عضلانی ($P=0/006$) و ثبات مرکزی ($P=0/001$) بر نمره کلی FMS بود. در تحقیق حاضر اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بر زاویه Q معنادار نبود ($P \geq 0/05$). نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون، اختلاف معنی داری در پس آزمون بین سه گروه در نمره کلی FMS وجود دارد ($P \leq 0/05$) اما این اختلاف در پس آزمون بین گروه‌های تحقیق در زاویه Q معنادار نبود ($P=0/624$). بنابراین تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی در راستای هدف افزایش نمره غربالگری حرکت عملکردی به طور معنادار اثرگذار بوده است و درصد تغییرات نشان می‌دهد تمرینات عصبی عضلانی ۱۶ درصد و تمرینات ثبات مرکزی ۱۷ درصد باعث تغییر در نمره آزمون غربالگری حرکت عملکردی شده است.

تمامی شرکت کنندگان در ورزش‌های باشگاهی مستعد وقوع آسیب به واسطه عوامل خطر داخلی و خارجی می‌باشند. لذا شناسایی فاکتورهای اصلاح پذیر مرتبط با آسیب از ارزش قابل توجهی برای سلامتی ورزشکار برخوردار است. یکی از

اهداف تحقیق حاضر، تعیین سودمندی ارزیابی عدم تقارن و محدودیت الگوی حرکتی از طریق FMS به عنوان ابزاری که ورزشکاران مستعد آسیب را شناسایی می‌کند، بود. بر طبق تحقیقات، محققان سودمندی آزمون FMS را در جهت شناسایی خطر آسیب بیان کرده‌اند و نمره کلی مطلوب ۱۴ یا ۱۷ را گزارش نموده‌اند (موخا و همکاران، ۲۰۱۶)^۱. بیشتر بودن زاویه Q دلالت بر بد بودن راستای مکانیسم اکستنسوری زانو دارد و با درد قدام زانو، نیمه درفتگی یا درفتگی کشکک و آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد اندام تحتانی در ارتباط مستقیم است (سخنگویی و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین عواملی از قبیل افزایش والگوس زانو، ضعف عضله پهن داخلی، اسپاسم عضله پهن خارجی و عضله دوسررانی و نوار ایلیوتیبیال، بالاتر یا پایین تر قرار گرفتن استخوان کشکک و زاویه چرخش به قدام استخوان ران، موجب تغییر اندازه زاویه چهارسر می‌گردد (سخنگویی و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار نرمال برای این زاویه از ۱۰ تا ۱۴ درجه برای آقایان گزارش شده است (بایراکتار و همکاران، ۲۰۰۴). پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند، دارا نبودن راستای اندام تحتانی نرمال، می‌تواند به عنوان یک ابزار پیش‌بین آسیب مورد استفاده قرار گیرد و ورزشکاران با داشتن زاویه Q بیشتر و یا کمتر از حد نرمال، بیشتر مستعد آسیب می‌باشند.

آزمون FMS شامل ۷ آزمون حرکتی است که دارای قابلیت شناسایی محدودیت‌ها و تغییرات الگوهای حرکتی نرمال می‌باشند. پروتکل تمرینی عصبی-عضلانی، ترکیبی از تمرینات مقاومتی، تعادلی با چشم بسته و باز می‌باشد و پروتکل تمرینی ثبات مرکزی، شامل: ۵ حرکت تمرینات پایین شکم، درازنشست نیمه، پل از جانب، درازنشست با چرخش تنه، پل در حالت دمر است. سطح تمرینات در هر کدام از دو گروه بر مبنای سطح قبلی بوده و تا زمانی که ورزشکار تسلط کافی به سطح پایین تمرین نداشته باشد اجازه انجام حرکات سطوح بالاتر داده نمی‌شد. غربالگری حرکت عملکردی توانایی ایجاد و حفظ تعادل بین تحرک و پایداری در زنجیره حرکتی می‌باشد، در حالی که الگوهای حرکت عملکردی با دقت اجرا شود (باتلر و همکاران، ۲۰۰۹)^۲. یکی از اقدامات پیشگیرانه رایج برای شناسایی شرایطی که منجر به آسیب می‌شود، معاینه فیزیکی قبل از شرکت در ورزش است. معاینه فیزیکی قبل از شرکت در ورزش شامل سابقه پزشکی فرد و خانوادگی وی، آزمایش‌های ارتوپدیک (مفصل و عضله خاص)، غربالگری پزشکی عمومی (مانند سیستم‌های قلبی-عروقی و بینایی) می‌باشد که سعی در شناسایی شرایطی که می‌تواند ورزشکار را سلب صلاحیت نماید یا مستعد آسیب یا بیماری نماید، دارد. علاوه بر این معاینه فیزیکی قبل از شرکت در ورزش، برخی از آزمون‌ها می‌توانند در مدت زمان کوتاهی توسط شناسایی حرکات عملکردی محدود شده، افراد مستعد آسیب را شناسایی و از آسیب پیشگیری نمایند. یکی از این آزمون‌های مهم، آزمون غربالگری حرکت عملکردی است که می‌تواند شکاف ایجاد شده بین معاینه فیزیکی قبل از شرکت در ورزش و عملکرد تمرینی را پر نماید برای تأیید این موضوع (ویلسون و همکاران، ۲۰۰۵) طی یک تحقیق مروری درباره ثبات مرکزی و رابطه آن با عملکرد اندام تحتانی و آسیب دیدگی به این نتیجه دست یافتند که کم شدن ثبات مرکزی می‌تواند زمینه ایجاد آسیب دیدگی را فراهم کند (ویلسون و همکاران، ۲۰۰۵). براساس یافته‌های موستو و اسن، عضلات مرکزی را می‌توان برای تولید گشتاورهای چرخشی اطراف ستون فقرات استفاده کرد. به علاوه فعال‌سازی عضلات مولتی فیدوس و عرضی شکم با حمایت ستون فقرات به اجرای حرکات اندام تحتانی کمک می‌کند (موستو و اسن، ۲۰۲۰)^۳. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که قدرت عضلات احاطه کننده و عمل کننده بر مفصل و هم انقباضی آنها جهت تثبیت مفاصل اندام تحتانی اتکا، فعالیت گیرنده‌های عمقی و کنترل عصبی-عضلانی به منظور حفظ تعادل هنگام انجام عمل دست‌یابی و کسب بیشترین امتیاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بنابراین یکی از دلایل بهبود تعادل و عملکرد می‌تواند بهبود ثبات مرکزی در نتیجه مشارکت در یک پروتکل تمرین ثبات مرکزی باشد (فرزانه حصاری و همکاران، ۲۰۱۱). از طرفی دیگر،

¹ Mokha² Beutler³ Mustu & Esen

عضلات مرکزی بدن فعال‌سازی عضلات اندام فوقانی و تحتانی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، به طوری که در افراد سالم عضلات عرضی شکم و مولتی فیذوس‌ها ۳۰ ثانیه قبل از حرکت شانه و ۱۱۰ ثانیه قبل از حرکت اندام تحتانی فعال می‌شوند تا ثبات ستون فقرات را فراهم کنند. از این رو هر نوع ضعف در این عضلات می‌تواند منجر به فعال‌سازی با تأخیر عضلات اندام تحتانی و آسیب‌های مختلف شود (سفتن و همکاران، ۲۰۱۱).^۱

در تحقیقی با عنوان تأثیر تمرینات تقویتی مرکزی روی بیومکانیک اندام تحتانی زنان فعال در فعالیت‌های پرشی-توقفی، اثری معناداری روی کینماتیک، کینتیک و در نهایت عملکرد اندام تحتانی زنان گزارش نشد. محققان نتیجه گرفتند که تمرینات تقویتی مرکزی به تنهایی برای تغییر بیومکانیک اندام تحتانی کافی نمی‌باشند (هرمان و همکاران، ۲۰۰۸).^۲ راستای آناتومیکی اندام تحتانی نیز یکی از عوامل مرتبط و تأثیرگذار بر زاویه Q بوده که با تغییر آن، فرد مستعد بروز آسیب‌های مختلف شود، لذا شناسایی عوامل تأثیرگذار بر میزان زاویه Q در شناسایی افراد در معرض خطر، به ما کمک می‌کند (مظفری پور و همکاران، ۲۰۱۶). (باقریان و همکاران، ۲۰۱۹) در تحقیقات همسو با تحقیق حاضر به بررسی اثر تمرینات ثبات مرکزی بر روی نمره آزمون غربالگری حرکت عملکردی دانشجویان پرداختند، آنها نتیجه گرفتند که تمرینات ثبات مرکزی بر روی نمره کلی آزمون غربالگری حرکت عملکردی اثر معناداری داشته است. (بودن و همکاران، ۲۰۱۵)^۳ طی تحقیقی اثر یک نوع برنامه مداخله‌ای اصلاحی بر نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی در ورزشکاران هنرهای رزمی ترکیبی را مورد بررسی قرار دادند. جامعه آماری این مطالعه را ۲۵ مرد فعال در رشته رزمی ترکیبی تشکیل می‌دادند، محققان پیشنهاد کردند که انجام ۴ هفته برنامه اصلاحی می‌تواند به بهبود نمرات غربالگری حرکت عملکردی کمک کند (بودن و همکاران، ۲۰۱۵). (کاسیو-لیما و همکاران، ۲۰۱۷)^۴، اثر ۱۰ هفته برنامه دوره بندی شده و تمرینات نظامی سنتی بر نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی و تعادل اندام فوقانی و تحتانی افسران آموزش عالی را مورد بررسی قرار دادند. هر دو گروه بعد از انجام ۱۰ هفته تمرین، پیشرفت معناداری در نمرات آزمون تعادل اندام فوقانی و تحتانی سمت چپ داشتند. محققان در این مطالعه بیان کردند که انجام تمرینات چندگانه می‌تواند عملکرد و تقارن در این آزمون‌ها را بهبود بخشد (کاسیو-لیما و همکاران، ۲۰۱۷).

با تحقیق و بررسی در مطالعات مختلف مشاهده شده که تمرینات مرتبط با پایداری و ثبات ناحیه مرکزی بدن امکان دارد به بهبود الگوهای فعال‌سازی عضلانی عضلات تنه کمک نماید. در بعضی از موارد نیز اهمیت فعال‌سازی مناسب و پایداری تنه در طول حفظ کنترل قامت ایستا گزارش شده است. این را می‌دانیم که آزمون غربالگری حرکت عملکردی یک ابزار ارزیابی نسبتاً جدید است که استفاده از آن در شرایط ورزشی و بالینی عمومیت پیدا کرده است. با استفاده از این آزمون، ارزیابان می‌توانند به طور هم‌زمان توان عضلانی، تعادل، ثبات مرکزی، هماهنگی، کنترل حرکتی، انعطاف‌پذیری، دامنه حرکتی و زنجیره حرکتی پروگزیمال تا دیستال یک فرد را مورد ارزیابی قرار دهند. در رابطه با نتایج حاصل از نمرات این آزمون، بررسی‌های قبلی نشان داده‌اند که نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی پایین‌تر، با خطر بسیار بیشتر آسیب در تعدادی از ورزش‌ها و حرفه‌ها همراه هستند. نتایج نمرات آزمون غربالگری عملکردی ورزشکاران نشان می‌دهد که ورزشکاران با نمره پایین FMS نسبت به ورزشکاران با نمره FMS بالاتر، بیشتر در معرض آسیب قرار دارند. کیسل و همکاران نیز نشان دادند که میزان بروز آسیب در شرکت‌کنندگانی که در ارزیابی‌های پیش از فصل نمره کلی آزمون غربالگری حرکت عملکردیشان کمتر از ۱۴ است تقریباً دو برابر ورزشکارانی است که نمرات بیشتر از ۱۴ دارند (کیسل و همکاران، ۲۰۰۷).

¹ Sefton

² Herman

³ Bodden

⁴ Cosio-Lima

در تحقیقات به تغییر زاویه Q به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در افزایش خطر آسیب زانو اشاره کرده‌اند و چندین مطالعه تأثیر ورزش و تمرینات عصبی و عضلانی پیش از رقابت بر پیشگیری از آسیب اندام تحتانی را نشان داده‌اند. علاوه بر این، به احتمال زیاد یک پروتکل تمرینی مخصوص با تأکید بر تمرینات عصبی عضلانی می‌تواند به طور مستقیم در پیشگیری از آسیب‌های زانو مؤثر باشد (آچنباخ و همکاران، ۲۰۱۸)^۱. در همین راستا، زیبس و همکاران (زیبس و همکاران، ۲۰۱۶)^۲ از پروتکلی استفاده کردند که بر بهبود آگاهی بدن و کنترل حرکتی ورزشکاران زن هندبال، متمرکز بود. نتایج این تحقیق حاکی از بهبود گشتاور و الگوس زانو و عدم تغییر در زاویه Q بود. بر اساس نتایج این تحقیق افزایش آگاهی بدن و کنترل حرکتی می‌تواند از طریق بهبود گشتاور زانو در پیشگیری از آسیب مؤثر باشد. به طور کلی، تمرین با رویکرد تمرینات عصبی-عضلانی تأثیرات مفیدی بر عوامل خطر آسیب دارد (لاورسن و همکاران، ۲۰۱۴)^۳.

از محدودیت‌های قابل کنترل مطالعه حاضر می‌توان به سن، مکان تمرین و حذف ورزشکار آسیب دیده اشاره کرد و از محدودیت‌های غیر قابل کنترل پژوهش می‌توان به عدم کنترل وضعیت تغذیه‌ای افراد، عدم کنترل شرایط روحی و روانی آزمودنی‌ها، اثرات روانی شیوع کرونا و سطح انگیزش آزمودنی‌ها اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود با کنترل برخی از موارد فوق، مانند برطرف شدن اثرات روانی شیوع کرونا پس از پایان یافتن این پاندمی و با کنترل وضعیت تغذیه‌ای با قرارگیری ورزشکاران در اردوها و کمپ‌های تمرینی، تحقیق مشابهی انجام شود تا اثر متغیرهای فوق بر تاثیرگذاری تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی بررسی شود.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این مطالعه نشان دهنده اثر تمرینات ثبات مرکزی و عصبی-عضلانی بر نمرات آزمون غربالگری حرکت عملکردی کاراته‌کاران بود. ولی این تمرینات بر روی راستای اندام تحتانی کاراته‌کاران نخبه اثر معناداری نداشت. لذا به مربیان توصیه می‌شود با توجه به اهمیت آزمون غربالگری حرکت عملکردی در ارزیابی‌های پیش فصل و پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، تمرینات ثبات مرکزی و عصبی عضلانی را در برنامه‌های تمرینی کاراته‌کاران بگنجانند.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی است و در دانشگاه علوم و تحقیقات تهران اجرا گردید. بدین وسیله از کلیه ورزشکاران و مربیان عزیز که در انجام تحقیق حاضر همکاری داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901-1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 86-92. <https://doi.org/10.1053/j.apmr.2003.12.005>
- Bagherian, S., Ghasempoor, K., Rahnama, N., & Wikstrom, E. A. (2019). The Effect of Core Stability Training on Functional Movement Patterns in College Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(5), 444-449. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0107>

¹ Achenbach

² Zebis

³ Lauersen

- Bahr, R., & Holme, I. (2003). Risk factors for sports injuries — a methodological approach. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 384-392. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.5.384>
- Barati, S., Khayambashi, K., Rahnama, N., & Nayeri, M. (2012). Effect of a selected core stabilization training program on pain and function of the females with knee osteoarthritis. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 8(1), 40-48. <https://doi.org/10.22122/jjrs.v8i1.282>
- Bayraktar, B., Yucesir, I., Ozturk, A., Cakmak, A. K., Taskara, N., Kale, A., Demiryurek, D., Bayramoglu, A., & Camlica, H. (2004). Change of quadriceps angle values with age and activity. *Saudi medical journal*, 25(6), 756-760. <http://europepmc.org/abstract/MED/15195206>
- Belchior, A., Arakaki, J., Bevilacqua-Grossi, D., Reis, F., & Carvalho, P. (2006). Effects in the Q angle measurement with maximal voluntary isometric contraction of the quadriceps muscle. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(1), 6-10. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922006000100002>
- Beutler, A. I., De La Motte, S. J., Marshall, S. W., Padua, D. A., & Boden, B. P. (2009). Muscle strength and qualitative jump-landing differences in male and female military cadets: The jump-ACL study. *Journal of sports science & medicine*, 8(4), 663-671. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2995501/>
- Bodden, J. G., Needham, R. A., & Chockalingam, N. (2015). The Effect of an Intervention Program on Functional Movement Screen Test Scores in Mixed Martial Arts Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 219-225. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a480bf>
- Chorba, R. S., Chorba, D. J., Bouillon, L. E., Overmyer, C. A., & Landis, J. A. (2010). Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(2), 47-54. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953387/>
- Clark, V. M., & Burden, A. M. (2005). A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle. *Physical Therapy in Sport*, 6(4), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.08.003>
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006a). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function—part 1. *North American journal of sports physical therapy*, 1(2), 62-72. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953313/>
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006b). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function—Part 2. *North American journal of sports physical therapy*, 1(3), 132-139. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953359/>
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B., & Voight, M. (2014a). Functional movement screening: The use of fundamental movements as an assessment of Function-Part 2. *International journal of sports physical therapy*, 9(4), 549-563. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4127517/>
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014b). Functional movement screening: The use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *International journal of sports physical therapy*, 9(3), 396-409. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4060319/>

- Cosio-Lima, L., Crawley, A., Adlof, L., Straughn, M., Wallop, J., & Lee, Y. (2017). Effects of a periodized training pro-gram and a traditional military training program on functional movement and Y-balance tests in ROTC cadets. *Sports and exercise medicine*, 3(2), 46-52. <https://doi.org/10.17140/SEMOJ-3-147>
- Farzaneh Hessari, A., Daneshmadi, H., & Mahdavi, S. (2011). The effect of 8 weeks core stabilization training program on balance in deaf students. *Sports Medicine*, 3(2), 67-83. <https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/951848>
- Hadadnezhad, M., Rajabi, R., Alizadeh, M. H., & Letafatkar, A. (2010). Does core stability predispose female athletes to lower extremity injuries? *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 6(2), 89-98. <https://doi.org/10.22122/jrrs.v6i2.125>
- Häggglund, M., Atroshi, I., Wagner, P., & Waldén, M. (2013). Superior compliance with a neuromuscular training programme is associated with fewer ACL injuries and fewer acute knee injuries in female adolescent football players: secondary analysis of an RCT. *British Journal of Sports Medicine*, 47(15), 974-979. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092644>
- Haim, A., Yaniv, M., Dekel, S., & Amir, H. (2006). Patellofemoral Pain Syndrome: Validity of Clinical and Radiological Features. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 451, 223-228. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000229284.45485.6c>
- Halabchi, F., Ziaee, V., & Lotfian, S. (2007). Injury profile in women shotokan karate championships in iran (2004-2005). *Journal of sports science & medicine*, 6(CSSI-2), 52-57. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3809047/>
- Herman, D. C., Weinhold, P. S., Guskiewicz, K. M., Garrett, W. E., Yu, B., & Padua, D. A. (2008). The Effects of Strength Training on the Lower Extremity Biomechanics of Female Recreational Athletes during a Stop-Jump Task. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(4), 733-740. <https://doi.org/10.1177/0363546507311602>
- Jeffreys, I. (2002). Developing a Progressive Core Stability Program. *Strength and Conditioning Journal*, 24(5), 65-66. <https://doi.org/10.1519/00126548-200210000-00017>
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The Role of Core Stability in Athletic Function. *Sports Medicine*, 36(3), 189-198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>
- Kiesel, K., Plisky, P. J., & Voight, M. L. (2007). Can serious injury in professional football be predicted by a preseason functional movement screen? *North American journal of sports physical therapy*, 2(3), 147-158. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953296/>
- Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871-877. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>
- Laurent, C. W. S., Masteller, B., & Sirard, J. (2018). Effect of a suspension-trainer-based movement program on measures of fitness and functional movement in children: A pilot study. *Pediatric exercise science*, 30(3), 364-375. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0278>
- Leetun, D. T., Ireland, M. L., Willson, J. D., Ballantyne, B. T., & Davis, I. M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 926-934. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128145.75199.C3>
- Mokha, M., Sprague, P. A., & Gatens, D. R. (2016). Predicting Musculoskeletal Injury in National Collegiate Athletic Association Division II Athletes From Asymmetries and Individual-

- Test Versus Composite Functional Movement Screen Scores. *Journal of Athletic Training*, 51(4), 276-282. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.2.07>
- Mozafaripour, E., Rajabi, R., & Minoonejad, H. (2016). The study of the relationship between the lower extremity anatomical alignment and Q angle. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 5(4), 173-181. <https://www.magiran.com/paper/1649874/the-study-of-the-relationship-between-the-lower-extremity-anatomical-alignment-and-q-angle?lang=en>
- Mustu, T., & Esen, H. T. (2020). The Effect of Eight-Week Core Training Applied to High School Girls on Balance. *Journal of Education and Learning*, 9(1), 251-257. <https://doi.org/10.5539/jel.v9n1p251>
- Myer, G. D., Ford, K. R., Palumbo, O. P., & Hewett, T. E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 51-60. <https://doi.org/10.1519/13643.1>
- Parenteau-G, E., Gaudreault, N., Chambers, S., Boisvert, C., Grenier, A., Gagné, G., & Balg, F. (2014). Functional movement screen test: A reliable screening test for young elite ice hockey players. *Physical Therapy in Sport*, 15(3), 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2013.10.001>
- Peate, W. F., Bates, G., Lunda, K., Francis, S., & Bellamy, K. (2007). Core strength: A new model for injury prediction and prevention. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-2-3>
- Phil, P., Clare, C. F., & Robert, L. (2010). *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach*. Human Kinetics. <https://us.humankinetics.com/products/assessment-and-treatment-of-muscle-imbalance-pdf>
- Rahimi, M., Rajabi, R., Minoonejad, H., & Alizadeh, M. H. (2019). Relationship Between the History of Injury and Functional Movement Screening Scores in Iran National Team Wrestlers. *Sport Sciences and Health Research*, 11(1), 23-32. <https://doi.org/10.32598/jesm.11.1.3>
- Ramírez-Campillo, R., Henríquez-Olguín, C., Burgos, C., Andrade, D. C., Zapata, D., Martínez, C., Álvarez, C., Baez, E. I., Castro-Sepúlveda, M., Peñailillo, L., & Izquierdo, M. (2015). Effect of Progressive Volume-Based Overload During Plyometric Training on Explosive and Endurance Performance in Young Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1884-1893. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000000836>
- Sefton, J. M., Yasar, C., Hicks-Little, C. A., Berry, J. W., & Cordova, M. L. (2011). Six Weeks of Balance Training Improves Sensorimotor Function in Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(2), 81-89. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3365>
- Sokhangouei, Y., Abdollahi, I., Kazem-Dokht, M., Karimlou, M., & Khanlari, Z. (2012). Measuring the Quadriceps Angle by a New Method and Comparison with Goniometer and Radiography. *Archives of Rehabilitation*, 13(2), 64-73. <http://rehabilitation.juwr.ac.ir/article-1-998-en.html>
- Teyhen, D. S., Shaffer, S. W., Lorenson, C. L., Halfpap, J. P., Donofry, D. F., Walker, M. J., Dugan, J. L., & Childs, J. D. (2012). The Functional Movement Screen: A Reliability Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(6), 530-540. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3838>
- Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., & Davis, I. M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *Journal of the American Academy*

of Orthopaedic Surgeons, 13(5), 316-325. <https://doi.org/10.5435/00124635-200509000-00005>

Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552-557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>