

Research Paper



Comparing Upper Limb Performance Between Women and Men in CrossFit: Associations with FMS, Davis, and Dash Tests

Sabikeh Moghaddamnezhad¹, *Abdolrasoul Daneshjoo¹

1. Department of Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Moghaddamnezhad S, Daneshjoo A. Comparing Upper Limb Performance Between Women and Men in CrossFit: Associations with FMS, Davis, and Dash Tests (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2024;9(4):336-350. <https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.4.395.1>

<https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.4.395.1>



Article Info:

Received: 1 May 2024

Accepted: 22 May 2024

Available Online: 22 May 2024

Keywords:

FMS, Range of motion, CrossFit, Shoulder functional disability

ABSTRACT

Objective The current study aimed to compare the upper limb performance (range of motion and Y balance test) of male and female CrossFit athletes and its relationship with scores from the functional movement screen (FMS), Davis test, and Dash test.

Methods Forty-two male and female CrossFit athletes were included in this study based on specific criteria. Measurements were taken for internal and external rotation range of motion, right and left Y balance tests, FMS scores, Davis test results, and the degree of shoulder and hand functional disability (DASH). The normality of the data was assessed using the Shapiro–Wilk test. As the data were not normally distributed, Spearman's correlation coefficient was used to examine the relationships between variables. Additionally, the Mann-Whitney U test was employed to compare groups of men and women.

Results The findings revealed a significant positive correlation between external and internal rotation range of motion and the Y balance test of the right and left hands with FMS and Davis test scores in men ($p \leq 0.05$). However, there was no significant relationship between external and internal rotation range of motion and the Y balance test of the right and left hands with Dash test scores ($p > 0.05$). For women, a significant positive correlation was observed between external and internal rotation range of motion and the Y balance test of the right and left hands with the FMS test ($p \leq 0.05$). Additionally, a positive correlation was found between internal rotation range of motion and the Y balance test of the left hand with the Davis test ($p \leq 0.05$). Statistical analysis revealed significant differences between men and women in external rotation range of motion, Davis test, and Dash test results ($p \leq 0.05$). However, no significant differences were observed between men and women in other variables ($p > 0.05$).

Conclusion Based on the study results and the relationship between FMS and Davis test scores with range of motion and Y balance test performance in male and female CrossFit athletes, these tests can be utilized to assess potential injury risk and predict injury likelihood in this population.

* Corresponding Author:

Abdolrasoul Daneshjoo

Address: Department of Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 33585909

E-mail: phdanesh@yahoo.com

Extended Abstract

1. Introduction

CrossFit is an emerging physical fitness program based on constantly varied, high-intensity multi-joint functional movements (1). CrossFit exercises consist of different sports modalities, including stretching, rope climbing, burpees, and more. Metabolic preparation involves cardiovascular exercises such as running or jumping over a rope, while weightlifting includes both Olympic movements (snatch, clean and jerk) (4) and powerlifting movements (squat, bench press, and deadlift) (5). The shoulder, spine, and knee are among the body parts most prone to injury during CrossFit workouts. Shoulder injuries are commonly experienced by gymnasts (7), weightlifters, and powerlifters (8). Movements like pull-ups or rope climbing place significant demands on shoulder range of motion and stability, while exercises such as bench press and squats can force the shoulder into extreme flexion and abduction (9).

Field-screening tools have become increasingly popular in clinical practice for identifying defects associated with an elevated risk of injury. For injury prevention and performance planning purposes, it's crucial to determine whether there are differences in FMS, Y-balance test, Davis, and Dash scores between male and female CrossFit practitioners to establish population-specific performance benchmarks and injury risk thresholds. Additionally, examining the correlation between range of motion, Y balance test results, and FMS, Davis, and Dash scores among CrossFit athletes may offer valuable insights into injury prevention strategies. Therefore, this study aims to compare upper limb performance between male and female CrossFit participants and its association with FMS, Davis, and Dash test outcomes.

2. Methods

In this descriptive-comparative study, the statistical population included CrossFit men and women in Mashhad city. Using an available sampling method and after obtaining informed consent, 42 subjects were selected (23 men, 19 women) based on predetermined criteria. All subjects provided consent to participate in the research. In the initial session, participants received brief explanations to familiarize themselves with the testing process and study objectives. Each subject was then provided with necessary instructions and explanations related to the execution of each movement pattern before performing the test once as a trial.

3. Results

The results of the correlation coefficient test are shown in Table 1.

Table 1. Correlation coefficient test results between upper limb function, FMS, Davis and Dash.

	FMS				DAVIS				DASH			
	Men		Women		Men		Women		Men		Women	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
External rotation ROM	0.72	0.001	0.63	0.003	0.46	0.02	0.34	0.14	-0.07	0.74	-0.41	0.07
Internal rotation ROM	0.62	0.001	0.65	0.002	0.46	0.02	0.56	0.01	-0.02	0.91	-0.35	0.13
Right Y balance	0.43	0.03	0.62	0.004	0.58	0.004	0.35	0.13	-0.001	0.99	-0.19	0.43
Left Y balance	0.54	0.007	0.55	0.01	0.44	0.03	0.44	0.05	-0.05	0.79	-0.31	0.18

ROM: range of motion

Conclusion

The results of the present study indicate significant positive correlations among men between the range of motion of external and internal rotation and the Y balance test scores of both the right and left hand with the Functional Movement Screen (FMS) and the Davis test. Similarly, among women, there are significant positive correlations between the range of motion of external and internal rotation and the Y balance test scores of both the right and left hand with the FMS test. Furthermore, a positive correlation was observed between the range of motion of internal rotation and the Y balance test score of the left hand with the Davis test. Additionally, there were significant differences between the two groups in terms of the range of motion

of external rotation, as well as the Davis and Dash test scores. Weightlifting movements in CrossFit and other sports frequently increase the susceptibility of athletes to upper limb injuries, particularly shoulder and wrist injuries (6). CrossFit exercises involve technically complex movements (26), necessitating the neuromuscular system's capacity to generate a sequence of high-intensity muscle contractions (27). Moreover, CrossFit athletes require adequate upper limb flexibility to perform movements that demand a broad range of motion (28-30).

When it comes to muscle injuries in CrossFit, men tend to sustain injuries in different muscle groups compared to women; specifically, male injuries (affecting three muscle areas) are less common than those experienced by women (eight injury areas). The majority of injuries are typically associated with upper limb muscles involving the shoulder region, such as the deltoid, trapezius, and upper back muscles (33). Hak et al.'s findings (37) suggest that the high incidence of lumbar spine injuries could be attributed to the use of high intensity, high repetitions, and heavy weights in exercises that demand proper form. Feito et al. (33) found no disparity in injury rates between genders, distinguishing between individuals who were less and more engaged in exercise. Kramer et al.'s research revealed a positive and significant correlation between the combined Functional Movement Screen (FMS) score and the left scores of the Y balance test, as well as the combined scores of the Y balance test, in both genders. They proposed that this association between FMS composite scores and the Y balance test might stem from the similar components utilized in each screening tool, which evaluate range of motion, mobility, and limb stability. The dynamic balance assessed in the Y balance test mirrors the activities tested in the FMS, including inline lunge, rotational stability, and hurdle step. Furthermore, performing the movements in the FMS and the Y balance test requires similar underlying structures to maintain single-leg balance, musculoskeletal strength, and trunk stability (38). Additionally, they noted that while there were no significant differences between genders in the right, left, or composite Y balance test scores, women exhibited greater proficiency. Moreover, there was a significant difference in FMS scores between genders, with women outperforming men (38). Chimera et al.'s study found no gender differences in athletes regarding the Y balance test composite score (39). Similarly, a study conducted among basketball athletes and recreational participants concluded that there were no gender disparities (40). According to the results, it seems that FMS and Davis tests can be used to predict the probability of injury in male and female crossfit athletes.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Ethical considerations were fully observed in this article. Participants were given the option to withdraw from the study if they wished. Additionally, all participants were made aware of the research process, and their information was kept confidential.

Funding

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

Authors' contributions

All authors participated in the design, implementation, and writing of all parts of this research.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

مقایسه عملکرد اندام فوقانی زنان و مردان کراسفیت کار و ارتباط آن با نمره FMS، تست دیویس و دش

سبیکه مقدم نژاد^۱، *عبدالرسول دانشجو^۱

۱. گروه علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۲ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲ خرداد ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۲ خرداد ۱۴۰۳

چکیده

هدف: مطالعه حاضر مقایسه عملکرد اندام فوقانی (دامنه حرکتی و آزمون تعادلی Y) زنان و مردان کراسفیت کار و ارتباط آن با نمره آزمون غربالگری حرکتی عملکردی (FMS)، تست دیویس و دش بود.

روش‌ها: چهل و دو ورزشکار کراسفیت کار مرد و زن بر اساس معیارهای موجود در این پژوهش حاضر شدند و دامنه حرکتی چرخش داخلی و خارجی، آزمون تعادلی Y راست و چپ، FMS، آزمون دیویس و میزان ناتوانی عملکردی شانه و دست (DASH) اندازه‌گیری شد. برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و با توجه به اینکه داده‌ها نرمال نبودند، از ضریب همبستگی اسپیرمن برای بررسی ارتباط بین متغیرها استفاده شد. همچنین برای مقایسه بین گروه مردان و زنان از آزمون یومن ویتنی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS و دیویس در مردان ارتباط مثبت معناداری وجود دارد ($p \leq 0/05$). بر خلاف آن، بین دامنه حرکتی چرخش داخلی و خارجی و آزمون Y دست راست و چپ با آزمون دش ارتباط معناداری وجود نداشت ($p > 0/05$). نتایج در گروه زنان نشان داد که بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS ارتباط مثبت معناداری وجود دارد ($p \leq 0/05$). همچنین، بین دامنه حرکتی چرخش داخلی و آزمون تعادل Y دست چپ با آزمون دیویس ارتباط مثبتی مشاهده شد ($p \leq 0/05$). نتایج آماری نشان داد که دامنه حرکتی چرخش خارجی، آزمون دیویس و دش بین مردان و زنان تفاوت معناداری دارد ($p \leq 0/05$). اما بر خلاف آن سایر متغیرها بین مردان و زنان تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مطالعه و ارتباط بین FMS و آزمون دیویس با دامنه حرکتی و آزمون تعادلی Y در زنان و مردان کراسفیت کار، از این آزمون‌ها برای بررسی میزان آسیب احتمالی و پیش‌بینی احتمال آسیب در این ورزشکاران می‌توان استفاده کرد.

کلید واژه‌ها:

FMS، دامنه حرکتی،

کراسفیت، ناتوانی عملکردی

شانه

*نویسنده مسئول:

عبدالرسول دانشجو

آدرس: گروه علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تلفن: ۳۳۵۸۵۹۰۹ (۲۱) ۰۹۸+

ایمیل: phdanes@yahoo.com

مقدمه

کراسفیت یک برنامه آماده‌سازی فیزیکی نوظهور است که بر اساس حرکات عملکردی چند مفصلی دائماً متنوع، با شدت بالا است (۱). تعداد تمرین‌کنندگان در چند سال اخیر با بیش از ۱۵۰۰۰ شرکت وابسته در سراسر جهان به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (۲). این مدل تمرین نشان داده است که آمادگی قلبی-تنفسی، استقامت، قدرت، توان، تعادل و انعطاف‌پذیری را بهبود می‌بخشد (۳) که پارامترهای تعیین‌کننده در وضعیت تناسب‌اندام و سلامت هستند. تمرینات کراسفیت از روش‌های ورزشی مختلف از جمله تمرینات ورزشی (کشش‌های کششی، بالا رفتن از طناب، برپی و غیره)، آماده‌سازی متابولیک (تمرینات قلبی عروقی مانند دویدن یا پرش از روی طناب) و وزنه‌برداری تشکیل شده است که هم شامل حرکات المپیک (اسنچ، کلب و جرک) (۴) و هم حرکات پاورلیفتینگ (اسکوات، پرس روی نیمکت و ددلیفت) می‌شود (۵). خطر آسیب در این روش‌های ورزشی در مقایسه با سایر ورزش‌های غیر وزنه‌برداری و پاورلیفتینگ مشابه است، اگرچه پیشنهاد شده است که برنامه‌های تمرینی مورد نظر با افزایش این خطر همراه است، به‌ویژه زمانی که آن‌ها به‌طور نامناسب انجام شوند. بارهای حجمی و تعداد جلسات تمرینی بیش‌ازحد می‌تواند منجر به خستگی زودرس، درک بیشتر تلاش و اجرای حرکات خطرناک شود. با توجه به محبوبیت فزاینده کراسفیت، آموزش مناسب برای ورزشکاران ضروری است تا از خطرات احتمالی ناشی از تمرین اشتباه جلوگیری شود (۶).

کتف، ستون فقرات و زانو بیشترین آسیب را به خود اختصاص دادند. آسیب‌های شانه معمولاً توسط ژیمناستیک‌کاران (۷) و وزنه‌برداران و پاورلیفترها تجربه می‌شود (۸). به نظر می‌رسد که حرکاتی مانند کشش یا بالا رفتن از طناب، فشار زیادی در دامنه حرکتی شانه و ثبات مفصل ایجاد می‌کنند، درحالی‌که سایر حرکات به‌عنوان پرس نیمکت و اسنچ، شانه را به حالت خم شدن و آبداکشن شدید وادار می‌کند. با توجه به آسیب‌های رشته، توزیع مشابهی بین ژیمناستیک (۴۹٪ از مجموع آسیب‌ها) و وزنه‌برداری (۵۱٪) بر اساس مطالعه سامیت و همکاران که منحصراً بر آسیب‌های شانه متمرکز بود، گزارش شده است (۹). در رابطه با آسیب‌های ستون فقرات کمری، حرکاتی مانند اسکات و ددلیفت ممکن است در معرض خطر بیشتری باشند، زیرا با بارهای سنگین و سرعت بالا انجام می‌شوند. علاوه بر این، این حرکات نیاز به اکستنشن مکرر کمر و تراز صحیح ستون فقرات در طول هر تکرار دارند، بنابراین خستگی ناشی از تعداد زیاد تکرار می‌تواند از یک تکنیک کافی جلوگیری کند و خطر آسیب‌های ناشی از اسپوندیلولیز کمر را افزایش دهد (۱۰). علاوه بر این، سایر تمرینات ضروری کراسفیت به‌عنوان چرخاندن لاستیک نیز می‌تواند به آسیب‌دیدگی کمر کمک کند، زیرا در این رشته به ستون فقرات کمری فشار زیادی وارد می‌کند تا حرکات خمشی-کششی ثابت برای جابجایی لاستیک انجام دهد (۶).

عوامل متعددی با ایجاد صدمات در طول تمرین کراسفیت مرتبط بوده است. با توجه به ویژگی‌های بیولوژیکی، سن بالاتر یک عامل خطر مهم می‌تواند باشد، درحالی‌که به نظر می‌رسد جنسیت نیز تأثیرگذار است، زیرا مشخص شد که مردان بیشتر مستعد آسیب‌دیدگی هستند. برخی ویژگی‌های آنتروپومتریک برای افزایش خطر آسیب پیشنهاد شده‌اند، زیرا شرکت‌کنندگانی که بزرگ‌تر هستند، احتمالاً با بارهای بالاتر تمرین می‌کنند. یکی دیگر از عوامل خطر، سابقه آسیب‌های قبلی است (۶). اگرچه مکانیسم‌های آسیب پیچیده و چندعاملی هستند، عوامل خطرزای ذاتی مختلفی وجود دارد که به‌طور بالقوه می‌تواند منجر به افزایش خطر آسیب شود. به‌عنوان مثال، سابقه آسیب قبلی، ناپایداری مفصل، عدم تعادل قدرت عضلانی و برخورد‌های آناتومیک. تست‌های غربالگری اسکلتی عضلانی برای شناسایی این عوامل خطر طراحی شده‌اند تا متخصصان بتوانند استراتژی‌های تمرینی مناسب (پیش‌توانایی) را در تلاش برای کاهش بروز آسیب اجرا کنند. آزمون غربالگری حرکتی عملکردی (FMS) و آزمون تعادلی دو ابزار غربالگری خطر آسیب هستند که برای شناسایی نقص در حرکت عملکردی، کنترل و تعادل عصبی عضلانی و ثبات تنه استفاده می‌شوند (۱۱). FMS از ۷ الگوی

1. Snatch and clean and jerk

حرکتی اساسی تشکیل شده است که هدف آن‌ها شناسایی کمبودها و عدم تقارن حرکت است (۱۲). آزمون تعادلی Y شامل ۳ حرکت است که برای ارزیابی تعادل پویا استفاده می‌شود (۱۳). هر دو آزمون به حداقل زمان برای اجرا نیاز دارند، قابلیت اطمینان خوبی دارند و نشان داده شده است که با خطر آسیب در جمعیت‌های مختلف ورزشی و نظامی مرتبط است. مطالعات ارتباط بین چندین معیار FMS، مانند امتیاز ترکیبی کم (≥ 14)، عدم تقارن الگوی حرکتی و نمرات پایین تست فردی و افزایش خطر آسیب در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال (۱۴، ۱۵) و ورزشکاران دانشگاهی در رشته‌های مختلف را گزارش کرده‌اند (۱۶، ۱۷). برای آزمون تعادلی Y، اختلاف فاصله قدمی ≤ 4 سانتی‌متر با افزایش خطر آسیب در ورزشکاران دانشگاهی مرتبط است (۱۸). آزمون دیگری که برای سنجش عملکرد اندام فوقانی به‌ویژه کمر بند شانه استفاده می‌شود، آزمون دیویس است. این آزمون به دلیل نحوه اجرا، آزمون مناسب‌تری برای ورزشکاران به شمار می‌رود و ارتباط معناداری با آزمون Y بالاتنه دارد؛ زیرا ضعف در ناحیه فوقانی بدن بر اجرای مناسب این آزمون‌ها اثرگذار است و همچنین در مقایسه با آزمون تعادلی Y اندام فوقانی می‌تواند ثبات و تعادل را در سرعت عمل بیشتری در مقایسه با آزمون تعادلی Y بسنجد (۱۸).

ابزارهای غربالگری میدانی به‌طور فزاینده‌ای در استفاده بالینی و برای شناسایی نقص‌های مرتبط با افزایش خطر آسیب محبوبیت پیدا کرده‌اند. از نقطه نظر برنامه‌ریزی پیشگیری از آسیب و عملکرد، مهم است که بدانیم آیا تفاوت‌هایی در امتیازات FMS، آزمون تعادلی Y، دیویس و دش بین زنان و مردان کراسفیت کار وجود دارد تا بتوان عملکرد خاص جمعیت و آستانه‌های خطر آسیب را تعیین کرد. همچنین بررسی ارتباط بین دامنه حرکتی و تست تعادل Y با نمره FMS، تست دیویس و دش در کراسفیت‌کاران می‌تواند برای پیشگیری از آسیب در این ورزشکاران مفید باشد؛ بنابراین، هدف این مطالعه، مقایسه عملکرد اندام فوقانی زنان و مردان کراسفیت‌کار و ارتباط آن با نمره FMS، تست دیویس و دش می‌باشد.

جدول ۱. میانگین و دامنه پراکندگی آزمودنی

مردان (۲۳)	زنان (۱۹)
سن (سال)	۲۸/۶۱±۷/۶۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۹/۴۹±۱۰/۰۸
وزن (کیلوگرم)	۶۳/۵۳±۶/۷۶
دامنه حرکتی چرخش خارجی (درجه)	۸۷/۶۸±۸/۵۲
دامنه حرکتی چرخش داخلی (درجه)	۶۶/۱۵±۷/۷۹
FMS	۱۶/۱۶±۲/۰۳
دیویس	۲۹/۸۹±۲/۵۳
تعادل Y راست	۸۴/۴۷±۷/۷۶
تعادل Y چپ	۸۳/۶۳±۸/۵۹
میزان ناتوانی عملکردی شانه و دست (DASH)	۲۷/۷۴±۳/۱۴
	۳۲/۳۹±۳/۵۵*

روش شناسی

در این مطالعه توصیفی-مقایسه‌ای، جامعه آماری، شامل مردان و زنان کراسفیت کار شهرستان مشهد بود. با روش نمونه‌گیری در دسترس، پس از کسب رضایت‌نامه آگاهانه و با توجه به معیارهای لازم برای ورود به مطالعه ۴۲ آزمودنی انتخاب شدند (۲۳ نفر مرد، ۱۹ نفر زن). معیارهای ورود به مطالعه شامل: بدون سابقه آسیب‌دیدگی در سیستم بینایی، دهلیزی و بدون هیچ‌گونه آسیب‌دیدگی در یک سال اخیر، عدم داشتن بیماری نورولوژیکی و ناهنجاری وضعیتی، نداشتن سابقه جراحی، شکستگی استخوان در ستون فقرات و اندام‌های فوقانی و تحتانی، نداشتن ناهنجاری‌های مادرزادی به‌ویژه در ستون فقرات بود. تمام آزمودنی‌ها موافقت خود را برای

مشارکت در این تحقیق اعلام کردند. در جلسه اول قبل از ارزیابی آزمون‌های مربوطه، توضیحات مختصری جهت آشنایی با فرآیند آزمون و اهداف مطالعه داده شد. قبل از آزمون‌ها، قد آزمودنی‌ها با قدسنج سکا (Seca، آلمان) با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و وزن با ترازوی دیجیتال کالیبره شده (Seca، آلمان) اندازه‌گیری شد. توضیحات لازم و دستورالعمل‌های مربوط به اجرای هر الگوی حرکتی، قبل از اجرای آزمون به هر آزمودنی گفته شد و آزمون را یک‌بار به‌صورت آزمایشی انجام دادند.

آزمون FMS مجموعه‌ای از هفت تست است که عبارت‌اند از اسکوات عمیق، لانژ خطی، گام برداشتن با مانع، تحرک‌پذیری شانه، پایداری تنه به سمت بالا، بالا بردن فعال پای مستقیم و پایداری چرخشی تنه. هر آزمون در مقیاس رتبه‌بندی ۱ تا ۳ امتیازدهی می‌شود تا یک امتیاز ترکیبی از ۲۱ ایجاد شود که نمرات بالاتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است. نحوه امتیازدهی در آزمون FMS بدین‌صورت بود: انجام صحیح حرکات، بدون حرکات جبرانی: ۳ امتیاز؛ انجام حرکات با حرکات جبرانی: ۲ امتیاز؛ عدم توانایی انجام حرکات بدون حرکات جبرانی: ۱ امتیاز؛ ایجاد درد در حین انجام حرکات یا انجام آزمون آشکارسازی: صفر امتیاز. امتیاز کمتر از ۱۴ علامت هشدار در حرکات و در معرض ریسک آسیب‌دیدگی بود (۱۹،۲۰).

برای انجام دادن آزمون دیویس، دو قطعه چسب که لبه داخلی آن‌ها از هم ۹۰ سانتی‌متر فاصله داشتند، روی زمین چسبانده شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد در فضای بین دو باند به حالت شنا قرار گیرند. سپس در فاصله زمانی ۱۵ ثانیه با تمام سرعت با دستان خود به‌صورت ضربدری، لبه خارجی نوار چسب‌ها را لمس کنند. تعداد تماس دست امتیاز آزمون فرد بود که در فرم مرتبط توسط آزمون‌گیرنده ثبت شد. این کار سه بار تکرار شد و نمره نهایی آزمون میانگین سه آزمون بود (۲۱).

به‌منظور انجام دادن آزمون تعادل Y اندام فوقانی، از فرد خواسته شد روی کف دست‌ها (شست چسبیده به انگشت اشاره و آرنج‌ها در حالت بازشده) و پنجه پاها (بدون کفش) مانند حرکت شنای سوئدی در وضعیت شروع قرار بگیرد و ستون فقرات و اندام تحتانی را در یک امتداد حفظ کند. محل قرارگیری شست توسط یک خط مشخص شد و پاها به اندازه عرض شانه از یکدیگر فاصله داشتند. در این وضعیت از فرد خواسته شد با حفظ وضعیت دست تکیه‌گاه، تنه و پاها، با دست آزاد خود عمل دستیابی را در جهت‌های داخلی، تحتانی-خارجی و فوقانی-خارجی به ترتیب و تا دورترین مکان ممکن انجام دهد. به‌منظور امکان مقایسه با افراد دیگر، مقادیر دستیابی با طول اندام فوقانی (فاصله زائده خاری مهره هفتم گردنی تا انتهای بلندترین انگشت در وضعیت ۹۰ درجه دور شدن شانه و باز شدن آرنج، مچ و انگشتان) نرمال شد. عمل دستیابی در هر سه جهت به‌صورت پشت سرهم، بدون استراحت و بدون اینکه دست آزاد با زمین تماس پیدا کند، انجام شد. فرد اجازه داشت پس از انجام دادن هر دور دستیابی در سه جهت دست آزاد را روی زمین قرار دهد و استراحت کند و این روند را سه دور انجام دهد (۲۲). در صورتی که در هر دور دست ثابت فرد از روی سطح صاف جدا می‌شد، دست آزاد با زمین یا اندیکاتور برخورد می‌کرد یا به آن تکیه می‌کرد یا فرد نمی‌توانست با کنترل دست آزاد خود را به وضعیت شروع برگرداند و تعادلش به هم می‌خورد یا هریک از پاها از زمین جدا می‌شد، آن دور دوباره تکرار می‌شد. در هر جهت بیشترین میزان دستیابی ثبت شد و به‌منظور محاسبه نمره ترکیبی کلی در فرمول مربوط به آزمون قرار گرفت (۲۲).

پرسشنامه میزان ناتوانی عملکردی شانه و دست (DASH) سطح ناتوانی عملکردی شانه افراد در مواجهه با ارتعاش دست را تحت سنجش قرار می‌دهد. در این پرسشنامه سؤالاتی در رابطه با توانایی انجام فعالیت‌های خاص با دست از فرد پرسیده شده و با توجه به پاسخ‌های داده شده، امتیازدهی صورت گرفت. پایایی و روایی این پرسشنامه ۰/۷۴ و ۰/۹ است (۲۳، ۲۴). این پرسشنامه شامل ۳۰ سؤال است (هر سؤال دارای نمره ۱ تا ۵) که وضعیت عملکرد اندام فوقانی فرد را در هفته گذشته می‌سنجد. در این پرسشنامه

سؤالاتی جهت سنجش میزان مشکل فرد در انجام کارهای روزمره (۲۱ سؤال) شدت درد در حالت خواب و فعالیت، سفتی مفصل (۵ سؤال) و تأثیر اندام فوقانی بر فعالیت‌های اجتماعی و شغل (۴ سؤال) وجود دارد. برای استفاده از نتایج، فرد باید حداقل به ۲۷ سؤال از ۳۰ سؤال را پاسخ دهد. نمره این پرسشنامه از ۱۰۰ محاسبه می‌شود و برای محاسبه نمره نهایی پس از جمع نمره تک‌تک سؤالات و گرفتن میانگین آن‌ها، عدد حاصل شده منهای یک شده و ضرب در ۲۵ می‌شود؛ هرچه عدد بالاتر و به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده میزان ناتوانی بیشتر فرد است (۲۳،۲۴).

از انعطاف‌سنج جاذبه‌های لیتون (East 1321 55 TH Avenue Spokane, U.S.A) برای اندازه‌گیری دامنه چرخش داخلی و خارجی شانه در وضعیت خوابیده به پشت استفاده شد.

برای اندازه‌گیری دامنه چرخش داخلی شانه برتر آزمودنی در حالت خوابیده به پشت قرار گرفت. دستی که باید دامنه چرخش داخلی آن اندازه‌گیری می‌شد در وضعیت ۹۰ درجه آبداکشن شانه و ۹۰ درجه فلکشن آرنج قرار گرفت. برای خنثی کردن وضعیت بازو و جلوگیری از ایجاد حرکات اضافه در مفصل شانه، حوله‌ای تا شده زیر بازوی فرد گذاشته و قسمت تحتانی بازو ثابت نگه داشته شد. انعطاف سنج لیتون را به قسمت میانی خارجی ساعد محکم بسته و یکی از صفحات آن قفل شد. بازوی سمت مقابل نیز آزاد در کنار بدن قرار می‌گرفت. در این حالت ساعد فرد تا جای ممکن به‌صورت فعال به سمت پایین حرکت کرده و در انتهای دامنه حرکتی نشانگر دیگر لیتون قفل شد. اندازه به‌دست‌آمده در فرم مخصوص اندازه‌گیری داده‌ها ثبت شد (۲۵).

برای اندازه‌گیری دامنه چرخش خارجی شانه برتر، آزمودنی در حالت خوابیده به پشت قرار گرفت. دستی که باید دامنه چرخش خارجی آن اندازه‌گیری می‌شد در وضعیت ۹۰ درجه آبداکشن شانه و ۹۰ درجه فلکشن آرنج قرار گرفت. برای خنثی کردن وضعیت بازو و جلوگیری از بروز حرکات اضافه در مفصل شانه حوله‌ای تا شده زیر بازوی فرد گذاشته و قسمت تحتانی بازو ثابت نگه داشته شد. انعطاف‌سنج لیتون را به قسمت میانی خارجی ساعد محکم بسته و یکی از صفحات آن قفل شد. بازوی سمت مقابل نیز آزاد در کنار بدن قرار می‌گرفت. در این حالت ساعد فرد تا جای ممکن به‌صورت فعال به سمت بالا و عقب حرکت کرده و در انتهای دامنه حرکتی نشانگر دیگر لیتون قفل شد. اندازه به‌دست‌آمده در فرم مخصوص اندازه‌گیری داده‌ها ثبت شد (۲۵).

در این مطالعه برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و با توجه به اینکه داده‌ها نرمال نبودند، از ضریب اسپیرمن برای بررسی رابطه بین متغیرها استفاده شد. همچنین برای مقایسه بین گروه مردان و زنان از آزمون یومن ویتنی استفاده شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 22 استفاده شد و سطح معناداری $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

میانگین و انحراف معیار مشخصات آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون ضریب همبستگی در جدول ۲ نشان می‌دهد که بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS در مردان ارتباط مثبت معناداری وجود دارد ($p = 0.001$, $r = 0.62$; $p = 0.001$, $r = 0.43$; $p = 0.03$, $r = 0.54$; $p = 0.007$, $r = 0.54$; به ترتیب). علاوه بر این، بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی، آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون دیویس در مردان ارتباط مثبت معناداری مشاهده شد ($p = 0.02$, $r = 0.46$; $p = 0.02$, $r = 0.46$; $p = 0.04$, $r = 0.58$; $p = 0.03$, $r = 0.44$; به ترتیب). بر خلاف آن، دامنه حرکتی چرخش داخلی و خارجی و آزمون Y دست راست و چپ با آزمون دس ارتباط معناداری نداشت ($p > 0.05$) (جدول ۳).

۲. نتایج آزمون ضریب همبستگی در زنان نشان داد که بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS ارتباط مثبت معناداری وجود دارد ($p = 0.002$, $r = 0.63$; $p = 0.003$, $r = 0.65$; $p = 0.004$, $r = 0.62$; $p = 0.001$, $r = 0.55$ به ترتیب). علاوه بر این، بین دامنه حرکتی چرخش داخلی و آزمون تعادل Y دست چپ با آزمون دیویس ارتباط مثبتی مشاهده شد ($p = 0.001$, $r = 0.56$; $p = 0.004$, $r = 0.44$; $p = 0.009$, $r = 0.4$; $p = 0.0001$, $r = 0.4$ به ترتیب). همچنین بین آزمون دس با دامنه حرکتی و آزمون تعادل Y ارتباطی مشاهده نشد ($p > 0.05$). نتایج آزمون یومن ویتنی نشان داد که دامنه حرکتی چرخش خارجی، آزمون دیویس و دس بین مردان و زنان تفاوت معناداری دارد ($p = 0.004$; $p = 0.009$; $p = 0.0001$ به ترتیب)، اما بر خلاف آن سایر متغیرها بین مردان و زنان تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۱).

جدول ۲. نتایج آزمون ضریب همبستگی بین عملکرد اندام فوقانی، FMS، دیویس و دس.

	FMS								دیویس				دس	
	مردان				زنان				مردان				مردان	
	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r
دامنه حرکتی چرخش خارجی	0.001*	0.72	0.003*	0.63	0.002*	0.46	0.003*	0.34	0.007	0.74	0.004	0.41	0.007	0.74
دامنه حرکتی چرخش داخلی	0.001*	0.62	0.002*	0.65	0.002*	0.46	0.002*	0.56	0.001*	0.91	0.002	0.35	0.001*	0.91
تعادل Y راست	0.003*	0.43	0.004*	0.62	0.004*	0.58	0.004*	0.35	0.001	0.99	0.001	0.19	0.001	0.99
تعادل Y چپ	0.007*	0.54	0.001*	0.55	0.001*	0.44	0.003*	0.44	0.005*	0.79	0.005	0.31	0.005	0.79

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در گروه مردان بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS و آزمون دیویس ارتباط مثبت معناداری وجود دارد. همچنین در گروه زنان بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS ارتباط مثبت معناداری وجود دارد. علاوه بر این، بین دامنه حرکتی چرخش داخلی و آزمون تعادل Y دست چپ با آزمون دیویس ارتباط مثبتی مشاهده شد. علاوه بر این، بین دو گروه دامنه حرکتی چرخش خارجی، آزمون دیویس و دس تفاوت معناداری داشتند.

حرکات وزنه‌برداری در کراسفیت و سایر ورزش‌ها اغلب ورزشکار را مستعد آسیب‌های اندام فوقانی، به‌ویژه آسیب‌های شانه و مچ، می‌کند (۶). حرکاتی که در کراسفیت اجرا می‌شود، از نظر فنی حرکات پیچیده‌ای هستند (۲۶). این تمرینات به توانایی سیستم عصبی عضلانی برای ایجاد یک سری از انقباضات عضلانی با شدت بالا نیاز دارند (۲۷). علاوه بر این، ورزشکاران کراسفیت به انعطاف‌پذیری کافی در اندام فوقانی برای مراحل حرکتی که نیاز به دامنه حرکتی بالایی دارد، نیاز دارند (۲۸-۳۰). اگر ورزشکار در مچ دست، آرنج و شانه‌ها انعطاف‌پذیری کافی نداشته باشد، دریافت میله بر روی قسمت جلویی شانه‌ها و ترقوه می‌تواند باعث دو مشکل فنی شود: انگشت کوچک و حلقه از میله خارج می‌شود و هالتر فرود می‌آید. در ناحیه قدامی عضله دلتوئید، احتمالاً حتی روی جناغ. در نتیجه، هر دو خطای فنی منجر به تروما / استرس / اضافه‌بار مکرر به مفاصل و آسیب می‌شود (۲۸-۳۱).

یافته‌های پژوهش تولدو و همکاران نشان می‌دهد که مردان از نظر تجربه نسبت به زنان، بیشتر در سال اول تمرین و زنان تا سال دوم تمرین بیشترین میزان آسیب را در روش تمرینی ۳ تا ۵ روز در هفته دارند؛ این آسیب‌ها در شانه‌ها بیشتر بود. آن‌ها بیان کردند که بخش زیادی از آزمودنی‌ها حتی قبل از تمرینات کراسفیت دچار عود آسیب شده بودند. در نتیجه، ارزیابی عملکردی قبل از شروع هر فعالیت مهم می‌باشد؛ بنابراین، آن‌ها پیشنهاد کردند که متخصصان از یک برنامه تناسب‌اندام تدریجی برای مبتدیان استفاده کنند تا خطر آسیب‌ها با پیشرفت مهارت کاهش یابد (۳۲). از نظر بروز صدمات، نتایج یکسانی در مطالعاتی که میزان بروز صدمات را بین مردان و زنان کراسفیت‌کار مقایسه کردند، یافت شد (۳۳-۳۶). سابقه تمرینی کراسفیت ممکن است تأثیر بحث‌برانگیزی در نتایج داشته باشد و بروز آسیب‌ها را در افراد با تجربه کمتر (۳۳) و همچنین با تجربه‌ترین افراد (۳۴) نشان می‌دهد. با بهبود سطح مهارت و قدرت، ورزشکاران کراسفیت، حرکات سخت‌تر و بارهای سنگین‌تر را انجام می‌دهند که خطر آسیب‌دیدگی آن‌ها را افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد زنان در مقایسه با مردان کمتر در معرض خطر افزایش بار هستند (۳۲). علاوه بر این، افرادی که ۳ تا ۵ روز در هفته تمرین می‌کردند، نسبت به کسانی که کمتر از ۳ روز یا بیشتر از ۵ روز در هفته تمرین می‌کردند، شیوع آسیب بیشتری داشتند؛ بنابراین، می‌توان گفت که آن دسته از افراد کم‌تجربه که در ساعات بیشتری تمرین می‌کنند، میزان بروز آسیب را افزایش می‌دهند. مطالعه فیتو و همکاران (۳۳) نشان داد که شرکت‌کنندگان کراسفیت با تجربه کمتر و ساعات بیشتر در هفته و مونتالوو و همکاران (۳۴) نشان داد که شرکت‌کنندگان با تجربه بیشتر و ساعات کمتر در هفته احتمال بیشتری برای گزارش آسیب دارند.

در مورد آسیب‌های عضلانی در کراسفیت، مردان در عضلات متفاوت‌تر از زنان آسیب دیدند. مردان (سه ناحیه آسیب) نسبت به زنان (هشت ناحیه آسیب) شیوع کمتری داشتند. بیشترین آسیب‌دیدگی عضلات اندام فوقانی بود که ناحیه شانه را درگیر می‌کند (عضلات دلتوئید، دوزنقه و بالای کمر) (۳۳). نتایج هاک و همکاران (۳۷) نشان داد که استفاده از شدت بالا، تکرار زیاد و وزن سنگین در تمریناتی که نیاز به فرم سخت دارند، ممکن است تعداد بالای آسیب‌های ستون فقرات کمری را توضیح دهد. فیتو و همکاران (۳۳) هیچ تفاوتی در میزان آسیب بین مردان و زنان که با جدا کردن افرادی که کمتر و بیشتر درگیر تمرین بودند، پیدا نکردند. نتایج پژوهش کرامر و همکاران نشان داد که در هر دو جنس همبستگی مثبت و معناداری بین امتیاز ترکیبی FMS و نمرات چپ آزمون تعادل Y و نمرات ترکیبی آزمون تعادل Y وجود دارد. آن‌ها بیان کردند که ارتباط بین امتیازهای ترکیبی FMS و آزمون تعادل Y ممکن است به دلیل استفاده از اجزای مشابه در هر ابزار غربالگری باشد. هر دو ابزار، دامنه حرکتی، تحرک و ثبات اندام را آزمایش می‌کنند. تعادل دینامیکی آزمون تعادل Y شبیه به سه فعالیت در FMS است: لائز درون خطی، پایداری چرخشی و گام مانع. علاوه بر این، برای انجام حرکات FMS و آزمون تعادل Y، یک فرد ساختارهای زیربنایی مشابه برای حفظ تعادل تک پا به قدرت اسکلتی عضلانی و ثبات تنه نیاز دارد (۳۸). علاوه بر این، آن‌ها بیان کردند که هیچ تفاوت معنی‌داری بین جنسیت در امتیاز آزمون تعادل Y راست، چپ یا مرکب مشاهده نشد اما زنان برتری بیشتری داشتند، همچنین FMS بین دو جنسیت تفاوت معناداری داشت و زنان عملکرد بهتری داشتند (۳۸). پژوهش چیمرا و همکاران هیچ تفاوتی بین جنسیت در ورزشکاران بخش برای امتیاز ترکیبی آزمون تعادل Y پیدا نکردند (۳۹). مطالعه دیگری که در بین ورزشکاران بسکتبال و شرکت‌کنندگان تفریحی انجام شد، به این نتیجه رسید که هیچ تفاوتی بین جنسیت وجود ندارد (۴۰).

در تحقیقات پیشین اختلافات عصبی عضلانی بین زنان و مردان را عاملی برای افزایش شیوع آسیب‌دیدگی در ورزشکاران زن عنوان کرده‌اند. پورحیدری و همکاران در تحقیقی با هدف بررسی ارتباط بین آزمون غربالگری حرکتی FMS و تعادل پویای Y و استقامت عضلات تنه در مردان و زنان والیبالیست انجام دادند، نشان دادند که نمرات آزمون FMS، تعادل پویای Y در زنان و مردان متفاوت است که مردان به دلیل استقامت و قدرت بالاتر عضلات تنه نتایج بهتری نسبت به زنان کسب کردند (۴۱). پایین‌وجود برخی از

محققان معتقدند که علاوه بر تفاوت‌های جنسیتی، سطح فعالیت بدنی و سطح مهارت منجر به نتایج متفاوت در ارزیابی‌های آزمون‌های غربالگری حرکتی عملکردی و تعادل گشته است که می‌توان نتایج متناقض مطالعات را در آن جستجو کرد (۴۲). آسیب‌های شانه نتیجه پیچیدگی و نیازهای شدید تمرین روزانه است که اغلب با بارهای زیاد و تکنیک نامناسب انجام می‌شود (۶). آسیب‌های شانه نیز در اثر اجرای تکنیکی تمریناتی که نیاز به دامنه حرکتی بالا و پایداری کمپلکس مفصلی دارند، ایجاد می‌شود. در تمرینات ژیمناستیک، مانند بالا رفتن از طناب، بارفیکس و ... مفصل شانه از دامنه حرکتی شدید (فلکشن و ابداکشن) و کشش وزن بدن ورزشکار پشتیبانی می‌کند، درحالی‌که در تمرینات وزنه‌برداری مانند اسکات بالای سر، اسنچ و ددلیفت، این مفصل در معرض نیروی هل دادن و دامنه حرکتی بالای چرخش خارجی، آبداکشن و خمش قرار می‌گیرد (۶، ۳۱). سایر مزایای بیومکانیکی فعال شده توسط یک دامنه حرکتی بهینه کاهش استرس و بارهای مفصلی در طول حرکت است که در نتیجه می‌تواند تغییرات منفی در بافت‌های مفصلی مشاهده شده در ورزشکاران دارای فعالیت بالای سر را به حداقل برساند (۴۳)؛ در نتیجه ظرفیت بیولوژیکی بافت مفصل ثابت می‌ماند. علاوه بر این، یک دامنه حرکتی خاص می‌تواند به جلوگیری از وقوع حرکات جبرانی، عدم تعادل عضلانی و اجرای ناکافی حرکت (۳۱، ۴۳) کمک کند که از عوامل و مکانیسم‌های مکرر صدمات در کراسفیت در نظر گرفته می‌شوند (۳۱، ۴۳). از این نظر، بروز آسیب‌های تروماتیک (دور رفتگی آکرومیو کلاویکولار و استرنو کلاویکولار، آبنه استرنو کلاویکولار) یا آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد (استئوفیت‌ها در سمت پشتی مچ دست در مفصل رادیوولنار دیستال، شکستگی‌های استرسی در رادیوس) در افرادی که عادت دارند، شایع است. برای جلوگیری از این صدمات انجام تمرینات قدرتی با دامنه حرکتی کامل مفصل را به‌عنوان یک عنصر فنی برای جلوگیری از محدودیت دامنه حرکتی، اما با بارهای متوسط پیشنهاد شده است (۴۴).

مطالعات قبلی در جمعیت‌های مختلف، با توجه به سن، سطح فعالیت و روش ورزشی، رابطه قطعی بین درد و عملکرد اندام فوقانی را نشان داده‌اند که نشان می‌دهد پرسشنامه دش امکان ارزیابی از دست دادن ظرفیت عملکردی در بیماران علامت‌دار را فراهم می‌کند؛ بنابراین، افراد مبتلا به درد ممکن است در تست‌های عملکردی اندام فوقانی، مانند ثبات اندام فوقانی زنجیره جنبشی بسته و آزمون تعادلی Y، عملکرد ضعیفی از خود نشان دهند. باین‌حال، این در مطالعه سیلوا و همکاران تأیید نشد. آن‌ها بیان کردند که ورزشکاران بدون توجه به درد گزارش شده در شانه، عملکرد مشابهی را در ثبات اندام فوقانی زنجیره جنبشی بسته و آزمون تعادلی Y نشان دادند. در عمل، اگرچه برخی از ورزشکاران ظرفیت عملکردی پایین‌تری داشتند (که با نمره دش بالاتر بیان می‌شود) و درد را در حین تمرین گزارش می‌کردند، اما در انجام تست‌های عملکردی مختلف مشکلی نداشتند (۴۵).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS و آزمون دیویس ارتباط مثبت معناداری در مردان کراسفیت دارد. همچنین در گروه زنان بین دامنه حرکتی چرخش خارجی و داخلی و آزمون تعادل Y دست راست و چپ با آزمون FMS ارتباط مثبت معناداری وجود دارد. علاوه بر این، بین دامنه حرکتی چرخش داخلی و آزمون تعادل Y دست چپ با آزمون دیویس ارتباط مثبتی در زنان کراسفیت کار مشاهده شد. تفاوت معناداری بین زنان و مردان در دامنه حرکتی چرخش خارجی، آزمون دیویس و دش مشاهده شد. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد از آزمون‌های FMS و دیویس می‌توان برای پیش‌بینی احتمال آسیب در ورزشکاران کراسفیت کار استفاده کرد.

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. Glassman, G. Understanding CrossFit. CrossFit Journal. <http://journal.crossfit.com/2007/04/understanding-crossfit-by-greg.tpl>. Published April 1, 2007. Accessed February 1, 2020.
2. CrossFit | About Affiliation. <https://www.crossfit.com/affiliate>. Accessed February 9, 2020.
3. Gianzina EA, Kassotaki OA. The benefits and risks of the high-intensity CrossFit training. Sport Sci Health 2019;15(1):21-33. [DOI:10.1007/s11332-018-0521-7]
4. International Weightlifting Federation -International Weightlifting Federation. <https://www.iwf.net/>. Accessed January 25, 2020.
5. International Powerlifting Federation IPF. https://www.powerlifting.sport/?gclid=Cj0KCQiAyKrxBRDHARIsAKCzn8wJBjTaoUw8NqaTzRA-l9uchZbeCyZaDzIABgufSfdC_x2XIUQAc8aAjjLEALw_wcB. Accessed January 25, 2020.
6. Ángel Rodríguez M, García-Calleja P, Terrados N, Crespo I, Del Valle M, Olmedillas H. Injury in CrossFit®: a systematic review of epidemiology and risk factors. The Physician and Sportsmedicine. 2022;50(1):3-10. [DOI:10.1080/00913847.2020.1864675] [PMID]
7. Caine D, Nassar L. Gymnastics injuries. Medicine and Sport Science 2005;48:18-58. [DOI:10.1159/000084282] [PMID]
8. Aasa U, Svartholm I, Andersson F, et al. Injuries among weightlifters and powerlifters: A systematic review. British Journal of Sports Medicine 2017;51(4):211-219. [DOI:10.1136/bjsports-2016-096037] [PMID]

9. Summitt RJ, Cotton RA, Kays AC, et al. Shoulder Injuries in Individuals Who Participate in CrossFit Training. *Sports Health* 2016;8(6):541-546. [DOI:10.1177/1941738116666073] [PMID]
10. Hopkins BS, Cloney MB, Kesavabhotla K, et al. Impact of CrossFit-Related Spinal Injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2019;29(6):482-485. [DOI:10.1097/JSM.0000000000000553] [PMID]
11. Moore E, Chalmers S, Milanese S, Fuller JT. Factors influencing the relationship between the functional movement screen and injury risk in sporting populations: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2019;49:1449-1463. [DOI:10.1007/s40279-019-01126-5] [PMID]
12. Lisman P, Nadelen M, Hildebrand E, Leppert K, de la Motte S. Functional movement screen and Y-Balance test scores across levels of American football players. *Biology of Sport*, 2018;35(3):253-260. [DOI:10.5114/biolsport.2018.77825] [PMID]
13. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2009;4(2):92-99.
14. Kiesel K, Plisky PJ, Voight ML. Can serious injury in professional football be predicted by a preseason Functional Movement Screen? *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2007;2(3):147-158
15. Kiesel KB, Butler RJ, Plisky PJ. Prediction of injury by limited and asymmetrical fundamental movement patterns in american football players. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2014;23(2):88-94. [DOI:10.1123/JSR.2012-0130] [PMID]
16. Garrison M, Westrick R, Johnson MR, Benenson J. Association between the functional movement screen and injury development in college athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015; 10(1):21-28.
17. Mokha M, Sprague PA, Gatens DR. 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*. 2016;51(4):276-282. [DOI:10.4085/1062-6050-51.2.07] [PMID]
18. Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2015;47(1):136-141. [DOI:10.1249/MSS.0000000000000380] [PMID]
19. Cook G, Burton L, Hoogenboom B, Voight M. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2006;1(2):62-72.
20. Cook G, Burton L, Hoogenboom B, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2014;9(4):549-63.
21. Gorman PP, Butler RJ, Plisky PJ, Kiesel KB. Upper Quarter Y Balance Test: reliability and performance comparison between genders in active adults. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012;26(11):3043-8. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3182472fdb] [PMID]
22. Harput G. Effects of plyometric training on dynamic balance, hop distance and hamstring quadriceps ratio in female volleyball athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2006;(21):363-8.
23. Carrasco-Ramiro F, Peiro-Pastor R, Aguado B. Human genomics projects and precision medicine. *Gene therapy*. 2017;24:551-61. [DOI:10.1038/gt.2017.77] [PMID]

24. Li C, Brant E, Budak H, Zhang B. CRISPR/Cas: a nobel prize award-winning precise genome editing technology for gene therapy and crop improvement. *Journal of Zhejiang University Science A*. 2021;22(4):253-84. [DOI:10.1631/jzus.B2100009] [PMID]
25. Dwelly PM, Tripp BL, Tripp PA, Eberman LE, Gorin S. Glenohumeral Rotational Range of Motion in Collegiate Overhead-Throwing Athletes During an Athletic Season, *Journal of Athletic Training*, 2009;44(6):611-616. [DOI:10.4085/1062-6050-44.6.611] [PMID]
26. Suchomel T, Comfort P, Stone M. Weightlifting Pulling Derivatives: Rationale for Implementation and Application. *Sports medicine*. 2015;45:823-839. [DOI:10.1007/s40279-015-0314-y] [PMID]
27. Suchomel T, Comfort P, Lake J. Enhancing the force-velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. *Strength & Conditioning Journal*. 2017;39:10-20. [DOI:10.1519/SSC.0000000000000275]
28. Comfort P, Williams R, Suchomel T. A comparison of catch phase force-time characteristics during clean derivatives from the knee. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017;31:1911-1918. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001660] [PMID]
29. Stone M, Pierce K, Sands W, Stone M. Weightlifting: A brief overview. *Strength & Conditioning Journal*. 2006;28:50-66. [DOI:10.1519/00126548-200602000-00010]
30. Fry A, Ciroslan D, Fry M, LeRoux C, Schilling B, Chiu L. Anthropometric and performance variables discriminating elite American junior men weightlifters. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006;20:861-866. [DOI:10.1519/00124278-200611000-00023] [PMID]
31. Cejudo A. Predicting the Clean Movement Technique in Crossfit® Athletes Using an Optimal Upper-Limb Range of Motion: A Prospective Cohort Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022;19(19):12985. [DOI:10.3390/ijerph191912985] [PMID]
32. Toledo R, Dias MR, Souza D, Soares R, Toledo R, Lácio M, et al. Joint and muscle injuries in men and women CrossFit® training participants. *The Physician and Sports medicine*. 2022;50(3):205-211. [DOI:10.1080/00913847.2021.1892468] [PMID]
33. Feito Y, Burrows EK, Tabb LP A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2018;6(10):2325967118803100. [DOI:10.1177/2325967118803100] [PMID]
34. Montalvo AM, Shaefer H, Rodriguez B, et al. Retrospective injury epidemiology and risk factors for injury in CrossFit. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2017;16(1):53-59.
35. Sprey JWC, Ferreira T, De Lima MV, et al. An Epidemiological Profile of CrossFit Athletes in Brazil. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2016;4 (8):2325967116663706. [DOI:10.1177/2325967116663706] [PMID]
36. Teixeira RV, Dantas M, De MDG, et al. Retrospective Study of Risk Factors and the Prevalence of Injuries in HIFT. *International Journal of Sports Medicine*. 2020;41(3):168-174. [DOI:10.1055/a-1062-6551] [PMID]
37. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;1. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000318] [PMID]
38. Kramer TA, Sacko RS, Pfeifer CE, Gatens DR, Goins JM, Stodden DF. The association between the functional movement screen, y-balance test, and physical performance tests in male and female high school athletes. *International journal of sports physical therapy*, 2019;14(6), 911. [DOI:10.26603/ijsp20190911] [PMID]

39. Chimera NJ, Smith CA, Warren M. Injury history, sex, and performance on the Functional Movement Screen and Y balance test. *Journal of Athletic Training*. 2015;50(5):475-485. [DOI:10.4085/1062-6050-49.6.02] [PMID]
40. Sabin MJ, Ebersole KT, Martindale AR et al. Balance performance in male and female collegiate basketball athletes: Influence of testing surface. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010; 24(8): 2073-2078. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181ddae13] [PMID]
41. Pourheydari S, Sheikhhoseini R, Hosseini SG. Correlation between the functional movement screen (FMS) test with dynamic balance and core endurance in male and female volleyball players in Kerman province. *Journal of Clinical Physiotherapy Research*. 2018;3(2):64-9.
42. Engquist KD, Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Performance comparison of studentathletes and general college students on the functional movement screen and the Y balance test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(8):2296-303. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000906] [PMID]
43. Claudino J, Gabbett T, Bourgeois F, Souza H, Miranda R, Mezêncio B, et al. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open* 2018;4, 1-14. [DOI:10.1186/s40798-018-0124-5] [PMID]
44. Morton S, Whitehead J, Brinkert R. Resistance training vs. static stretching: Effects on flexibility and strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011;25, 3391-3398. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31821624aa] [PMID]
45. Silva ER, Maffulli N, Migliorini F, Santos GM, de Menezes FS, Okubo R. Function, strength, and muscle activation of the shoulder complex in Crossfit practitioners with and without pain: a cross-sectional observational study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2022;17(1), 24. [DOI:10.1186/s13018-022-02915-x] [PMID]