MEJDS. 2024; 14:142.

Published online 2025 March. **Original Article**

Comparing the Effect of Core Muscle Fatigue on the Kinematic Parameters of Walking Between Men and Women

*Adel Ghahraman M[1], Shirzad E[2], Minonejhad H[3], Akochakian M[3]

Author Address
1. PhD Student in Physical Education, Sports Pathology and Corrective Exercises, Tehran University, Tehran, Iran;
2. PhD in Physical Education Department, Sports Biomechanics, Tehran University, Tehran, Iran;
3. PhD in Physical Education Department, Sports Pathology and Corrective Exercises, Tehran University, Tehran, Iran.
***Corresponding Author Email:** marjanghahreman@gmail.com

Received: 2023 August 2**; Accepted:** 2023 December 24

Abstract

Background & Objectives : Athletes generally seek to improve their performance, and to achieve this goal, they use conditioning training programs that include core stability exercises. Fatigue is one of the causes that can lead to decreased coordination and impaired muscle function, and the muscles of the core area of the body are of great importance by creating a stable surface for the execution of coordinated movements of the limbs. Changes in muscle function caused by fatigue reduce their ability to generate strength and, as a result, the occurrence of abnormalities and injuries. Fatigue affects gait parameters such as increasing stride width to improve balance and increase heel strike speed. Fatigue differs between men and women. Despite the studies that have been conducted on the relationship between central stability and performance and according to the results of such research, researchers have not yet managed to clearly understand the impact or lack of influence of central stability on the performance of athletes. This study compared the effect of central muscle fatigue on the kinematic parameters of walking between men and women.

Methods: The present research method was interventional (quasi–experimental) due to the application of fatigue. The selection of subjects was targeted based on the inclusion and exclusion criteria. In the current research, the effect of central body muscle fatigue on walking was investigated through repeated measurement design (pretest–posttest) in two groups of subjects. The statistical population of this research includes all young men and women aged 18 to 25 with 3 years of regular sports experience who participated in the exam based on a public call in the universities of Mashhad City, Iran, in the academic year of 2022–2023. Based on the inclusion and exclusion criteria, the samples of this research included 15 female and 15 male qualified volunteers who were identified from the statistical community and then purposefully selected as research subjects. The inclusion criteria comprised the body mass index between 20–25 kg/m^2. The exclusion criteria also include non–participation in the posttest and non–satisfaction of the person to participate in the research. In the exclusion criteria section, people with a history of the trunk or lower limb surgery, severe spinal deformities (scoliosis, kyphosis, etc.), meniscus damage and knee ligament tears, ankle joint instability, lower limb misalignment, including genu valgum, genu varum, geno recurvatum, flat soles and hollow soles, suffering from back pain during the tests, having a history of any acute injury in the 60 days before the tests used, which had a negative effect in this research, and use of assistive devices for walking. Three attempts of walking without shoes were performed before and three attempts after the fatigue protocol. The subject was asked to walk a distance of two meters to the sides and in front of the location of the cameras. To analyze the data in SPSS software, a paired *t* test was used to examine intragroup comparisons, and an independent *t* test was used for intergroup comparisons at a significance level of 0.05.

Results: According to the paired *t* test results, no significant difference was observed between the male and female groups ($p>0.05$) in the pretest and posttest scores of core muscle fatigue on gait kinematic parameters. By examining the results of the independent *t* test between the male and female groups, there was a significant difference only in the pretest scores of step ($p=0.012$) and stride ($p=0.025$), and no significant difference was observed in the pretest and posttest scores of step time, stride time, cadence, and speed ($p>0.05$).

Conclusion: While there may be differences in the effects of fatigue on kinematic parameters between women and men, the general results show that the impact of fatigue on walking performance may not be significantly different between the two sexes. Since the parameters of step, stride, step time, stride time, cadence, and speed were constant in both the pretest and posttest stages, this result is correct only for the cases examined in the test, and different results may be obtained in other conditions.

Keywords: Muscle fatigue, Central region muscles, Kinematic parameters, Walking.

Copyright © 2024, MEJDS. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مجله مطالعات ناتوانی ۱۴۰۳؛ (۱۴):۱۴۲

انتشار برخط اسفند ۱۴۰۳ مقاله پژوهشی اصیل

مقایسهٔ تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن بین زنان و مردان

*مرجان عادل قهرمان[۱]، الهام شیرزاد[۲]، هومن مینونژاد[۳]، مهدیه آکوچکیان[۳]

توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی دکتری تربیت‌بدنی، آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛

۲. دکتری گروه تربیت‌بدنی، بیومکانیک ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛

۳. دکتری گروه تربیت‌بدنی، آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

***رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول:** marjanghahreman@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۱ مرداد۱۴۰۲؛ **تاریخ پذیرش:** ۳دی۱۴۰۲

چکیده

زمینه و هدف: باوجود مطالعات انجام‌شده دربارهٔ رابطهٔ بین ثبات مرکزی و عملکرد، محققان هنوز موفق به درک تأثیر یا نبود تأثیر پایداری مرکزی بر عملکرد ورزشکاران نشده‌اند. پژوهش حاضر باهدف مقایسهٔ تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن بین زنان و مردان انجام شد.

روش‌بررسی: روش پژوهش حاضر به‌دلیل اعمال خستگی از نوع مداخله‌ای (نیمه‌تجربی) بود. انتخاب آزمودنی‌ها از نوع هدفمند براساس معیارهای ورود و خروج صورت گرفت. جامعهٔ آماری تحقیق را تمامی زنان و مردان جوان ۱۸تا۲۵سالهٔ دارای سه سال سابقهٔ ورزشی منظم تشکیل دادند که براساس فراخوان عمومی در دانشگاه‌های مشهد در سال تحصیلی ۱۴۰۲ـ۱۴۰۱ در آزمون شرکت کردند. نمونهٔ تحقیق در دو گروه آزمودنی، پانزده مرد و پانزده زن ورزشکار دانشگاهی داوطلب واجد شرایط بودند. به‌منظور راه‌رفتن، مسافت ۱۰ متر انتخاب شد. باتوجه به پهنای فیلم‌برداری، پایهٔ دوربین با فاصلهٔ ۷ متر از مسیر راه‌رفتن قرار گرفت. روی سر دیستال پنجمین استخوان کف‌پایی و قوزک خارجی، مارکری نصب شد و ضبط فیلم راه‌رفتن از نمای جانبی صورت گرفت. سپس فیلم به نرم‌افزار آنالیز حرکت کینوا نسخهٔ ۳ـ۹ـ۰ انتقال پیدا کرد و فاکتورهای فضایی‌زمانی راه‌رفتن در شش گام بااستفاده از آن اندازه‌گیری شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS، برای بررسی مقایسهٔ درون‌گروهی از آزمون تی همبسته و برای مقایسهٔ برون‌گروهی از آزمون تی مستقل در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: در بررسی تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن باتوجه به نتایج آزمون تی همبسته، بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌تفکیک گروه زنان و مردان اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با بررسی نتایج آزمون تی مستقل بین گروه زنان و مردان فقط در نمرات پیش‌آزمون اندازهٔ قدم ($p=۰/۰۱۲$) و طول گام ($p=۰/۰۲۵$) اختلاف معنادار وجود داشت و در نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون زمان قدم، زمان گام، ریتم گام‌برداری و سرعت تفاوت معناداری دیده نشد ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: درحالی‌که امکان دارد تفاوت‌هایی در اثرات خستگی بر پارامترهای کینماتیکی بین زنان و مردان مشاهده شود، نتیجهٔ کلی نشان داد، تأثیر خستگی بر عملکرد راه‌رفتن ممکن است بین دو جنس تفاوت معناداری نداشته باشد. ازآنجاکه پارامترهای قدم، گام، زمان قدم، زمان گام، آهنگ و ریتم در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون ثابت بود، باید توجه داشت این نتیجه فقط برای آیتم‌های بررسی‌شده در آزمون، صحیح است و امکان دارد در شرایط دیگری نتایج متفاوتی به‌دست آید.

کلیدواژه‌ها: خستگی عضلات، عضلات ناحیهٔ مرکزی، پارامترهای کینماتیک، راه‌رفتن.

حق انتشار محفوظ است © ۱۴۰۳، مجله مطالعات ناتوانی. این یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت مجوز اختیار- غیرتجاری ۴/۰ بین‌المللی (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.fa) منتشر شده است که به شما اجازه می‌دهد که مواد منتشر شده در این مقاله را با شرط ارجاع مناسب به نسخهٔ اصلی، به‌طور غیرتجاری نسخه‌برداری و توزیع کنید.

۱ مقدمه

ورزشکاران عموماً به‌دنبال بهبود عملکرد خود هستند و برای رسیدن به این هدف از برنامه‌های تمرینی آماده‌سازی شامل تمرینات ثبات مرکزی[1] استفاده می‌کنند (۱). بهبود عملکرد ورزشکاران را می‌توان ازطریق روش‌های مختلف به‌دست آورد؛ یک رویکرد، اجرای پروتکلی تمرینی خاص است که مشخص شد حافظهٔ کوتاه‌مدت[2] و زمان واکنش[3] در ورزشکاران را بهبود می‌بخشد (۲). روش دیگر، استفاده از یک مداخله‌گر مانند نوشیدنی است که به‌طور مؤثر سبب بهبود عملکرد ورزشکاران می‌شود و خستگی[4] را کم می‌کند و تعادل مایعات را در طول تمرین افزایش می‌دهد (۳). علاوه‌براین، درگیرشدن در فعالیت بدنی و ورزش ممکن است منجربه تغییرات رفتاری مثبت و افزایش انضباط شخصی و بهبود عملکرد تحصیلی در ورزشکاران شود. همچنین مداخلات روان‌شناختی[5] مانند آموزش مهارت‌های روان‌شناختی، برای افزایش عملکرد ورزشی ورزشکاران جوان یافت شده است. با ترکیب این رویکردهای مختلف، ورزشکاران می‌توانند عملکرد خود را بهینه کنند و به اهداف خود برسند (۴).

باتوجه به آخرین دستورعمل بالینی وزارت امور کهنه‌سربازان و وزارت دفاع ایالات متحده (VA/DoD)[6]، ورزش تحت نظارت به‌عنوان روشی مطلوب و توصیه‌شده برای برنامه‌های درمانی محافظه‌کارانه، توسط محققان مدنظر قرار گرفته است (۵). شواهد پزشکی با اطمینان متوسط نشان داد، ورزش می‌تواند درمانی مؤثر برای بیماران درمقایسه با گروه‌هایی باشد که هیچ درمان، مراقبت معمول یا دارونما برای درد دریافت نمی‌کنند. همچنین مشخص شد، ازطریق تمرینات ثبات مرکزی یا تمرینات عمومی، نتایج درد و محدودیت‌های عملکردی بهبود یافته است (۶). به‌علاوه گزارش‌ها مشخص کرد تمرینات ثبات مرکزی، فعالیت عضلات عمقی شکم و کنترل وضعیتی را در بیماران بهبود می‌بخشد (۸،۷). درمقایسه با ورزش عمومی، تمرینات ثبات مرکزی در کاهش درد و بهبود عملکرد فیزیکی بیماران در کوتاه‌مدت مؤثرتر است (۹)؛ بااین‌حال، تمرینات ثبات مرکزی محدودیت‌هایی دارد. اثرات طولانی‌مدت تمرینات ثبات مرکزی بر بیماران هنوز بحث‌برانگیز است. هیچ تفاوت طولانی‌مدت درخورتوجهی در درد بین تمرینات ثبات مرکزی و ورزش عمومی مشاهده نشد (۱۰). اگرچه شواهد پزشکی زیادی برای این گزینه‌های درمانی وجود ندارد، مشخص نیست کدام برنامهٔ ورزشی دارای اثرات بهتر و طولانی‌تری در بیماران است (۱۲ـ۱۰،۷). لدرمن گزارش کرد، تمرینات ثبات مرکزی هیچ تأثیر بهتری درمقایسه با سایر اشکال درمان دستی یا فیزیوتراپی یا ورزش عمومی ندارد (۱۳)؛ بنابراین، شناسایی و رایج‌کردن برنامه‌ای آموزشی سازگار و مؤثر ضروری است (۱۷ـ۱۴).

ثبات ستون فقرات و لگن، جنبه‌ای مهم در شرایط و آسیب‌های مختلف است. در افراد مبتلا به افتادگی مفصل ران، آرتروز بیش‌ازحد لگن مشاهده می‌شود که تغییرات منفی در مشخصات ستون فقرات در سطح ساجیتال[7] و تغییرات دژنراتیو بالقوه در سنین کمتر را به‌دنبال دارد (۱۸). در مواقعی که مهارت‌های جراحی استاندارد و ایمپلنت امکان‌پذیر نیست، تثبیت خارجی دایره‌ای ستون فقرات و لگن به‌کمک تثبیت پیچ‌گذاری برای مدیریت ناهنجاری‌های شدید ستون فقرات استفاده شده است (۷). ثبات دینامیکی ستون فقرات لگن در طی دویدن بین گروه‌های ورزشی و غیرورزشی متفاوت است؛ درحالی‌که گروه‌های غیرورزشی حرکت محدودتر و بی‌تعادلی بیشتری را نشان می‌دهند. محققان بیان کردند که شکستگی‌های لومبو ـ ساکرال، اغلب با ترومای حلقهٔ لگن همراه می‌شود و نیازمند معاینهٔ بالینی دقیق و تصویربرداری سی‌تی‌اسکن برای تشخیص دقیق و مداخلهٔ جراحی است. ازسوی‌دیگر مشخص شد، دیسک کمری تحت‌تأثیر پارامترهای اسپینال لگنی ساژیتال قرار دارد (۱۹). کیلبر و همکاران دریافتند، ایجاد ثبات و حمایت در بدن، برای حرکت مناسب و جلوگیری از آسیب ضروری است. عضلات مرکزی نقش مهمی در ارائهٔ این ثبات و پشتیبانی دارند. آن‌ها نیروهای ضربه را توزیع می‌کنند، حرکات بدن کنترل‌شده را امکان‌پذیر می‌نمایند و تولید و انتقال انرژی را در حین حرکت امکان پذیر می‌کنند. تمرینات تقویت مرکزی در بهبود قدرت عضلات مرکزی، انعطاف‌پذیری، تعادل و استقامت مؤثر است. ثبات مرکز بدن برای حفظ تعادل بار مناسب در ستون فقرات و لگن و زنجیرهٔ جنبشی اهمیت دارد. همچنین برای شروع حرکات اندام عملکردی و بهبود عملکرد ورزشی ضروری است (۱۸). مهارت‌های تقویت مرکزی در پزشکی ورزشی برای افزایش عملکرد و جلوگیری از آسیب استفاده می‌شود. مطالعات ارتباط بین ثبات مرکزی و کاهش خطر آسیب را نشان داده است؛ بنابراین، ترکیب تمرینات تقویت مرکزی در برنامه‌های آموزشی می‌تواند به ایجاد ثبات و پشتیبانی در بدن کمک کند که منجربه بهبود عملکرد و کاهش خطر آسیب می‌شود (۸،۷). اعتقاد بر این است که حتی اگر اندام‌های فوقانی و تحتانی قوی باشند، اما عضلات مرکزی بدن ضعیف باشند، کاهش مجموع نیروهای عضلانی در عضلات مرکزی بدن باعث کاهش کلی تولید انرژی در قسمت فوقانی بدن و اندام تحتانی خواهد شد (۱۹). ضعف یا کاهش هماهنگی عضلات مرکزی بدن ممکن است سبب ایجاد الگوهای حرکتی غیرطبیعی، الگوهای حرکتی جبرانی یا انواع آسیب‌های ورزشی مانند آسیب‌های فشاری یا کار بیش‌ازحد شود. خستگی یکی از عواملی است که هماهنگی و عملکرد عضلانی را کاهش می‌دهد. باتوجه به اینکه عضلات مرکزی بدن برای ایجاد یک سطح حمایتی پایدار به‌منظور انجام حرکات مناسب بدن ضروری هستند، خستگی در عضلات امکان‌پذیر است.

آسیب‌های ورزشی می‌تواند ابعاد زمانی مختلفی داشته باشد؛ ازجمله زمان وقوع آسیب و روند توان‌بخشی بعدی. براساس گزارش‌های موجود، عموماً بیشتر آسیب‌های ورزشی در اواخر فعالیت‌های بدنی و مسابقات ورزشی رخ می‌دهد. این امر بیانگر آن است که خستگی، به‌ویژه در اواخر مسابقات، امکان دارد تأثیرات منفی و مخربی بر کنترل عصبی‌عضلانی داشته باشد و احتمال بروز راهبردهای حرکتی خطرناک و بیشترشدن احتمالی آسیب را افزایش دهد. همچنین تجربهٔ ذهنی

[1]. Core stability exercises (CSE)
[2]. Short term memory
[3]. Reaction time
[4]. Fatigue
[5]. Psychological interventions
[6]. Veterans Affairs and US Department of Defense (VA/DoD)
[7]. Sagittal plane

آسیب‌های ورزشی شامل یک بُعد زمانی است که باید فیزیوتراپیست‌های ورزشی و پزشکان مراقبت‌های بهداشتی در نظر بگیرند. ازسویی ازلحاظ وقوع آسیب، شواهدی نشان داد نوسانات در بار تمرین ممکن است خطر آسیب‌های ورزشی را صرف‌نظر از مقدار مطلق آموزش افزایش دهد. علاوه‌براین، آسیب‌های ناشی از استفادهٔ بیش‌ازحد در ورزشکاران جوان امکان دارد با تخصص تک‌ورزشی قبل از بلوغ همراه باشد که اهمیت استراحت و محدودکردن فرکانس تمرین را برجسته می‌کند. تحقیقات مشخص کرد، ازنظر روند آسیب‌دیدگی، آسیب‌های مربوط به ورزش در افراد ۳۵تا۵۴ساله افزایش یافته است؛ درحالی‌که برخی از ورزش‌ها روند افزایش یا کاهش درخورتوجهی را در فرکانس‌های آسیب نشان می‌دهند؛ به‌طورکلی، درک جنبه‌های زمانی آسیب‌های ورزشی برای پیشگیری و مدیریت و توان‌بخشی آسیب‌ها بسیار مهم است؛ زیرا نقش‌های مختلفی برای عضلات وجود دارد؛ ازجمله کاهش نیروهای شوکی، کاهش فشارهای خم‌کنندهٔ استخوان‌ها، افزایش استحکام مفاصل. اگر عضلات بتوانند وظایف خود را به‌خوبی انجام دهند، بدن را درمقابل آسیب‌ها و ناهنجاری‌های فیزیکی محافظت می‌کنند (۱۹).

شاروک و همکاران دریافتند، ثبات مرکزی با عملکرد ورزشی در ورزشکاران زن دانشگاهی ارتباط دارد؛ اگرچه بیشتر همبستگی‌ها ضعیف یا ناچیز است (۷). ازطرفی محققان بیان کردند، ثبات وضعیتی که ارتباط نزدیکی با ثبات مرکزی دارد، به‌عنوان جزئی مهم از عملکرد ورزشی شناخته شده است؛ بااین‌حال، رابطهٔ بین استقامت عضلات تنه و آزمون‌های عملکرد ورزشی نامشخص است. در مطالعه‌ای شامل ورزشکاران فوتبال و بسکتبال و شنا، رابطهٔ مثبت و کم بین آزمون‌های ثبات مرکزی و آزمون‌های عملکردی مانند پرش عمودی و پرتاب توپ پزشکی مشاهده شد. علاوه‌براین، ثبات مرکزی به‌طور متوسط ضعیف با عملکرد اندام تحتانی در ورزشکاران زن ارتباط داشت (۱۷ـ۱۴)؛ به‌طورکلی، درحالی‌که شواهدی از رابطهٔ بین ثبات مرکزی و عملکرد ورزشی وجود دارد، اجزای خاص ثبات مرکزی و تأثیر آن‌ها بر جنبه‌های مختلف عملکرد ممکن است بسته به ورزش و فرد متفاوت باشد.

خستگی یکی از عللی است که می‌تواند منجربه کاهش هماهنگی و اختلال در عملکرد عضلات شود و عضلات ناحیهٔ مرکزی بدن، با ایجاد سطحی پایدار برای اجرای حرکات هماهنگ اعضا، از اهمیت زیادی برخوردار هستند. خستگی در این گروه عضلانی، به‌احتمال زیاد، بر عملکرد افراد، به‌خصوص ورزشکاران تأثیر چشمگیری دارد. تغییرات در عملکرد عضلات ناشی‌از خستگی، سبب کاهش توانایی آن‌ها در ایجاد استحکام و درنتیجه، بروز ناهنجاری و آسیب می‌شود. خستگی بر پارامترهای راه‌رفتن مانند افزایش عرض گام برای بهبود تعادل و افزایش سرعت برخورد پاشنه، تأثیرگذار است. این عوامل به‌خودی‌خود بیانگر کاهش توانایی در حفظ تعادل پویا و افزایش خطر سقوط است؛ البته، خستگی و مقاومت دربرابر آن، عوامل خطرزای تعدیل‌پذیری است که با تغییر آن‌ها، امکان بهبود عملکرد اندام تحتانی وجود دارد. خستگی بین مردان و زنان متفاوت است. پژوهشی نشان داد، زنانی که پس از سکتهٔ مغزی به کار خود بازگشته‌اند، درمقایسه با مردان سطح بالاتری از خستگی را گزارش می‌دهند. این عامل خود می‌تواند بر میزان استقامت و قدرت ثبات مرکزی تأثیرگذار باشد (۷)؛ بااین‌حال، تفاوت‌های درخورتوجهی بین دو جنس در خستگی مرکزی و محیطی یا میزان توسعهٔ نیرو در اکستنسورهای زانو وجود نداشت. ازنظر تمرینات مقاومتی، زنان هنگام انجام تمرینات پرس نیمکت و پرس پا، خستگی بیشتری درمقایسه با مردان نشان دادند. در پژوهش نصر و لی مشخص شد، هنگام بررسی تأثیر دیابت نوع ۱ بر خستگی عصبی‌عضلانی، تفاوت‌های مربوط به جنس در کاهش قدرت و پیچیدگی نیرو وجود دارد؛ درحالی‌که زنان قدرت اولیهٔ کمتر و ازدست‌دادن قدرت بیشتری را درمقایسه با مردان بروز می‌دهند؛ علاوه‌براین، افراد مبتلا به دیابت نوع ۱، دارای افزایش فعالیت عصبی در مناطق حرکتی مکمل به‌هنگام خستگی هستند؛ این اثر در زنان مبتلا به دیابت نوع ۱ و مردان سالم مشاهده می‌شود (۱۰).

خستگی عضلانی اندام تحتانی ممکن است اثرات درخورتوجهی بر پارامترهای کینماتیکی راه‌رفتن داشته باشد. خستگی می‌تواند منجربه افزایش میل لغزش شود؛ همان‌طورکه با افزایش سرعت تماس پاشنه و ضریب اصطکاک لازم و کاهش شتاب انتقالی و اوج گشتاور مفصل زانو نشان داده شده است (۴). خستگی ناشی‌از پیاده‌روی طولانی‌مدت نیز بر پایداری راه‌رفتن تأثیرگذار است و سبب تغییر در فعالیت عضلات اندام تحتانی و توزیع فشار کف پا و خطر افتادن می‌شود. با درک بهتر از تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی در زنان و مردان، می‌توان بهبود عملکرد حرکتی را در هردو جنس ترویج داد. عملکرد بهتر در راه‌رفتن، به کاهش خطر آسیب‌ها و ناهنجاری‌های مربوط به تعادل و پایداری کمک می‌کند. این شناخت، در تدوین برنامه‌های تمرینی و توصیه‌های بهداشتی برای زنان و مردان مفید است؛ به‌طورکلی، نیاز است پژوهشی صورت گیرد تا درک بهتری از تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیکی راه‌رفتن در زنان و مردان ارائه دهد؛ بدین‌منظور، پژوهش حاضر باهدف مقایسه تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن بین زنان و مردان انجام شد.

۲ روش‌بررسی

روش پژوهش حاضر به‌دلیل اعمال خستگی از نوع مداخله‌ای (نیمه‌تجربی) بود. انتخاب آزمودنی‌ها از نوع هدفمند براساس معیارهای ورود و خروج صورت گرفت. در تحقیق حاضر اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر راه‌رفتن ازطریق طرح اندازه‌گیری مجدد (پیش‌آزمون، پس‌آزمون) در دو گروه آزمودنی شامل پانزده مرد و پانزده زن ورزشکار دانشگاهی بررسی شد. جامعهٔ آماری تحقیق حاضر را تمامی زنان و مردان جوان ۱۸تا۲۵سالهٔ دارای سه سال سابقهٔ ورزشی منظم تشکیل دادند که براساس فراخوان عمومی در دانشگاه‌های مشهد در سال تحصیلی ۱۴۰۲ـ۱۴۰۱ در آزمون شرکت کردند. باتوجه به معیارهای ورود و خروج، نمونه‌های این تحقیق پانزده زن و پانزده مرد داوطلب واجد شرایط بودند که از میان جامعهٔ آماری شناسایی شدند. سپس به‌طور هدفمند به‌عنوان آزمودنی‌های پژوهش انتخاب و وارد مطالعه شدند. حجم نمونه بااستفاده از نرم‌افزار جی‌پاور با اندازهٔ اثر ۰/۶ و خطای ۰/۰۵ و توان ۰/۹۵، سی نفر تخمین زده شد. معیار ورود

افراد به پژوهش، شاخص تودهٔ بدنی[1] بین ۲۰تا۲۵ بود. معیارهای خروج نیز تمایل‌نداشتن به ادامهٔ همکاری و غیبت در دو جلسهٔ متوالی و سه جلسه در کل دورهٔ تمرین بود.

ابتدا از یک پرسش‌نامه برای جمع‌آوری اطلاعات شخصی هر آزمودنی ازقبیل سن، قد، وزن، تعداد جلسات تمرین در هفته، سابقهٔ آسیب‌دیدگی و بیماری استفاده شد. سپس رضایت‌نامه به‌منظور کسب رضایت آزمودنی‌ها برای شرکت در تحقیق به‌کار رفت. اندازه‌گیری قد آزمودنی‌ها به‌کمک یک متر نواری انجام گرفت. از ترازوی دیجیتال به‌منظور اندازه‌گیری وزن آزمودنی‌ها و از دمبل پنج‌کیلوگرمی و توپ طبی دوکیلوگرمی به‌منظور انجام پروتکل خستگی استفاده شد. در تحقیق حاضر، دوربین نیکون مدل D-5100 با نرخ فریم ۶۰ هرتز با کیفیت فول‌اچ‌دی به‌کار رفت (شکل ۱). نرم‌افزار کینوا برای کمی‌کردن داده‌های فضایی‌زمانی استفاده شد.

برای اندازه‌گیری فاکتورهای راه‌رفتن شامل قدم[2] (سانتی‌متر)، گام[3] (سانتی‌متر)، زمان قدم[4] (ثانیه)، زمان گام[5] (ثانیه)، آهنگ و ریتم[6] (تعداد گام در دقیقه) و سرعت[7] (متر بر ثانیه) به دوربینی باکیفیت و سرعت فیلم‌برداری مناسب نیاز است. به‌منظور فیلم‌برداری حرکاتی مانند راه‌رفتن و شناکردن و از پله بالارفتن، نرخ فریم ۲۵تا۵۰ هرتز مناسب است (نرخ فریم تعیین‌کنندهٔ سرعت فیلم‌برداری است).

شکل ۱. دوربین نیکون مدل D-5100

به‌منظور راه‌رفتن، مسافت ۱۰ متر انتخاب شد. باتوجه به پهنای فیلم‌برداری، پایهٔ دوربین با فاصلهٔ ۷ متر از مسیر راه‌رفتن قرار گرفت. روی سر دیستال پنجمین استخوان کف‌پایی و قوزک خارجی مارکری نصب شد و ضبط فیلم راه‌رفتن افراد از نمای جانبی صورت گرفت. سپس فیلم به نرم‌افزار آنالیز حرکت کینوا نسخهٔ ۳ـ۹ـ۰ انتقال پیدا کرد و فاکتورهای فضایی‌زمانی راه‌رفتن در شش گام بااستفاده از آن اندازه‌گیری شد.

از پروتکل خستگی تعدیل‌شدهٔ ابت و همکاران، به‌منظور خسته‌کردن عضلات ثبات‌دهندهٔ مرکزی در تمامی صفحات حرکتی استفاده شد. اعتبار و توانایی این پروتکل در خسته‌کردن عضلات مرکزی ازطریق آزمون قدرت ایزوکینتیک عضلات تنه توسط ابت و همکاران به‌اثبات رسید (۱۴). حداقل زمان انجام پروتکل مذکور ۳۲ دقیقه و شامل چهار ست متوالی از هفت تمرین بود؛ به‌طوری‌که آزمودنی هر تمرین را بیست مرتبه در مدت چهل ثانیه (هر تکرار در دو ثانیه) انجام داد و بیست ثانیه بین هر دو تمرین مختلف استراحت کرد. هر آزمودنی در سه ست اول هر تمرین را بیست مرتبه در مدت چهل ثانیه اجرا کرد. سپس در ست چهارم برای مطمئن‌شدن از خستگی عضلات مرکزی از آزمودنی خواسته شد هر هفت تمرین را تا ناتوانی انجام دهد و یکی از دو معیار زیر برای تعریف خستگی عضلات مرکزی به‌کار رفت.

۱. زمانی که آزمودنی دیگر قادر نباشد در ست چهارم (ست آخر) تمرینات خسته‌کنندهٔ عضلات مرکزی را با فرم صحیح ادامه دهد.

۲. زمانی که آزمودنی دیگر قادر نباشد در ست چهارم (ست آخر) تمرینات خسته‌کنندهٔ عضلات مرکزی را با سرعت یک تکرار در دو ثانیه انجام دهد.

زمانی که یکی از دو معیار مذکور در هنگام انجام هریک از هفت تمرین خسته‌کنندهٔ عضلات مرکزی در ست چهارم (ست آخر) اتفاق افتاد، ادامهٔ انجام آن تمرین قطع شد و به آزمودنی بیست ثانیه استراحت داده شد. سپس آزمودنی تمرین بعدی را انجام داد تا دوباره یکی از معیارهای خستگی اتفاق بیفتد و مجدد آزمودنی بیست ثانیه استراحت کرد. این روند تا تمرین هفتم در ست چهارم ادامه یافت و بلافاصله (کمتر از ده ثانیه) بعد از مطمئن‌شدن از وقوع خستگی در تمرین هفتم، آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی از آزمودنی گرفته شد.

قبل از شروع فرایند ثبت داده‌ها، آزمودنی‌ها با راه‌رفتن و نرم دویدن و حرکات کششی ساده عمل گرم‌کردن را انجام دادند. نقطهٔ شروع راه‌رفتن براساس تلاش‌های تمرینی به‌گونه‌ای انتخاب شد که آزمودنی قبل از ورود به فضای کالیبره‌شده، توانست حداقل هشت گام بردارد. سه تلاش راه‌رفتن بدون‌کفش قبل و سه کوشش بعد از انجام پروتکل خستگی انجام گرفت. از آزمودنی خواسته شد مسافت دو متر را به طرفین و روبه‌رو نسبت به محل قرارگیری دوربین‌ها طی کند.

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS، ابتدا برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها، آزمون شاپیرو ـ ویلک به‌کار رفت. در ادامه برای بررسی مقایسهٔ درون‌گروهی از آزمون تی همبسته و برای مقایسهٔ برون‌گروهی از آزمون تی مستقل با سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

۳ یافته‌ها

بااستفاده از آزمون شاپیرو ـ ویلک نرمال‌بودن توزیع داده‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد، توزیع اغلب متغیرهای پژوهش نرمال بود (p>۰/۰۵). به‌منظور مقایسهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرها به‌تفکیک زنان و مردان از آزمون تی همبسته استفاده شد.

[1]. Body Mass Index (BMI)
[2]. Step
[3]. Stride
[4]. Step time
[5]. Stride Time
[6]. Cadence
[7]. Speed

جدول ۱. نتایج آزمون تی همبسته (مقایسهٔ درون‌گروهی متغیرها) به‌تفکیک دو گروه زنان و مردان

پارامترهای کینماتیک	مرحله	مردان				زنان			
		میانگین	انحراف استاندارد	t	مقدار p	میانگین	انحراف استاندارد	t	مقدار p
قدم (سانتی‌متر) (Step)	پیش‌آزمون	۷۵/۶۰	۶/۴۷	۱/۲۱	۰/۲۴۴	۶۹/۱۸	۶/۵۶	۰/۶۱	۰/۵۴۶
	پس‌آزمون	۷۲/۸۹	۶/۷۶			۶۷/۸۷	۱۱/۴۷		
گام (سانتی‌متر) (Stride)	پیش‌آزمون	۱۴۹/۲۸	۱۲/۸۷	۱/۳۰	۰/۲۱۴	۱۳۸/۳۵	۱۲/۳۷	۰/۶۷	۰/۵۱۱
	پس‌آزمون	۱۴۳/۴۸	۱۳/۷۵			۱۳۵/۶۶	۲۲/۸۶		
زمان قدم (ثانیه) (Step time)	پیش‌آزمون	۰/۵۷	۰/۰۴	۰/۷۳ـ	۰/۴۷۳	۰/۵۸	۰/۰۳	۰/۷۸ـ	۰/۴۴۵
	پس‌آزمون	۰/۵۸	۰/۰۷			۰/۵۸	۰/۰۳		
زمان گام (ثانیه) (Stride Time)	پیش‌آزمون	۱/۱۳	۰/۰۹	۱/۴۰ـ	۰/۱۸۱	۱/۱۳	۰/۰۷	۰/۲۹۷ـ	۰/۷۷۱
	پس‌آزمون	۱/۱۷	۰/۱۴			۱/۱۳	۰/۰۵		
آهنگ و ریتم (تعداد گام در دقیقه) (Cadence)	پیش‌آزمون	۱۰۶/۷۱	۸/۷۷	۱/۲۰	۰/۲۴۷	۱۰۶/۶۲	۷/۷۳	۰/۴۴	۰/۶۶۴
	پس‌آزمون	۱۰۴/۰۲	۱۲/۴۵			۱۰۵/۸۸	۵/۳۳		
سرعت (متر بر ثانیه) (Speed)	پیش‌آزمون	۱/۳۲	۰/۱۶	۱/۳۷	۰/۱۹۱	۱/۲۲	۰/۱۳	۰/۷۸	۰/۴۴۷
	پس‌آزمون	۱/۲۴	۰/۲۳			۱/۱۹	۰/۲۱		

در جدول ۱ نتایج آزمون تی همبسته آورده شده است. باتوجه به مقدار p برای هر متغیر، در بررسی تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن، بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون اختلاف معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۵). به‌منظور ارزیابی تفاوت معنادار متغیرهای مطالعه بین دو گروه زنان و مردان به‌تفکیک پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون تی مستقل استفاده شد.

جدول ۲. نتایج آزمون تی مستقل (مقایسهٔ بین‌گروهی) دو گروه زنان و مردان به‌تفکیک پیش‌آزمون و پس‌آزمون

پارامترهای کینماتیک	مرحله	Tمقدار	اختلاف میانگین	مقدار p
قدم (Step)	پیش‌آزمون	۲/۷۰	۶/۴۲	۰/۰۱۲
	پس‌آزمون	۱/۴۶	۵/۰۲	۰/۱۵۵
گام (Stride)	پیش‌آزمون	۲/۳۶	۱۰/۹۲	۰/۰۲۵
	پس‌آزمون	۱/۱۳	۷/۸۲	۰/۲۶۶
زمان قدم (Step time)	پیش‌آزمون	۰/۱۷ـ	۰	۰/۸۶۶ـ
	پس‌آزمون	۰	۰	۱
زمان گام (Stride Time)	پیش‌آزمون	۰/۰۴	۰	۰/۹۶۷
	پس‌آزمون	۰/۸۲	۰/۰۳	۰/۴۱۵
آهنگ و ریتم (Cadence)	پیش‌آزمون	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۹۸۰
	پس‌آزمون	۰/۵۳	۱/۸۵ـ	۰/۶۰۰
سرعت (Speed)	پیش‌آزمون	۱/۸۳	۰/۱	۰/۵۳۴
	پس‌آزمون	۰/۶۳	۰/۰۵	۰/۰۷۸

مطابق جدول ۲، با بررسی مقایسهٔ بین‌گروهی زنان و مردان، تنها در متغیرهای قدم (p=۰/۰۱۲) و گام (p=۰/۰۲۵) در پیش‌آزمون اختلاف معناداری وجود داشت؛ اما در سایر متغیرها در هردو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون اختلاف معناداری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

۴ بحث

پژوهش حاضر باهدف مقایسهٔ تأثیر خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن بین زنان و مردان انجام گرفت. متغیرهای بررسی‌شده به‌منزلهٔ پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن شامل قدم، گام، زمان قدم، زمان گام، آهنگ و ریتم و سرعت بود. مشخص شد، خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی می‌تواند تأثیر درخورتوجهی بر پارامترهای کینماتیک راه‌رفتن داشته باشد. عضلات ناحیهٔ مرکزی شامل عضلات پشت و شکم و عضلات محوری بدن، نقش بسیار مهمی در تعادل و پشتیبانی از بدن دارد. با افزایش خستگی عضلات ناحیهٔ مرکزی، تعادل

و کنترل حرکات بدن کاهش می‌یابد و ممکن است پارامترهای کینماتیکی راه‌رفتن تحت‌تأثیر قرار گیرد. زاهدنژاد و همکاران عنوان کردند، در راه‌رفتن در شرایط تکلیف منفرد، تفاوت معناداری بین دو گروه مردان و زنان گزارش نشده است (۲۰). ازسویی در پژوهشی مشخص شد، تفاوت معناداری بین دو گروه مرد و زن در میزان فعالیت عضلانی براساس شاخص مجذور میانگین ریشه در طی رخدادهای مختلف مرحلهٔ ایستایی وجود دارد؛ اما تأثیر سرعت بر قدرت عضلات تنفسی[1] مطالعه‌شده در دو گروه، معنادار نیست؛ همچنین ازنظر قدرت عضلات تنفسی، بین عضلات مختلف مطالعه‌شده در آزمون در طی سرعت آهسته و در هریک از دو گروه در طی رخدادهای مختلف مرحلهٔ ایستایی، تفاوت معناداری دیده می‌شود؛ اما در طی سرعت راحت، تفاوت معنادار نیست (۱۷).

باربری و همکاران بیان کردند، اثرات خستگی بر پارامترهای راه‌رفتن مانند عرض گام و سرعت گام، مستقل از سطح فعالیت بدنی و نوع راه‌رفتن است (۲۱). ازسوی‌دیگر کورتز و همکاران دریافتند، بین مردان و زنان ازنظر تغییرات خستگی ناشی‌از خستگی در ایستادن آرام و تعادل پویا تفاوت معناداری وجود ندارد (۲۲). در پژوهشی دیگر مشخص شد، ازنظر فعال‌سازی عضلات و تولید نیرو، عملاً هیچ تفاوتی بین مردان و زنان درحین و بعد از تمرینات پرس افقی پا مشاهده نمی‌شود (۷).

همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد، با بررسی مقایسهٔ بین‌گروهی زنان و مردان در متغیرهای قدم و گام در پیش‌آزمون اختلاف معناداری وجود دارد؛ اما در سایر متغیرها یعنی زمان قدم، زمان گام، آهنگ و ریتم و سرعت در هردو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود. در پژوهشی زنان و مردان ازنظر راه‌رفتن و قدم‌برداشتن مطالعه شدند. تحقیقات مشخص کرد، تفاوت‌های جنسی محدود، متناقض یا مبهم در الگوهای راه‌رفتن وجود دارد. داده‌های فضایی‌زمانی و سینماتیکی سه‌دههٔ گذشته نشان داد، سرعت راه‌رفتن با افزایش سن کاهش می‌یابد و این کاهش در زنان بیشتر از مردان است (۷). طول گام وابسته به قد است و هنگامی که با قد مطابقت داده شود، زنان امکان دارد با سرعت ترجیح داده‌شده کمی سریع‌تر از مردان راه بروند. ازطرفی پژوهشگران عنوان کردند، تغییرات مربوط به سن در الگوهای راه‌رفتن مشاهده می‌شود؛ سرعت بالا و طول گام در مردان بیشتر است؛ درحالی‌که سرعت کم و فرکانس گام و زمان قدم‌برداشتن در زنان بیشتر است (۱۸). تغییرات مربوط به سن در شدت پیاده‌روی سریع زنان بارزتر است. تفاوت‌های جنسیتی در عوامل مؤثر بر سرعت راه‌رفتن و تغییرات چرخهٔ راه‌رفتن مشاهده می‌شود. قدرت تنظیم عضلهٔ چهارسر ران با سرعت راه‌رفتن در مردان و زنان ارتباط دارد؛ درحالی‌که قدرت عضلات فلکشن و ابداکشن ران با سرعت راه‌رفتن و تغییر چرخهٔ راه‌رفتن در زنان مسن مرتبط است. تحقیقات نشان داد، زنان درمقایسه با مردان کنترل بهتری بر تعادل ایستاده و برخی از توانایی‌های حسی‌حرکتی دارند؛ درنتیجه تعادل و طول گام و آهنگ با پارامترهای کیفیت راه‌رفتن مخصوص جنسیت مرتبط است (۳).

بررسی اختلاف معنادار بین زنان و مردان در متغیرهای قدم و گام در پیش‌آزمون می‌تواند تفاوت‌های جنسیتی در پارامترهای کینماتیکی را مشخص کند. این تفاوت‌ها ممکن است به‌دلیل تفاوت‌های بیولوژیک، فیزیولوژیک، آموزشی و رفتاری بین زنان و مردان باشد؛ اما این نتایج نشان نداد که تفاوت‌های معناداری در سایر پارامترهای کینماتیکی مشاهده نشده است؛ برای مثال، در متغیرهای زمان قدم، زمان گام، آهنگ و ریتم و سرعت، ممکن است تفاوت‌هایی بین زنان و مردان وجود داشته باشد؛ اما این تفاوت‌ها به‌دلایل شرایط آزمایشگاهی یا نوع آزمون، مشهود نبود. می‌توان اختلاف بین قدم و گام را ناشی‌از توزیع فشار کف پا در زنان و مردان دانست. صفایی‌پور و همکاران با بررسی توزیع فشار کف دریافتند، در افراد بزرگسال سالم هنگام ایستادن و راه‌رفتن، تفاوت‌های زیادی بین نحوهٔ توزیع و میزان فشار کف پای زنان و مردان وجود دارد که باید در مواقع مختلف ازجمله طراحی کفش و روندهای درمانی و توان‌بخشی مدنظر قرار گیرد (۲۳).

۵ نتیجه‌گیری

درحالی‌که امکان دارد تفاوت‌هایی در اثرات خستگی بر پارامترهای کینماتیکی بین زنان و مردان مشاهده شود، نتیجهٔ کلی نشان داد، تأثیر خستگی بر عملکرد راه‌رفتن ممکن است بین دو جنس تفاوت معناداری نداشته باشد. ازآنجاکه پارامترهای قدم، گام، زمان قدم، زمان گام، آهنگ و ریتم در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون ثابت بود، باید توجه داشت این نتیجه فقط برای آیتم‌های بررسی‌شده در آزمون، صحیح است و امکان دارد در شرایط دیگری نتایج متفاوتی به‌دست آید. درنهایت پیشنهاد می‌شود، برای پژوهش‌های آتی از جامعهٔ آماری در شرایط و سنین متفاوت استفاده شود.

۶ بیانیه‌ها

تأییدیهٔ اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان

تأییدیهٔ کد اخلاق SSRI.REC-2301-2054 از پژوهشکدهٔ تربیت‌بدنی دریافت شد. پیش از اجرای مطالعه، شرح تمامی روند تحقیق به‌طور کامل صورت گرفت و تضمین داده شد، تمامی اطلاعات شخصی نزد محققان محفوظ می‌ماند؛ همچنین در طول روند تحقیق، در هرزمان شرکت‌کنندگان مختار بودند با اختیار کامل از ادامهٔ تحقیق امتناع ورزند. درنهایت نتایج تحقیق به‌طور کامل در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت.

رضایت برای انتشار

این امر غیرقابل اجرا است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند، هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارند.

منافع مالی

این مطالعه بدون‌حمایت مالی ارگان یا نهاد خاصی انجام شد.

[1]. Respiratory muscle strength

References

1. Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated "core stability" training on athletic performance measures: a systematic review. Sports Med. 2012;42(8):697–706. https://doi.org/10.2165/11633450-000000000-00000
2. Bonnar D, Bartel K, Kakoschke N, Lang C. Sleep interventions designed to improve athletic performance and recovery: a systematic review of current approaches. Sports Med. 2018;48(3):683–703. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0832-x
3. Domingos C, Alves CP, Sousa E, Rosa A, Pereira JG. Does neurofeedback training improve performance in athletes? NeuroRegulation. 2020;7(1):8–17. https://doi.org/10.15540/nr.7.1.8
4. Kurtsev BV,Gorodiskij BV, Jorgos P, inventors. Means of imforving performance of athletes [Internet]. Russia Patent RU 2664424 C1. 2018 [cited Nov 2024]. [Russian] Available from: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37378739
5. Vos T, Allen C, Arora M, Barber RM, Bhutta ZA, Brown A, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. The Lancet. 2016;388(10053):1545–602. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)31678-6
6. Mohseni M, Imani F. The emerging burden of low back pain in the Iranian population: a warning about resource limitations. Interv Pain Med Neuromod. 2023;3(1): e136055. https://doi.org/10.5812/ipmn-136055
7. Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? International Journal of Sports Physical Therapy. 2011;6(2):63–74.
8. Cissik JM. The role of core training in athletic performance, injury prevention, and injury treatment. Strength & Conditioning Journal. 2011;33(1):10–5. http://dx.doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182076ac3
9. Borghuis J, Hof AL, Lemmink KAPM. The importance of sensory–motor control in providing core stability. Sports Med. 2008;38(11):893–916. https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002
10. Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. J Strength Cond Res. 2008;22(6):1750. https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181874564
11. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. J Strength Cond Res. 2011;25(1):252–61. https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b22b3e
12. Clayton MA, Trudo CE, Laubach LL, Linderman JK, Marco GM, Barr S. Relationships between isokinetic core strength and field based athletic performance tests in male collegiate baseball players. Journal of Exercise Physiology Online. 2011;14(5):20–30.
13. Lederman E. The myth of core stability. J Bodyw Mov Ther. 2010;14(1):84–98. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.001
14. Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. J Strength Cond Res. 2007;21(4):1300–4. https://doi.org/10.1519/r-21846.1
15. McMullen KL, Cosby NL, Hertel J, Ingersoll CD, Hart JM. Lower extremity neuromuscular control immediately after fatiguing hip-abduction exercise. J Athl Train. 2011;46(6):607–14. https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.6.607
16. Vuillerme N, Anziani B, Rougier P. Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. Clin Biomech (Bristol). 2007;22(5):489–94. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.01.007
17. Surenkok O, Kin–Isler A, Aytar A, Gültekin Z. Effect of trunk–muscle fatigue and lactic acid accumulation on balance in healthy subjects. J Sport Rehabil. 2008;17(4):380–6. https://doi.org/10.1123/jsr.17.4.380
18. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. Sports Med. 2006;36(3):189–98. https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001
19. Tse MA, McManus AM, Masters RSW. Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. J Strength Cond Res. 2005;19(3):547–52. https://doi.org/10.1519/15424.1
20. Zahednejad S, Javadpour S, Motealleh A, Salehi R. A comparison of the gait harmonic ratio between faller and non–faller Iranian older adults, under single-task and dual–task conditions. Sadra Medical Journal. 2021;9(2):161–72. [Persian] https://doi.org/10.30476/smsj.2021.90245.1223
21. Barbieri FA, dos Santos PC, Vitório R, van Dieën JH, Gobbi LT. Effect of muscle fatigue and physical activity level in motor control of the gait of young adults. Gait Posture. 2013;38(4):702-7. https://doi.org.10.1016/j.gaitpost.2013.03.006
22. Cortes N, Onate J, Morrison S. Differential effects of fatigue on movement variability. Gait Posture. 2014;39(3):888-93. https://doi.org.10.1016/j.gaitpost.2013.11.020
23. Safaei-Pour Z, Ebrahimi E, Saeedi H, Kamali M. Invesigation of dynamic plantar pressure distribution in healthy adults during standing and walking. Archives of Rehabilitation. 2009;10(2):1-8. [Persian] http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-325-fa.html