The Effect of Local Fatigue in Core Stability Muscles on Selected Biomechanical Variables of Upper Limb in Professional Women Rowers

Soraya Abyar[1], Ali Fatahi[1*], Razieh Yousefian Molla[2]

[1] Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[2] Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad university Karaj Branch, Karaj, Iran.

Received: 16 January 2023; Accepted: 10 February 2023

Abstract

Since the fatigue caused by the repetition of the movements of sports skills has caused a disturbance in the amount of force production and the speed of muscle shortening, the purpose of this research is to investigate the effect of a local fatigue of the central stabilizing muscles on selected biomechanical variables of the upper limbs of professional rowing women. Was. 20 professional Dragon Boat rowers (age: 20.5±1.8 years, height: 1.65±0.07 m, body mass: 65.70±6.5 kg) as subjects voluntarily as subjects participated in the present study. Five biomechanical-functional parameters including stability of the upper limb, balance, endurance, strength and functional flexibility of the upper limb were measured in these subjects at the beginning of the research as a pre-test. Then, a moderated fatigue protocol was applied including seven movements focusing on the central stabilizing muscles of the subjects' body and trunk, and then and again, all of them were performed under post-tests. were placed At the end, paired t-test was used to compare the pre-test and post-test stages. The results showed that there was a significant increase or decrease in the variables of joint stability, strength, and endurance, and a significant increase was observed in the flexibility variable between the pre-test and post-test. There was no significant difference between the pre-test and post-test in the balance variable ($p < 0.05$). It is recommended that coaches and professional rowing athletes, taking into account the importance of central stability exercises and taking into account the effect of fatigue of these muscles, have a suitable plan based on this in dealing with the occurrence of fatigue and postponing it Biomechanics move, prepare better and perform exercises that improve the endurance of the central muscles and increase their ability to deal with fatigue.

Key words: Fatigue, Core Stability, Rowing, Dragon Boat, Biomechanics

20.1001.1.27834603.1401.2.2.12.2

***Corresponding author:** Department of sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **Email:** ali.fatahi@iauctb.ac.ir

تاثیر خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اندام فوقانی زنان قایقران حرفه ای

ثریا آبیار[۱]، علی فتاحی [۱*]، راضیه یوسفیان ملا[۲]

[۱] گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

[۲] گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۱

چکیده

خستگی ناشی از تکرار حرکات ورزشی، موجب اختلال در میزان تولید نیرو و سرعت کوتاه شدن عضله می‌شود که در نتیجه عملکرد ورزشی نیز تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اندام فوقانی زنان قایقران حرفه ای بود. ۲۰ قایقران حرفه ای دراگون بوت (سن: ۲۰/۵±۱/۸ سال، قد: ۰۷/ ±۰ ۱/۶۵ متر، توده جرم بدنی: ۶/۵± ۶۵/۷۰ کیلوگرم) به عنوان آزمودنی بصورت داوطلبانهدر پژوهش حاضر شرکت نمودند. پنج پارامتر بیومکانیکی-عملکردی شامل ثبات اندام فوقانی، تعادل، استقامت، قدرت و انعطاف پذیری عملکردی اندام فوقانی در پیش آزمون اندازه گیری شد. سپس یک وهله پروتکل خستگی تعدیل شده شامل هفت حرکت با تمرکز بر عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن و تنه آزمودنی ها اعمال شد و سپس پس آزمون اجرا شد. از آزمون کولموگروف برای سنجش نرمال بودن توزیع داده ها و از آزمون تی زوجی جهت مقایسه دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون استفاده گردید. نتایج نشان دادند که در متغیرهای ثبات مفصلی، قدرت، استقامت کاهش معنادار و در متغیر انعطاف پذیری افزایش معنادار بین پیش آزمون و پس آزمون مشاهده شد. تفاوت معناداری میان پیش آزمون و پس آزمون در متغیر تعادل مشاهده نشد ($p < ۰/۰۵$). توصیه می‌شود تا مربیان و ورزشکاران سطح حرفه‌ای رشته‌ی قایقرانی، با در نظر گرفتن اهمیت تمرینات ثبات مرکزی و در نظر گرفتن تاثیر خستگی این عضلات، برنامه ریزی مناسبی را بر این اساس در مقابله با بروز خستگی و به تعویق انداختن آن داشته باشند

کلمات کلیدی: خستگی، ثبات مرکزی، قایقرانی، دراگون بوت، بیومکانیک.

20.1001.1.27834603.1401.2.2.12.2

[*] **نویسنده مسئول:** گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران. **ایمیل:** ali.fatahi@iauctb.ac.ir

مقدمه

قایقرانی فعالیتی است با حرکات تکراری زیاد که در آن تقریباً در هر دقیقه ۷۰ ضربه پارو وجود دارد که این عمل باعث افزایش حجم و شدت تمرینات و خطر بروز آسیب دیدگی درقایقرانان می‌شود (۱). یکی از حرکات تکراری که قایقرانان انجام می دهند، حرکت چرخشی تنه حول محور ستون فقرات در هنگام پارو زدن است، این حرکت در موقعیت نشسته در قایق انجام می شود و بدون داشتن یک بالا تنه قوی که بتواند نیروها را در سراسر بدن توزیع کند و در عین حال از کمر محافظت نماید، به ایجاد ضعف در ستون فقرات و آسیب دیدگی در قایقران منجر می شود (۲). دراگون بت از رشته های ورزشی زیر مجموعه قایقرانی، ورزشی با فعالیت جسمانی بالا به خصوص در عضلات تنه و بالاتنه، همراه با هماهنگی و توازن در پاروزنی تیمی است (۳) و بنابراین در این مسیر تکنیک برتر و قدرت بیشتر به پاروزنان حرفه‌ای کمک می‌کند تا بازده پاروزنی بیشتری داشته باشند (۴).

ثبات مرکزی توانایی عصبی – عضلانی کمپلکس کمری -لگنی -رانی برای کنترل نیروهای اعمالی به بدن، جلوگیری از بی ثباتی ستون فقرات و بازگشت به تعادل پس از اعمال یک اغتشاش در افراد ورزشکار و غیر ورزشکار شناخته می‌شود (۵). به بیان دیگر، عملکرد اندام ها وابسته به ثبات مناسب تنه بوده (۶) و ناکارآمدی در ناحیه مرکزی بدن ممکن است بر اجرای فردی ورزشکار تأثیر گذاشته و وقوع آسیب ها را تسهیل نماید (۷). همچنین نقص در فعالسازی ساختار عضلانی تنه، ممکن است منجر به اجرای عملکرد ورزشی ضعیف مخصوصا در قایقرانان شود و همچنین آنها را در معرض خطر آسیب به بخش انتهایی هر حرکت قرار دهد (۷, ۸). از دیدگاه بیومکانیکی اعتقاد بر این است که ثبات مرکزی مطلوب باعث انتقال کامل نیروی تولید شده در بدن به اندام های فوقانی و تحتانی می‌شود (۹, ۱۰) و عضلات مرکزی ضعیف سبب ایجاد وقفه در انتقال انرژی شده که این امر منجر به کاهش عملکرد ورزشی و افزایش احتمال آسیب می‌گردد. در حقیقت، ناحیه مرکزی بدن به عنوان یک رابط با انتقال مؤثر نیروهای تولید شده در اندام تحتانی به اندام فوقانی از طریق تنه، به اجرای ورزشی کمک می‌کند (۱۱). شواهد کنونی نیز بیان می‌کنند که کاهش پایداری ناحیه مرکزی بدن می‌تواند زمینه را برای آسیب مهیا و مستعد سازد و در مقابل، تمرین مناسب می‌تواند باعث کاهش آسیب شود (۱۱, ۱۲).

در تمامی فعالیت های ورزشی، از جمله دراگون بوت و قایقرانی در اواخر زمان تمرین و مسابقه، ورزشکار وارد فاز خستگی می‌شود. مستند است که خستگی، موجب اختلال در میزان تولید نیرو و سرعت کوتاه شدن عضله شده (۱۳) و تعدیل آن با متغیرهایی از جمله سن، آسیب، نوع و سطح فعالیت بدنی مرتبط است (۱۴). با توجه به اینکه عضلات مرکزی بدن، جهت ایجاد یک سطح اتکای باثبات برای انجام حرکات متناسب اندام ها ضروری هستند (۱۵)، خستگی این عضلات ممکن است بر عملکرد افراد و به خصوص قایقرانان دراگون بوت تاثیر نامطلوب داشته باشد. در همین راستا، کاهش تعادل و کنترل پاسچرال ناشی از خستگی عضلات مرکزی بدن در تعدادی از مطالعات قبلی مشاهده شده است (۱۶). فوجیتا و همکاران (۲۰۱۹) (۱۷) در مطالعه ای نشان دادند که قدرت عضلات شکم به طور قابل توجهی با بهبود عملکرد اندام فوقانی ارتباط دارد. همچنین کانیک و همکاران (۲۰۱۷) (۱۸) مشاهده کردند که در ورزشکاران، با افزایش استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن، استقامت عضله کتف افزایش می‌یابد و این امر نشان دهنده ضرورت بهبود استقامت عضلات کتف و عضلات ثبات دهنده در ورزشکاران، جهت عملکرد بهتر و پیشگیری از آسیب ها است (۱۱). از سویی دیگر باباخانی و همکاران (۱۳۹۴) (۱۹) به بررسی تأثیر خستگی عضلات مرکزی بدن بر تعادل و استقامت زنان ورزشکار پرداختند و یافته های آن ها نشان داد که پروتکل خستگی عضلات مرکزی بدن موجب کاهش معنی داری با اندازه اثری بزرگ در نمرات آزمون های تعادل ایستا، پویا و استقامت آزمودنی ها می‌شود. اما برخی مطالعات متناقض نیز نشان داده اند که ارتباط مستقیمی بین ثبات مرکزی بدن با عملکرد ورزشکاران وجود ندارد و در نتیجه به طور قطعی نمی‌توان به ارتباط یا عدم ارتباط خستگی عضلات مرکزی در عملکرد ورزشی

پی نبرده اند (۲۰) از سویی نیز تاکنون ارتباط ثبات مرکزی بدن با عملکرد ورزشی در قایقرانی و رشته دراگون بوت در زمان خستگی عضلات مرکزی بدن به خصوص در اندام فوقانی مورد ارزیابی قرار نگرفته است، از آن جا که نقش خستگی عضلات مرکزی بدن بر عملکرد اندام فوقانی در بررسی تأثیر ثبات مرکزی بدن در عملکرد اندام فوقانی ورزشکاران قایقرانی دراگون بوت حائز اهمیت است (۲۰-۲۳)، هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر یک وهله خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اندام فوقانی زنان قایقران حرفه ای است بود.

روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع کاربردی با طرح پیش آزمون – پس آزمون و علی – مقایسه‌ای در نظر گرفته شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل قایقرانان حرفه‌ای دراگون بت استان تهران است که از بین آنها، ۲۰ قایقران حرفه ای (با میانگین و انحراف استاندارد سن: ۱/۸±۲۰/۵ سال، قد: ۰۷/ ±۰ ۶۵/ ۱ متر، توده جرم بدنی: ۶/۵± ۶۵/۷۰ کیلوگرم) به عنوان آزمودنی بصورت داوطلبانه، با روش نمونه گیری در دسترس در این پژوهش شرکت نمودند. تمامی آزمودنی ها جهت ورود به پژوهش دارای حداقل ۳ سال سابقه شرکت در تمرینات اختصاصی قایقرانی بوده و در آزمون انتخابی تیم ملی سال ۱۳۹۸شرکت داشتند. آزمودنی ها در صورت وجود هرگونه نقص اسکلتی- عضلانی یا عصبی و سابقه جراحی تاثیرگذار بر روند مداخله و ارزیابی آنان در این پژوهش از مطالعه حذف شدند. پیش از اجرای پژوهش تمامی شرکت کننده ها از جزئیات کامل مراحل پژوهش حاضر اطلاع یافتند و فرم رضایتنامه شرکت در پژوهش را امضا نمودند. مراحل اجرا و ارزیابی آزمودنی ها نیز توسط کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRI.REC.1400.1357 مورد تایید قرار گرفت.

تصویر ۱. آزمون ثبات اندام فوقانی در زنجیره حرکتی بسته (**CKCUEST**)

در پژوهش حاضر، پارامترهای منتخب بیومکانیکی (ثبات، تعادل، استقامت، قدرت، انعطاف پذیری) از آزمودنی ها در دو مرحله، به صورت پیش آزمون و پس آزمون (به دنبال ایجاد خستگی در ناحیه ثبات مرکزی بدن)، مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور، در ابتدا با حضور هر کدام از آزمودنی ها در محل تمرین و ارزیابی، پس از استراحت کافی و اطمینان از عدم وجود هرگونه خستگی در آن ها، توسط یک مربی خبره، آگاه به فرآیند اجرا و نظارت بر آزمون های میدانی، به عنوان پیش آزمون، پنج آزمون بیومکانیکی-عملکردی شامل آزمون ثبات اندام فوقانی در زنجیره حرکتی بسته (CKCUEST) (۲۴) (تصویر ۱)، آزمون تعادل Y اصلاح شده برای اندام فوقانی (UQ-YBT) (۲۵, ۲۶) (تصویر ۲)، آزمون شنای سوئدی (۳)، آزمون قدرت

بیشینه (با استفاده از دستگاه قایقی) (۲۷) و آزمون بالا آوردن دست ها (۲۸) به ترتیب جهت ارزیابی ثبات، تعادل، استقامت، قدرت و انعطاف پذیری عملکردی اندام فوقانی آنان مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون ثبات اندام فوقانی در زنجیره حرکتی بستهCKCUES

این آزمون توسط گولد بک و دیویس و با ایجاد تغییراتی در حالت شروع آن، اجراشده است. دو قطعه نوار بافاصله‌ی ۳۶ اینچ از هم و موازی باهم قرار داده می‌شوند. شرکت‌کنندگان برای انجام حرکت کشش به سمت بالا با دستانی باز تقریباً به‌اندازه‌ی عرض شانه بین دو قطعه نوار برای یکسان‌سازی تفاوت بین عرض شانه و طول بازو، تعلیم می‌بینند. این شرکت‌کنندگان برای آنکه بتوانند هرقدر که ممکن است در ۱۵ ثانیه با استفاده از یک الگوی متناوب هم به آن‌سوی بدن خود دست بزنند و هم آن طرف دیگر نوار را لمس کنند، مورد تعلیم قرار می‌گیرند. این آزمون سنجش پایداری قفسه سینه فوقانی با اصطکاک بسته بر اساس ترکیبی از تعداد کل تماس‌های موفق در دو طرف بدن، امتیازدهی می‌شود (۲۴).

آزمون تعادل وای اندام فوقانیUQ- YBT

برای ارزیابی عملکرد UQ- YBT از روش شبیه‌سازی محقق ساخته دستگاه تعادلی Yاستفاده شد که پلیسکی (۲۰۰۹) آن را ساخته است .در یک تحقیق آزمایشی، ضریب همبستگی درون¬گروهی بالینی (icc=0/84) برای اندازه‌گیری عملکرد اندام فوقانی مشاهده شد. این دستگاه شامل صفحه ثابتی است که سه میله در سه جهت داخلی، تحتانی خارجی و فوقانی خارجی با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر به آن متصل شده است. روی هر میله برحسب سانتیمتر علامت‌گذاری شده و نشانگر متحرکی روی هر میله مدرج وجود دارد که دست‌آزاد آزمودنی آن را تا حداکثر مسافت دستیابی جابه‌جا می‌کند به‌طوری‌که ابتدا آزمودنی برای اتکا، دست غیر برترش را روی صفحه ثابت میگذارد و در وضعیت شنا سوئدی قرار می‌گیرد. سپس دست برترش را برای حداکثر مسافت دستیابی در جهت داخلی، بلافاصله در جهت تحتانی -خارجی و سپس در جهت فوقانی - خارجی حرکت می‌دهد .سپس به وضعیت اولیه آزمون برمی‌گردد که در این تحقیق جهت‌ها با استفاده از چسب کاغذی بر روی زمین با تعیین دقیق میزان فاصله به سانتی‌متر و با فاصله دقیق شبیه‌سازی خواهدشد و مورد استفاده قرار خواهدگرفت. حداکثر مسافت دستیابی از روی میله مدرج در لبه نشانگر، خوانده شده و ثبت می‌شود. در این حالت حداکثر فاصله دو پا از یکدیگر ۳۰ سانتیمتر می‌باشد. این آزمون برای هر دودست سه بار تکرار خواهد شد و میانگین سه اجرا در هر جهت برای تجزیه‌وتحلیل استفاده می‌شود و برای جلوگیری از خستگی، بین هر تلاش دو دقیقه استراحت داده می‌شود. طول اندام فوقانی افراد بر فاصله دستیابی آنها اثرگذار است؛ ازاین‌رو نمره‌های خام تعادل بر اساس طول اندام فوقانی آزمودنی‌ها نرمال شد. برای ثبت طول اندام فوقانی، فاصله بین زائده خاری مهره هفتم تا انتهای انگشت میانی، در حالتی که شانه‌ها در ابداکشن ۹۰ درجه، آرنج‌ها، مچ دست و انگشتان بازشده بودند، اندازه‌گیری شد. خطاهای آزمون که در اثر آنها آزمون تکرار می‌شد، شامل موارد زیر بود: ۱-آزمودنی نتواند ثبات خود را روی صفحه ثابت حفظ کند (برای مثال با دست آزاد زمین را لمس کند یا دست اتکا از صفحه ثابت جدا شود)-۲ دست‌آزاد از نشانگر روی میله‌ها جدا شود، درحالیکه نشانگر هنوز در حال حرکت است (پرتاب کردن نشانگر)؛ -۳ استفاده از نشانگر برای حفظ وضعیت ثبات (دست یا انگشتانش را روی نشانگر قرار دهد)؛-۴ نتواند دست آزاد را به وضعیت شروع برگرداند؛ -۵ بلند کردن پاها از زمین .در صورت انجام دادن خطا، آزمون متوقف شده و دوباره آزمون اجرا می شد. فاصله دستیابی بر طول اندام فوقانی برحسب سانتیمتر تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد و به منزله درصدی از طول اندام فوقانی محاسبه شد (۲۶و۲۵). در YBT علاوه بر در نظر گرفتن هر سه جهت به‌صورت مجزا، یک نمره کلی برای تعادل پویا از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{نمره کلی} = \frac{\text{داخلی + تحتانی خارجی + فوقانی خارجی}}{\text{طول اندام.۳}}$$

آزمون شنای سوئدی

برای شروع حرکت باید آزمودنی روی دست‌ها و پنجه پاهایش قرار بگیرد برای اجرای حرکت باید درحالیکه آرنج خود را خم می‌کند، سینه را به زمین نزدیک کند و هنگامی که نزدیک زمین رسید مجدداً باراست کردن آرنج به طرف بالا بیاید (۳).

قدرت بیشینه

استفاده از دستگاه قایقی برای تعیین میزان قدرت بیشینه بر حسب کیلوگرم.

روش اجرا

ابتدا مقدار بیشترین وزنه ای را که در تمرینات خود تا ۱۰ مرتبه تکرار می‌زدند از آنها پرسیده می‌شود، سپس برای تعیین یک تکرار بیشینه یا (1 RM) از روش فرمولی [(تعداد تکرارها ×۰/۰۲۷۸– (۰۲۷۸ /۱]/ مقدار وزنه ۱ = RM استفاده می‌شود. بعد از تشخیص بالاترین وزنه، بعد از اعلام امادگی حرکت کشش پارویی را انجام و وزنه مورد نظر به منظور میزان قدرت بیشینهٔ قایقران در فرم مربوطه ثبت شد (۲۷).

انعطاف‌پذیری

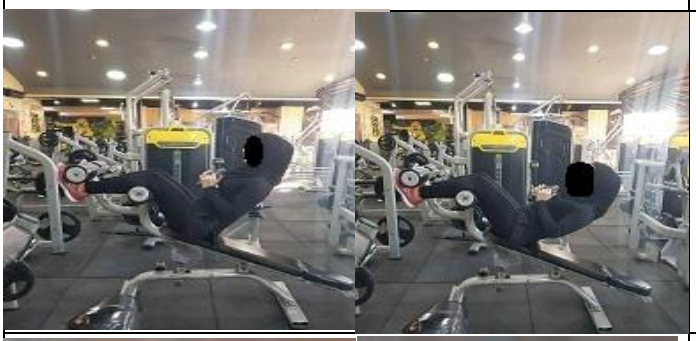
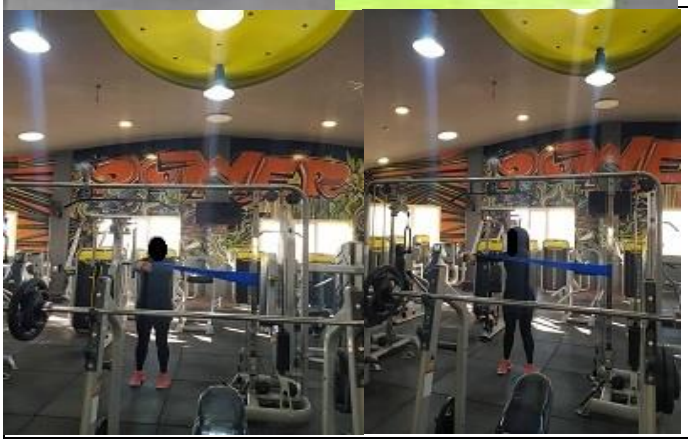
آزمون بالا آوردن دست‌ها: روایی و پایایی این آزمون مطلوب گزارش شده است. نحوه اجرای آزمون: وضعیت خوابیده به شکم، چانه چسبیده به زمین و فاصله دو دست به اندازه عرض شانه و تا حد ممکن کشیده است. فرد یک خط کش را در بین دو دست نگه داشته و آن را تا حد ممکن بالا آورده و چند ثانیه نگه می دارد تا فاصله آن از زمین اندازه‌گیری شود. این آزمون سه مرتبه و با استراحت یک دقیقه ای بین هر تکرار انجام و بیشترین رکورد فرد ثبت می‌گردد. خطاهای آزمون: ۱. بلند شدن چانه، ۲. بلند شدن پاها از زمین (۲۸).

تصویر ۲. آزمون تعادل وای اندام فوقانی (UQ- YBT)

پس از پایان فرآیند پیش آزمون به منظور رفع تاثیر خستگی ناشی از اجرای آزمون ها، به آزمودنی ها یک ساعتزمان داده شد تا برای ورود به پروتکل خستگی آماده شوند. در مرحله بعد، یک وهله پروتکل خستگی تعدیل شده مطابق با پروتکل تایید شده توسط ابت و همکاران (۲۹) به عضلات ثبات مرکزی و تنه آزمودنی های حاضر در پژوهش در نظر گرفته شد. طبق این پروتکل با زمان حداقل ۳۲ دقیقه، هر آزمودنی دست کم چهار ست پشت سر هم از هفت تمرینات ذیل را به تعداد ۲۰ مرتبه در مدت۴۰ ثانیه و هر تکرار را در دو ثانیه همراه با ۲۰ ثانیه استراحت بین هر دو تمرین بر اساس جدول ۱ انجام دادند. معیار تعیین خستگی در افراد مورد آزمون نیز زمانی تعیین شد که آزمودنی، دیگر قادر نبود ست آخر تمرینات فوق را به شیوه ی صحیحی ادامه دهد و یا زمانی که قادر نباشد در ست آخر تمرینات را با سرعت یک تکرار در دو ثانیه تکمیل نماید (۲۹). در مرحله آخر از پروتکل، پس از تایید خستگی در ورزشکاران توسط آزمون گیرنده، مجددا تمامی آزمودنی ها به شیوه ی کاملا مشابه با روش پیش آزمون، مورد ارزیابی پس آزمون قرار گرفتند و عدد مربوط به هر کدام از متغیرهای بیومکانیکی آنان ثبت شد.

جدول ۱ تمرینات انجام شده در پروتکل خستگی موضعی عضلات میان تنه (۲۹)

۱	چرخش تنه در حالت نشسته با توپ طبی دو کیلوگرمی	
۲	باز کردن تنه در حالت خوابیده به شکم با توپ طبی دو کیلوگرمی	

۳	دراز و نشست به طرفین با توپ طبی دو کیلوگرمی	
۴	دراز و نشست روی سطح شیب دار با وزنه پنج کیلوگرمی	
۵	خم شدن به پهلو در حالت ایستاده با دمبل پنج کیلوگرمی	
۶	باز کردن و چرخش همزمان تنه با وزنه پنج کیلوگرمی در حالت خوابیده به شکم	
۷	چرخش تنه در حالت ایستاده در مقابل مقاومت	

جهت تجزیه و تحلیل آماری، از نرم افزار SPSS مدل ۲۲ استفاده گردید. بدین منظور پس از استفاده از آمار توصیفی (میانگین وانحراف معیار) و بکارگیری آزمون کولموگروف اسمیرونوف جهت سنجش توزیع نرمال داده ها، با هدف تعیین تاثیر پروتکل خستگی ناحیه ثبات مرکزی بر متغیرهای بیومکانیکی مورد مطالعه در پژوهش حاضر، از آزمون آماری تی زوجی در سطح معناداری $p < ۰/۰۵$ استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از آزمون کولموگروف اسمیرونوف نشان دهنده نرمال بودن توزیع داده ها در سطح معناداری بالاتر از $p < ۰/۰۵$ بود. میزان میانگین و انحراف استاندارد مربوط به هر کدام از متغیرهای تحقیق در مرحله ی پیش آزمون و پس آزمون در جدول ۱ قابل مشاهده است. همان طور که از نتایج جدول ۱ مشخص می‌باشد، به جز دو متغیر انعطاف پذیری و تعادل اندام فوقانی، سایر متغیرها دارای میانگین کمتری در مرحله ی پس آزمون و به دنبال اعمال خستگی در عضلات میان تنه بوده اند. نتایج آمار استنباطی و آزمون تی زوجی نیز نشان دادند که در تمامی متغیرهای پژوهش به جز متغیر تعادل، در مرحله پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معناداری داشته است ($p < ۰/۰۵$) (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آمار توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش به همراه نتایج آزمون تی زوجی و مقایسه میانگین متغیرها در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

متغیر بیومکانیک اندام فوقانی	مرحله ارزیابی	انحراف استاندارد ± میانگین	آزمون t زوجی برای مقایسه میانگین ها	
			آماره t	سطح معناداری
ثبات در زنجیره بسته حرکتی (تعداد)	پیش آزمون	۲۱/۸۵ ± ۴/۵۱	۴/۵۹	*۰/۰۰۰
	پس آزمون	۱۸/۸۹ ± ۴/۵۰		
استقامت (تعداد تکرار)	پیش آزمون	۳۳/۹۰ ± ۱۲/۹۰	۴/۷۹	*۰/۰۰۰
	پس آزمون	۲۷/۰۰ ± ۱۰/۳۳		
قدرت (کیلوگرم)	پیش آزمون	۴۷/۴۰ ± ۱۲/۹۷	۴/۲۳	*۰/۰۰۰
	پس آزمون	۴۵/۱۰ ± ۱۱/۹۵		
انعطاف پذیری (سانتی متر)	پیش آزمون	۶۱/۵۵ ± ۱۰/۵۶	۳/۷۶	* ۰/۰۱
	پس آزمون	۶۴/۹۵ ± ۹/۰۹		
تعادل (امتیاز)	پیش آزمون	۱/۰۶ ± ۰/۱۰	۰/۹۲	۰/۳۶
	پس آزمون	۱/۰۸ ± ۰/۰۶		

* تفاوت معنادار ($p < ۰/۰۵$)

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر یک وهله خستگی موضعی در عضلات ثبات مرکزی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اندام فوقانی زنان قایقران حرفه ای بود. نتایج پژوهش اخیر نشان دادند که یک وهله خستگی موضعی در ناحیه ثبات مرکزی سبب کاهش معنادار میانگین در پارامترهای ثبات، قدرت و استقامت، افزایش معنادار انعطاف پذیری شده، در حالی که با وجود

افزایش نمره تعادل، این تاثیر معنادار نبوده است. ثبات مرکزی قابلیت مجموعه کمری -لگنی -رانی برای جلوگیری از بی ثباتی ستون فقرات و بازگشت به تعادل، پس از اعمال یک اغتشاش است (۱). ضعف عضلات مرکزی سبب ایجاد وقفه در انتقال انرژی شده که این امر منجر به کاهش عملکرد ورزشی و افزایش احتمال بروز آسیب می‌گردد (۳). با توجه به اینکه عضلات مرکزی بدن جهت ایجاد یک سطح اتکای باثبات برای انجام حرکات متناسب اندام ها ضروری هستند، خستگی این عضلات ممکن است بر روی عملکرد افراد و به خصوص ورزشکاران رشته ای چون دراگون بوت که سگمنت تنه نقشی کلیدی در اجرای آن دارد، تاثیرگذار باشد.نتایج تحقیق حاضر با یافته های تحقیقاتی چون سالو و همکاران (۲۰۱۷) (۳۰)، سورنکاک و همکاران (۲۰۰۸) (۹)، وولرم و همکاران (۲۰۰۹) (۳۱)، ابت و همکاران (۲۰۰۷) (۲۹) وگریبل و همکاران (۲۰۰۴) (۳۲) تناقض دارد. در این تحقیقات، پژوهشگران به ترتیب به اعمال پروتکل خستگی در عضلات شکم، اکستنسور تنه یا اعمالی چون رکاب زدنی در آزمودنی های گروه های عادی و فعال در رشته های ورزشی غیر از قایقرانی پرداختند که همین تفاوت در نوع فعالیت آزمودنی ها می‌تواند از جمله دلایل عدم همسویی با نتایج تحقیق حاضر باشد. از سویی نیز نتایج تحقیق حاضر با پژوهش های بارونی و همکاران (۲۰۱۱) (۳۳) و ستین و همکاران (۲۰۰۹) (۳۴) همسو می‌باشد. پس از انجام پروتکل خستگی ناحیه مرکزی به علت کاهش کارایی این عضلات به دنبال خستگی و عدم توانایی این عضلات در حفظ وضعیت صحیح کمری لگنی و ایجاد رابطه طول و تنشن مناسب در عضلاتی است که به این ناحیه متصل هستند و کارایی آنها در ایجاد عملکرد صحیح مورد اهمیت است و عملکرد تعادل نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. خستگی باعث کاهش توانایی تولید نیرو، هماهنگی عصبی - عضلانی، دقت کنترل حرکتی، حس عمقی، ثبات مفصلی، هم انقباضی عضلات و افزایش زمان عکس العمل می‌شود که نتیجه اصلی آن کاهش مشخص در عملکرد عضلات است و به دنبال این کاهش عملکرد عضلات و تداوم حرکت در ورزشی چون دراگون بوت، احتمال وقوع آسیب بسیار بیشتر خواهد شد.

کرسول (۱۹۹۴) عواملی همچون قدرت، انعطاف پذیری، کنترل عصبی - عضلانی، ثبات مرکزی، دامنه حرکتی مفاصل و حس عمقی را در اجرای موفق آزمون های دسترسی مانند تعادل ستاره معرفی می‌کند (۳۵). عملکرد عضلات مرکزی بدن بر فعال شدن عضلات اندام های فوقانی (۳۶) نیز تأثیر دارند و ضعف این عضلات ممکن است منجر به تأخیر در فعال کردن عضلات اندام های فوقانی شوند. در این راستا هاجز و همکاران (۱۹۹۷) ترتیب و توالی فعالیت عضلانی طی حرکات اندام تحتانی را مطالعه کرده و متوجه شدند تعدادی از عضلات ثبات دهنده مرکزی (مانند عضله عرضی شکم، چندسر، راست شکمی، مایل شکمی) به طور دایمی قبل از حرکات اندام تحتانی و فوقانی منقبض می‌شوند (۳۷). نتایج مذکور حمایت کننده این نظریه هستند که کنترل حرکتی و ثبات در یک الگوی پروگزیمال به دیستال ایجادشده و تکامل می‌یابد (۲۱).

همچنین در این تحقیق با مقایسه داده‌ها نشان داده شد که یک وهله خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر استقامت اندام فوقانی (آزمون شنای سوئدی) زنان قایقران حرفه ای در مرحله پس آزمون در مقایسه با مرحله پیش آزمون کاهش معناداری دارد. پس از اعمال خستگی کاهش عملکرد در آزمون های تعادل وای اندام فوقانی در هر دو جهت تحتانی خارجی و فوقانی خارجی به مقدار بیشتر و در قسمت داخلی به مقدار کمتر مشاهده شد و همینطور کاهش در نمرات آزمون ثبات اندام فوقانی در زنجیرهٔ حرکتی بسته و آزمون شنای سوئدی که همراه با کاهش کیفیت حرکات این مجموعه آزمون ها بود دیده شد که نشان از کاهش عملکرد عضلات مرکزی و ثبات دهنده بدن در طی این آزمون ها می‌باشد (۲, ۳۸). یکی از مراحل پاروزنی مرحله آبگیری توسط پارو است. نکته قابل توجه در آبگیری این است که باید با کشش کامل، دست پاروزنی به جلو و چرخش کمر، در طول آبگیری پارو را افزایش داد. در هنگام پاروزدن، آبگیری مرحله ای قدرتی نیست، بلکه روش به اصطلاح کاشتن تیغه پارو در آب است و قبل از اعمال قدرت انجام می‌شود. این کار باید با کشش کامل بدن به طرف جلو، با کشش کامل دست پایین و چرخش آشکار کمر انجام گیرد. موفقترین پاروزنان کایاک آنانی هستند که از چرخش کل تنه

جهت چرخش شانه ها (شانه کشش و شانه فشار) استفاده می-کنند و دلیل موفقیت این تکنیک را افزایش طول کشش پارو و طولانی تر شدن مرحله اعمال نیرو ذکر کردند. در پاروزنی دراگون بت نیز همین اصل صدق می کند، با این تفاوت که در پاروزنان دراگون بت دست بالا و دست پایین به ترتیب نقش شانه کشش و شانه فشار کایاک زن را ایفا می کنند (۳۹).

انجام تمرینات مقاومتی با شدت بالا، نرمال و معمولی ا با محدود کردن دامنه حرکتی سبب کاهش انعطاف پذیری می شود(۴۰). با مقایسه آماری داده‌ها تحقیق حاضر نتایج نشان داده شد که یک وهله خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر انعطاف پذیری شانه (آزمون بالا آوردن دست ها) زنان قایقران حرفه ای در مرحله پس آزمون در مقایسه با مرحله پیش آزمون افزایش معناداری دارد. خستگی در اثر حرکات تکراری در ورزش های بالای سر می‌تواند تاثیر بیشتری بر دامنه حرکتی ورزشکاران داشته باشد، زیرا نقص سیستم حسی - حرکتی و فعال سازی نامناسب عضلات اندام فوقانی ناشی از خستگی ممکن است منجر به دیسکتزیا[1] کتف شود که این ناهنجاری در محل کتف یا حرکت (یا هر دو) در طول بالا آمدن گلنو هومرال، باعث ایجاد اختلال می‌شود. همچنین این افزایش می‌تواند در نتیجه انحراف از نسبت طبیعی بین بالا آمدن گلنوهو مرال[2] و چرخش به سمت بالا کتف باشد و افزایش بازخورد حس عمقی به سیستم عصبی مرکزی از طریق نقص سیستم حسی حرکتی را نشان دهد. بنابراین به نظر می‌رسد پروتکل خستگی احتمالا با کاهش دامنه حرکتی و افزایش قدرت در ورزشکاران دراگون بوت همراه است که این مساله ممکن است با شرکت این افراد در ورزش های بالای سر توانایی روتاتور کاف و تثبیت کننده های کتف برای از هم پاشیدن نیروهای بیش از حد، ایجاد یک اثر جبرانی عضلانی، جابه جا شدن کتف و آسیب احتمالی، محدود شود و باعث میکرو ترومای تکراری در شانه و صدمات بیشتر نسبت به ورزشکاران فعال سالم شود.

آزمون تعادل Y اندام فوقانی که به صورت همزمان هم ثبات مرکزی و هم ثبات شانه را درگیر می‌کند نیازمند تعادل، کنترل عصبی-عضلانی، حس عمقی، قدرت و دامنه حرکتی وسیعی است و روش کارآمد و جامعی برای آگاهی از عملکرد، قدرت یا نقص حرکتی شانه محسوب می‌شود (۳۸, ۴۱). در نتیجه با توجه به درگیری بخش مرکزی و کاهش عملکرد عضلات مرکزی بعد از پروتکل خستگی، کاهش نمرات این آزمون می‌تواند قابل توجیه باشد. عضلات ثبات دهنده ی کتف، به لبه میانی کتف متصل شده و وضعیت آن را کنترل می‌کنند. این عضلات شامل متوازیی الاضلاع، بالا برنده کتف، ذوزنقه و دندانه‌ای قدامی هستند. این ساختار عضلانی بیشتر حرکات کتف را در تمام انقباض های هماهنگ و عملکرد صحیح جفت نیروها کنترل می‌نماید. بدیهی است که بدنبال خستگی عضلات مرکزی گلوبال[3] متصل به کتف، همچنین از بین رفتن ثبات محل اتصال بر روی ستون مهره ها، کارایی مکانیکی عضلات و کارکرد حس عمقی تحت تأثیر قرار گرفته و عملکرد اندام فوقانی که پایه آن حفظ وضعیت صحیح استخوان کتف است متاثر می‌شود.

در پژوهش حاضر، نتایج نشان داد که یک وهله خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر ثبات اندام فوقانی (آزمون ثبات اندام فوقانی در زنجیره حرکتی بسته CKCUES) زنان قایقران حرفه ای در مرحله پس آزمون در مقایسه با مرحله پیش آزمون کاهش معناداری دارد. در فعالیت های فوقانی بازو ترتیب حرکات از قسمت پروگزیمال به دیستال برای هدایت سرعت و انرژی به منظور عملکرد مطلوب از اهمیت بالایی برخوردار است. در اکثر حرکات شانه ترتیب حرکات از زمین آغاز .می‌شود. به دنبال آن، قسمت های مختلف بدن به صورت مجزا و یا در ارتباط باهم، به وسیله فعالیت های عضلانی و وضعیت های بدنی، حرکات را هماهنگ می‌کنند و نیروهای تولیدشده را از طریق این بخش های مختلف به نواحی انتهایی می‌رسانند. این ترتیب حرکتی عموما با نام "زنجیره حرکتی"شناخته می‌شود (۴۲) در زنجیره حرکتی زنجیره های عضلانی نقش مهمی ایفا می‌کنند

[1]. Dyskinesia
[2]. Glenohumeral
[3]. Global

و این زنجیره های عضلانی هستند که ارتباط میان اندام های فوقانی و تحتانی را فراهم می‌آورند. در واقع برخلاف حالات سینرژیک[1] که چندین عضله به صورت موضعی در ارتباط با یک دیگر تنها حرکت یک مفصل خاص را فراهم می‌آورند، زنجیره های عضلانی به صورت سراسری، حرکت و ثبات چندین عضله را فراهم می‌آورند. در نتیجه زنجیره های عضلانی باعث چرخش بهینه و کارآمد و انتقال نیرو از تنه، به ویژه از اندام تحتانی به سمت اندام فوقانی می‌شوند (۲۲).

با توجه به اینکه هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر یک وهله خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر منتخبی از عملکرد بیومکانیکی اندام فوقانی زنان قایقران حرفه ای بود و تا کنون تاثیر خستگی ناحیه مرکزی بر آزمون های عملکردی که پیشگوی آسیب هستند مورد بررسی قرار نگرفته بود، نتایج به دست آمده از این تحقیق اطلاعات ارزشمندی را در ارتباط با تاثیر خستگی ناحیه مرکزی و تحت تاثیر قرار گرفتن عملکرد و در نتیجه مستعد شدن فرد برای وقوع آسیب دیدگی ارائه داد. همچنین می‌توان اظهار داشت که ناحیه مرکزی بدن به ثبات ستون فقرات، لگن و زنجیره حرکتی طی حرکات عملکردی کمک می‌کند. هنگامی که این سیستم به درستی کار کند منجر به توزیع مناسب و تولید حداکثر نیرو با حداقل نیروهای فشاری، انتقالی و پرشی در مفاصل زنجیره حرکتی و همچنین کنترل بهینه حرکات و جذب مناسب نیروهای ضرب های ناشی از نیروهای عکس العمل زمین می‌گردد (۴۳). فعال شدن عضلات باید به طور دقیق، در زمان مناسب، برای مدت صحیح و با ترکیبی درست از نیروها اتفاق بیافتد (۴۴, ۴۵) و به نظر می‌آید تأثیر مخرب خستگی بر میزان فعال شدن عضلات مرکزی بدن و هماهنگی این عضلات با عضلات اندام تحتانی و فوقانی، باعث کاهش عملکرد ورزشکاران طی آزمون های عملکردی حرکتی در این مطالعه شده است. بنابراین احتمالا می‌توان بیان کرد که خستگی عضلات مرکزی بدن احتمالاً با تأثیر منفی بر هماهنگی عصبی - عضلانی، دقت کنترل حرکتی و ثبات مفاصل پروگزیمال[2] و انتقال این تأثیر مخرب به مفاصل دیستال[3]، موجب اختلال عملکرد در طول زنجیره حرکتی شده است و این تأثیر مخرب در اعمال عضلات مرکزی بدن و هماهنگی این عضلات با عضلات اندام فوقانی باعث ایجاد محدودیت در انجام حرکات عملکردی می‌شود. از جمله محدودیت های این تحقیق می‌توان به عدم بررسی سایر اندام های بدن که می‌توانند نقش مهمی در اجرای حرکت پاروزنی داشته باشند، عدم مقایسه ی ورزشکاران حرفه ای با افراد غیرحرفه ای و عدم بررسی نقش عواملی همچون جنسیت، میزان فعالیت اشاره کرد.

نتیجه گیری

به طورکلی، نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده تاثیر منفی خستگی موضعی عضلات ثبات دهنده مرکزی بر عملکرد بیومکانیکی اندام فوقانی مخصوصا در پارامترهای قدرت، ثبات و استقامت اندام فوقانی زنان قایقران حرفه ای بود. درنتیجه، لازم است تا مربیان و ورزشکاران حرفه ای رشته قایقرانی، از نتایج این پژوهش جهت گنجاندن تمرینات ویژه برای برخی شاخص ها که بیشتر در اثر خستگی تحت تأثیر قرار می‌گیرند، استفاده نمایند. همچنین توصیه می‌شود تا مربیان و ورزشکاران سطح حرفه ای رشته ی قایقرانی، به آماده سازی بهتر و انجام تمریناتی که باعث بهبود استقامت عضلات مرکزی و افزایش توانایی آنها در مقابله با خستگی می‌شوند، بپردازند تا اثرات خستگی را به تعویق بیندازند.

[1]. Synergic
[2]. Proximal
[3]. Distal

منابع

1. Wilson E. Core stability: assessment and functional strengthening of the hip abductors. *Strength and Conditioning Journal*, 2005;27(2):21.
2. Nikolenko M, Brown LE, Coburn JW, Spiering BA, Tran TT. Relationship between core power and measures of sport performance. *Kinesiology*, 2011;43(2):163-8.
3. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85:86-92. [doi: 10.1053/j.apmr.2003.12.005]
4. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, 1992;5(4):383-9..
5. Rahnama N, Reilly T, Lees A, Graham-Smith P. Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Science*, 2003;21(11):933-42. [doi: 10.1080/0264041031000140428]
6. Tse MA, McManus AM ,Masters RS. Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2005;19(3):547-52.
7. Fredericson M, Moore T. Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle-and long-distance runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 2005;16(3):669-89. [doi: 10.1016/j.pmr.2005.03.001]
8. Chuter VH, de Jonge XAJ. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. *Gait & Posture*, 2012;36(1):7-15. [doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.02.001]
9. Surenkok O, Kin-Isler A, Aytar A, Gültekin Z. Effect of trunk-muscle fatigue and lactic acid accumulation on balance in healthy subjects. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2008;17(4):380-6. Available from: http://biomechanics.iauh.ac.ir/article-1-149-en.html [In Persian]
10. Vuillerme N, Anziani B, Rougier P. Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. *Clinical Biomechanics*, 2007;22(5):489-94. [doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.01.007]
11. 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. [PMCID: PMC3109894] [PMID: 21713228]
12. Nesser TW, Lee WL. THE RELATIONSHIP BETWEEN CORE STRENGTH AND PERFORMANCE IN DIVISION I FEMALE SOCCER PLAYERS. *Journal of Exercise Physiology Onlin*e, 2009;12(2).
13. Madigan ML, Pidcoe PE. Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2003;13(5):491-8. [doi: 10.1016/S1050-6411(03)00037-3]
14. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 2005;13(5):316-25.
15. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *Journal of Athletic Training*, 2004;39(4):321.
16. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 2006;36(3):189-98. [doi: 10.2165/00007256-200636030-00001]
17. Fujita S, Kusano S, Sugiura Y, Sakuraba K, Kubota A, Sakuma K, et al. A 100-m sprint time is associated with deep trunk muscle thickness in collegiate male sprinters. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2019:32. [doi: 10.3389/fspor.2019.00032]
18. Hazar Kanik Z, Pala OO, Gunaydin G, Sozlu U, Alkan ZB, Basar S, et al. Relationship between scapular muscle and core endurance in healthy subjects. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2017;30(4):811-7. [doi: 10.3233/BMR-150497] [In Persian]
19. Babakhani F, Oladghobadi K, Fatahi F. The effect of core muscle fatigue on static and dynamic balance and endurance of athletic women. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2015;20(4):65-72. Available from http://sjku.muk.ac.ir/article-1-1964-en.html [In Persian]
20. Reiman MP, Manske RC. Functional testing in human performance: Human kinetics; 2009.
21. Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthopedic Clinics*, 2003;34(2):245-54. [doi: 10.1016/S0030-5898(03)00003-8]

22. Benjaminse A, Gokeler A, Fleisig GS, Sell TC, Otten B. What is the true evidence for gender-related differences during plant and cut maneuvers? A systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2011;19(1):42-54. [doi: 10.1007/s00167-010-1233-y]
23. Mclean SG, Fellin RE, Suedekum N, Calabrese G, Passerallo A, Joy S. Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2007;39(3):502-14. [10.1249/mss.0b013e3180d47f0] [PMID: 17473777]
24. Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, Part 1. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2005;84(6):473-80. [doi: 10.1097/01.phm.0000163709.70471.42]
25. Orishimo KF, Kremenic IJ, Mullaney MJ, McHugh MP, Nicholas SJ. Adaptations in single-leg hop biomechanics following anterior cruciate ligament reconstruction .*Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2010;18(11):1587-93. [doi: 10.1007/s00167-010-1185-2]
26. Lees A. Methods of impact absorption when landing from a jump. *Engineering in Medicine*, 1981;10(4):207-11. [doi: 10.1243/EMED_JOUR_1981_010_055_02]
27. Humphries B, Abt GA, Stanton R, Sly N. Kinanthropometric and physiological characteristics of outrigger canoe paddlers. *Journal of Sports Sciences*, 2000;18(6):395-9. [doi: 10.1080/02640410050074322]
28. Kirkendall DT. Fatigue from voluntary motor activitiy. GARRET JR, William E & KIRKENDALL, Donald T Exercise and sport science Philadelphia, PA: *Lippincott Williams & Wilkin*, 2000:97-104.
29. Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007;21(4):1300-4.
30. Salo TD, Chaconas E. The effect of fatigue on upper quarter Y-balance test scores in recreational weightlifters: a randomized controlled trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2017;12(2):199-205. [PMCID: PMC5380862] [PMID: 28515974]
31. Vuillerme N, Sporbert C, Pinsault N. Postural adaptation to unilateral hip muscle fatigue during human bipedal standing. *Gait & Posture*, 2009;30(1):122-5. [doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.03.004]
32. Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 2008;38(6):467-78. [doi: 10.1016/j.neucli.2008.09.001]
33. Baroni BM, Wiest MJ ,Generosi RA, Vaz MA, Leal Junior ECP. Effect of muscle fatigue on posture control in soccer Players during the short-pass movement. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2011;13:348-53. [doi: 10.5007/1980-0037.2011v13n5p348]
34. Cetin N, Bayramoglu M, Aytar A, Surenkok O ,Yemisci OU. Effects of lower-extremity and trunk muscle fatigue on balance. *The Open Sports Medicine Journal*, 2008;2(1):16-22.
35. Cresswell A, Thorstensson A. Changes in intra-abdominal pressure, trunk muscle activation and force during isokinetic lifting and lowering. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1994;68(4):315-21. [doi: 10.1007/BF00571450]
36. Cresswell A, Oddsson L, Thorstensson A. The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. Experimental brain research. 1994;98(2):336-41.
37. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy*, 1997;77(2):132-42.
38. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*, 1996;21(22):2640-50. [doi: 10.1249/mss.0b013e3180d47f0]
39. Rakovac M, Smoljanović T, Bojanić I, Hannafin JA, Hren D, Thomas P. Body size changes in elite junior rowers: 1997 to 2007 . *Collegium Antropologicum*, 2011;35(1):127-31.
40. Full RJ, Kubow T, Schmitt J, Holmes P, Koditschek D. Quantifying dynamic stability and maneuverability in legged locomotion. *Integrative and Comparative Biology*, 2002;42(1):149-57. [doi: 10.1093/icb/42.1.149]
41. Lehman GJ. Resistance training for performance and injury prevention in golf. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 2006;50(1):27-42. [PMCID: PMC1839980] [PMID: 17549167]
42. Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated 'core stability'training on athletic performance measures. *Sports Medicine*, 2012;42(8):697-706. [doi: 10.1007/BF03262289]

43. Stephenson J, Swank AM. Core training: designing a program for anyone. *Strength and Conditioning Journal*, 2004;26(6):34-37.
44. Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual therapy*, 1999;4(2):74-86. [doi: 10.1054/math.1999.0169]
45. Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 1989;60(sup230):1-54. [doi: 10.3109/17453678909154177]