

A Comparison of Hamstring and Quadriceps Muscular Work and Power in Elite Karate Athletes before and after Fatigue

Borouhak N¹, Anbarian M², Daneshmandi H³

Abstract

Purpose: The rate of performed work by most muscles is rarely constant with time. Because of rapid time-course changes, it has been necessary to calculate muscle power as a function of time. The aim of the present study was to assess the differences in Hamstring and Quadriceps muscular work and power in elite karate athletes before and after fatigue in order to identify injury risk factors.

Methods: Fourteen female elite karate athletes (15.5±1.3 years) were evaluated using isokinetic dynamometer at 60°/s, 180°/s and 300°/s before and after Hamstring and Quadriceps muscular fatigue.

Results: No differences were found in Hamstring and Quadriceps muscular power before and after fatigue at the 180°/s speed ($p>0.05$). At 180°/s speed, the Hamstring presented no differences in muscular work after fatigue muscular test ($p<0.05$). At the 60 and 300°/s speeds, Hamstring and Quadriceps muscular power presented a lower power after fatigue test ($p=0.04$).

Conclusion: Based on the present results, fatigue does not have a significant effect on power and the work done by karate athletes' muscles around knee joint at medium speed however, generally, fatigue probably causes imbalance in mechanical power and work done by hamstring and quadriceps at other angular joint speeds that increases the probability of knee joint injury.

Keywords: Muscular fatigue, Karate, Work, Muscular power

Received: 2017.04.18; Accepted: 2017.10.17

مقایسه کار و توان عضلات همسترینگ و چهارسرران در کاراته کاران حرفه ای قبل و بعد از خستگی

ندا بروشک^۱، مهرداد عنبریان^۲، حسن دانشمندی^۳

هدف: نرخ کار انجام شده به وسیله اغلب عضلات به ندرت در طی زمان ثابت می باشد، به دلیل تغییرات زمانی سریع کار عضلات، محاسبه توان عضلانی که به عنوان تابعی از زمان تعریف می شود، ضروری می باشد. هدف پژوهش حاضر سنجش تفاوت کار و توان عضلات مفصل زانو قبل و بعد از خستگی عضلانی در کاراته کاران حرفه ای زن جهت معرفی ریسک فاکتورهایی برای آسیب بود.

روش بررسی: ۱۴ زن ورزشکار کاراته کار نخبه (۱۵/۱±۵/۳ سال) با استفاده از دستگاه بایودکس ایزوکینتیک در سرعت های ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه قبل و بعد از پروتکل خستگی عضلات چهارسرران و همسترینگ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته ها: هیچ گونه اختلافی در متغیر توان عضلات همسترینگ و چهارسرران طی قبل و بعد از خستگی در سرعت زاویه ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه مشاهده نشد ($p>0.05$). در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه گروه عضلات همسترینگ هیچ گونه تغییری را بعد از خستگی نشان نداد ($p>0.05$). در سرعت ۶۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه هر دو گروه عضلات همسترینگ و چهارسر ران توان کمتری را بعد از خستگی عضلانی نشان دادند ($p=0.04$).

نتیجه گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که خستگی در سرعت های متوسط بر توان و کار انجام شده توسط عضلات اطراف مفصل زانوی کاراته کاران تاثیر چندانی ندارد. اما بطور کلی، احتمالاً خستگی می تواند سبب ایجاد عدم تعادل در توان

مکانیکی و کار انجام شده عضلات همسترینگ و چهارسران در دیگر سرعت های زاویه ای مفصل شود که احتمال آسیب دیدگی را در مفصل زانو افزایش می دهد.

کلمات کلیدی: خستگی عضلانی، کاراته، کار، توان عضلانی

نویسنده مسئول: ندا بروشک، nedaboroushak@yahoo.com .ORCID: 0000-0003-3953-722X

آدرس: رشت، کیلومتر ۵ جاده قزوین، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی گیلان

۱- مدرس گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- استاد کمیته تخصصی بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳- استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

مقدمه

ورزشکاران نخبه نیز ممکن است از عدم تقارن و تعادل در میزان قدرت عضلات آگونیست و آنتاگونیست برخوردار باشند (۹). بنابراین سنجش عملکرد عضلانی ورزشکاران نخبه قبل و بعد از خستگی به دلیل شناسایی عدم تعادل عضلانی جهت جلوگیری از آسیب های احتمالی ضروری است.

در تحقیقات پیشین جهت سنجش عدم تعادل موجود بین عضلات، اوج گشتاور عضلانی اطراف مفصل بررسی شده است به عنوان مثال Kong و همکاران، نسبت اوج گشتاور عضلات همسترینگ به چهارسران را بین پای برتر و غیر برتر مردان و زنان بررسی کردند (۱۰). Delextrat و همکاران نیز جهت بررسی تاثیر خستگی بر روی عضلات همسترینگ و چهارسران در پاهای برتر و غیر برتر نسبت اوج گشتاوری این عضلات را بدست آوردند (۱۱). Boroushak و همکاران جهت سنجش عملکرد عضلات همسترینگ و چهارسران، پارامترهای زمان رسیدن به اوج گشتاور و شتاب گیری عضلات را مورد مطالعه قرار دادند (۱۲). نتایج این تحقیقات نشان داد که کاهش قدرت عضلات همسترینگ و افزایش زمان رسیدن به اوج گشتاور این عضله و یا عدم شتاب گیری همزمان عضلات همسترینگ و چهارسران می تواند از عوامل ریسک فاکتورهای آسیب ACL باشد.

باید به این نکته توجه داشت که پارامترهای مورد مطالعه در تحقیقات قبلی، عملکرد عضله را در یک نقطه خاص از دامنه حرکتی نشان می دهند، این شاخص ها ممکن است ملاک های خوبی برای نشان دادن ظرفیت کلی عملکرد عضلات در افراد نباشند. بنابراین شناسایی پارامتری که عملکرد عضله را در کل دامنه حرکتی بررسی می کند به نظر لازم می باشد. پارامتری که نشان دهنده میزان نیروی به کار رفته در میزان مسافتی مشخص و یا

آسیب های مفصل زانو یکی از شایع ترین آسیب ها در اکثر رشته های ورزشی است که کاراته نیز از این امر مستثنی نمی باشد (۱). پیتز در سال ۲۰۱۰ گزارش کرد که ۴۲ درصد آسیب های کاراته در اندام تحتانی اتفاق می افتد که بخشی از این آسیب ها مربوط به لیگامان صلیبی قدامی (ACL)^۱ است (۲). اغلب آسیب های ورزشی هنگام خستگی ورزشکار روی می دهد (۳). خستگی به عنوان پدیده های قابل مشاهده و اندازه گیری است که اختلال در ادامه انجام کار، کاهش در تولید نیرو و ناتوانی در استمرار تولید نیرو برای ادامه فعالیت تعریف می شود (۴، ۳).

پروتکل های خستگی اندام تحتانی شامل خستگی عمومی و یا خستگی موضعی عضلانی است. خستگی عمومی عضلانی شامل چندین مفصل و تعداد بسیاری از گروه های عضلانی است ولی خستگی موضعی عضلانی عمدتاً شامل عضلات عمل کننده بر یک مفصل است. گروه عضلات چهار سران به عنوان باز کننده اصلی مفصل زانو، از جمله عضلاتی هستند که در فعالیت های حرکتی و اجرای مهارت های ورزشی شرکت دارند. خستگی این گروه عضلانی در اثر فعالیت های مکرر روزانه یا فعالیت های ورزشی مختلف، ممکن است بر عملکرد حرکتی تاثیر گذار باشد (۵). برای نمونه، خستگی موضعی عضلات چهار سرانی باعث افزایش ریسک افتادن و سرخوردن می شود (۶). از سوی دیگر این احتمال وجود دارد که خستگی عضلانی منجر به عدم تعادل و نقص عملکرد عضلات گردد، عدم تعادل بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست مفصل زانو با شیوع آسیب در این مفصل حین اجرای فعالیت های ورزشی مرتبط است (۷، ۸) حتی

¹ Anterior cruciate ligament

به طور دقیق تر نشان دهنده میزان گشتاور در دامنه حرکتی مفصل است، کار می باشد که با واحد ژول محاسبه می شود (۱۳). از آن جایی که نرخ کار انجام شده به وسیله عضلات به ندرت در طول زمان ثابت می ماند و به دلیل تغییرات زمانی سریع کار عضلات، محاسبه توان عضلانی نیز هم در بررسی عملکرد عضله می تواند ضروری باشد (۱۴، ۱۳)، که در هیچ یک از مطالعات پیشین بررسی نشده است. بنابراین با توجه به تغییرات مداوم میزان کار انجام شده در طی زمان، سنجش توان مفصل می تواند کمک زیادی را جهت ارائه برنامه بازتوانی با هدف بازتوانی و کاهش آسیب های ورزشی در ورزشکاران فراهم آورد. از آن جایی که با استفاده از شاخص توان عضلانی بهتر می توان میزان تغییرات کار انجام شده در گروه های عضلانی را طی زمان نشان داد و با توجه به این نکته که خستگی عضلانی، خصوصا خستگی در عضلات اندام تحتانی مانند چهارسران و همسترینگ احتمالا باعث ایجاد عدم تعادل در قدرت این عضلات شده و زانو را مستعد آسیب می کند (۱۵)، هدف از پژوهش حاضر مقایسه توان عضلات همسترینگ و چهارسران در کاراته کاران حرفه ای قبل و بعد از خستگی این دو گروه عضلانی می باشد.

روش بررسی

جامعه آماری این مطالعه را دختران کاراته کار (رده سنی جوانان) استان البرز تشکیل دادند. از میان این کاراته کاران تعداد ۱۴ نفر بر اساس جدول مورگان، به صورت انتخابی و بر مبنای ارزیابی سلامت کامل جسمانی به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شدند. تمامی این افراد در مسابقات سوپرلیگ کاراته کشور حضور داشتند و همچنین ۹ نفر از این افراد سابقه حضور در مسابقات بین المللی را دارا بودند. همه آزمودنی های تحقیق در دوره مید لوتئال^۱ قرار داشتند تا تاثیرات هورمونی دوره های عادت ماهانه آزمودنی ها، بر قدرت به حداقل برسد. از دستگاه دینامومتر ایزوکینتیک^۲ مدل بایودکس ۳ ساخت کشور آمریکا جهت سنجش کار و توان عضلانی گروه عضلات همسترینگ و چهار سران در سرعت های زاویه ای ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه استفاده شد. قبل از انجام

آزمون روش انجام کار برای تمام شرکت کنندگان توضیح داده شد و آزمودنی ها با روش آزمون دستگاه بایودکس و همچنین روند انجام و هدف کار آشنا شدند. آزمودنی ها رضایتنامه شرکت در مطالعه را خوانده و به طور آگاهانه امضا کردند. جهت جمع آوری اطلاعات در ابتدا بعد از گرم کردن مختصر، آزمودنی روی صندلی مخصوص دستگاه ایزوکینتیک بایودکس قرار گرفت (شکل ۱) و از بالای مفصل مورد نظر (در اینجا مفصل زانو)، توسط نوارهای مخصوص ثابت گردید به طوری که در هنگام اجرای حرکت از عضلات عمل کننده بر مفاصل دیگر استفاده نشود (۱۶، ۱۲). حداکثر قدرت عضلات چهارسران و همسترینگ در سرعت های زاویه ای ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه توسط دستگاه ایزوکینتیک و در دامنه حرکتی ۰ تا ۹۰ درجه فلکسیون و عکس آن انجام گرفت. برای هر سرعت زاویه ای ۶۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد. اجرای هر حرکت سه بار توسط آزمودنی در سرعت زاویه ای ۶۰ درجه بر ثانیه و پنج بار در سرعت های زاویه ای ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه صورت گرفت. سپس کاراته کاران با تکرار حرکت جلو ران با دستگاه ایزوکینتیک به خستگی رسیدند. پروتکل خستگی به صورت انقباض بیضینه عضله چهارسران و همسترینگ با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه بود، بدین صورت که ابتدا از طریق انجام سه انقباض کانسنتریک ایزوکینتیک بیضینه متوالی با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه، حداکثر قدرت عضلات چهارسران و همسترینگ برای هر فرد تعیین شد و سپس متوسط حداکثر قدرت این عضلات بر روی نمودارهای آن ها روی صفحه مانیتور مشخص گردید و سپس از آزمودنی ها خواسته شد تا انقباضات پشت سرهم را تا جایی ادامه دهند که در حین انجام انقباض های پی در پی و به علت خستگی عضلانی گشتاور عضلات همسترینگ و چهارسران حداقل برای سه تکرار از ۵۰ درصد حداکثر گشتاور خود پایین تر برود. جهت انجام آزمون خستگی، سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه در نظر گرفته شد، چرا که استفاده از سرعت های پایین، تکرارپذیری مناسبی جهت انجام پروتکل های خستگی دینامیک دارند (۱۷). بلافاصله پس از اعمال خستگی آزمون قدرت عضلات چهارسران و همسترینگ مجدداً به عمل آمد. اطلاعات مربوط به حداکثر قدرت عضلات چهارسران و همسترینگ در سرعت های زاویه ای ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه ثبت

¹ Mid-Luteal

² Isokinetic Dynamometer

در دو سرعت ۱۸۰ و ۳۰۰ تمایل به اختلاف را نشان داده است اگرچه این اختلاف معنادار نمی‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر مقایسه کار و توان عضلات همسترینگ و چهارسرران در کاراته‌کاران حرفه‌ای قبل و بعد از خستگی می‌باشد.

نتایج نشان داد که کار کل در گروه عضلات چهارسرران در هر سه سرعت زاویه‌ای کاهش معناداری را داشته است، در حالی که گروه عضلات همسترینگ تنها در دو سرعت زاویه‌ای ۶۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه کاهش معناداری را در کار کل نشان داده‌است (جدول ۱). از آنجائی که مطالعه-ای در خصوص توان و کار مکانیکی عضلات در سرعت‌های مختلف، به ویژه در حرکات ورزشی از سوی محقق یافته نشده است، بنابراین امکان مقایسه با مطالعات گذشته وجود ندارد اما در تحقیقی Greig و همکاران نشان دادند که خستگی سبب کاهش گشتاور عضلات فلکسور زانو در فوتبالیست‌ها می‌شود (۱۸). Greig نیز نشان داد که گشتاور عضلات همسترینگ در انتهای تمرینات فوتبال به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (۱۸). همچنین Delextrat و همکاران نیز کاهش معنی-دار در نسبت قدرت عضلات همسترینگ به چهارسرران در سرعت ۱۲۰ درجه بر ثانیه در فوتبالیست‌ها نشان دادند (۱۹). به طور کلی نتایج تحقیقات پیشین بیان می‌کند که خستگی سبب کاهش عضلات اطراف زانو به ویژه همسترینگ شده و خطر بیشتر پارگی عضلات همسترینگ و ACL را در انتهای مسابقه افزایش می‌دهد (۲۰-۱۷). با توجه به اینکه میزان کار انجام شده توسط گروه عضلات همسترینگ در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه بر خلاف گروه عضلات چهارسرران کاهش پیدا نکرده است، می‌توان بیان کرد که در تمرینات ورزش کاراته و در هنگام خستگی دو گروه عضلات همسترینگ و چهارسرران، احتمال آسیب‌های ACL طی اجرای مهارت در سرعت‌های متوسط (حدود ۱۸۰ درجه بر ثانیه) کمتر می‌باشد؛ هر چند که اثبات هرچه بهتر این موضوع نیاز به اجرای پژوهش‌های بیشتر و به کار بردن پروتکل خستگی نزدیکتر به پروتکل خستگی موجود در مسابقات کاراته دارد.

در دو سرعت زاویه‌ای ۶۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه میزان



شکل ۱: نحوه قرارگیری آزمودنی بر روی دستگاه بایودکس ایزوکتینیک

شد. اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱ جهت بررسی اختلاف بین اطلاعات پیش آزمون با پس آزمون از تست تی همبسته^۲ استفاده شد. همچنین جهت مقایسه پارامتر توان عضلانی در سه سرعت زاویه‌ای مختلف از آزمون آنالیز واریانس با اندازه-های تکراری^۳ استفاده گردید. معنی داری در این پژوهش ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. در این مطالعه کار و توان عضلات همسترینگ و چهارسرران در کاراته‌کاران حرفه-ای زن با میانگین (سن: ۱۵/۱±۵/۳ سال، قد: ۱۶۱±۷ سانتی متر، وزن: ۵۴/۳۴±۱) قبل و بعد از خستگی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین و انحراف استاندارد کار کل قبل و بعد از خستگی در جدول ۱ آورده شده است. جدول ۲ میزان توان عضلات همسترینگ و چهارسرران را قبل و بعد از خستگی در سه سرعت زاویه-ای ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه بر ثانیه نشان می‌دهد.

مقایسه میزان تغییرات توان گروه عضلات چهارسرران (نمودار ۱) و همسترینگ (نمودار ۲) بعد از خستگی در سه سرعت زاویه‌ای مختلف اختلاف معناداری را نشان نداد و تنها میزان تغییرات توان در گروه عضلات همسترینگ و

¹ Kolmogorov-Smirnov test

² Paired-Samples T Test

³ Analysis of variance with repeated measurements

جدول ۱: کار (ژول) کل قبل و بعد از خستگی

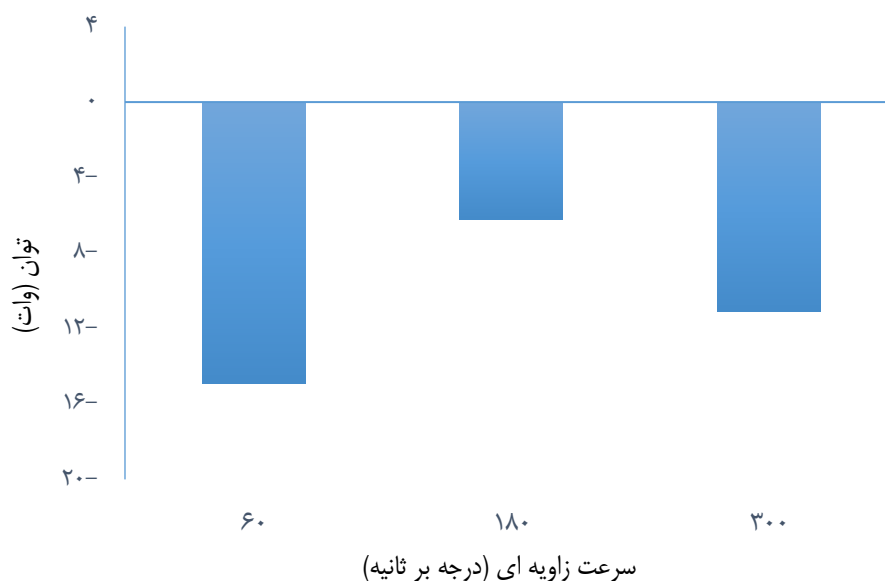
سطح معناداری	T میزان	بعد از خستگی میانگین \pm انحراف معیار	قبل از خستگی میانگین \pm انحراف معیار	عضلات	سرعت (درجه بر ثانیه)
*./۰.۰۶	۳/۳۷۴	۲۲۰/۶۴ \pm ۰/۴	۲۶۶/۶۱ \pm ۷/۲	چهارسر ران	۶۰
*./۰.۰۷	۳/۲۴۳	۱۱۴/۲۸ \pm ۴/۹	۱۴۷/۳۸ \pm ۰/۶	همسترینگ	
*./۰.۰۱	۴/۶۹۹	۲۷۲/۶۸ \pm ۷/۱	۳۰۹/۶۸ \pm ۴/۰	چهارسر ران	۱۸۰
۰/۴۵۰	۰/۷۸۱	۱۵۲/۴۴ \pm ۵/۸	۱۶۵/۷۱ \pm ۱/۶	همسترینگ	
*./۰.۰۰۲	۴/۰۲۵	۱۹۵/۴۳ \pm ۰/۰	۲۲۰/۴۷ \pm ۹/۹	چهارسر ران	۳۰۰
*./۰.۰۰۰	۰/۶۷۰	۱۰۱/۴۵ \pm ۶/۵	۱۲۶/۴۵ \pm ۶/۵	همسترینگ	

*معنی داری در سطح ۰/۰۵ برای آزمون تی همبسته

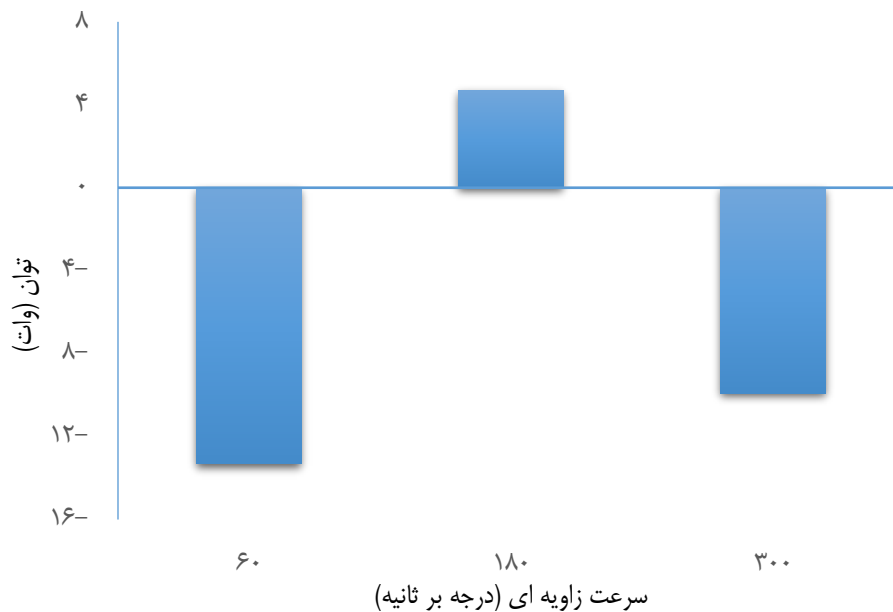
جدول ۲: توان (وات) قبل و بعد از خستگی

سطح معناداری	T میزان	بعد از خستگی میانگین و \pm انحراف معیار	قبل از خستگی میانگین و \pm انحراف معیار	عضلات	سرعت (درجه بر ثانیه)
*./۰.۰۱	۴/۱۵۶	۶۷/۱۷ \pm ۶/۱	۸۵/۲۱ \pm ۵/۲	چهارسر ران	۶۰
*./۰.۰۱	۴/۰۹۰	۳۳/۸ \pm ۶/۰	۴۳/۱۱ \pm ۵/۱	همسترینگ	
۰/۴۴۹	۰/۷۸۳	۱۲۵/۲۹ \pm ۵/۲	۱۳۱/۴۴ \pm ۸/۹	چهارسر ران	۱۸۰
۰/۶۲۹	-۰/۴۹۶	۶۴/۱۸ \pm ۸/۷	۶۰/۳۳ \pm ۰/۳	همسترینگ	
*./۰.۰۴۰	۲/۳۰۰	۱۳۰/۲۹ \pm ۲/۲	۱۴۱/۳۲ \pm ۳/۱	چهارسر ران	۳۰۰
*./۰.۰۰۰	۴/۸۰۹	۵۸/۲۷ \pm ۸/۴	۷۲/۲۸ \pm ۲/۳	همسترینگ	

*معنی داری در سطح ۰/۰۵ برای آزمون تی همبسته



نمودار ۱: مقایسه میزان تغییرات توان عضلات چهارسر ران بعد از خستگی در سه سرعت زاویه‌ای مختلف



نمودار ۲: مقایسه میزان تغییرات توان عضلات همسترینگ بعد از خستگی در سه سرعت زاویه‌ای مختلف

۳۰۰ درجه بر ثانیه نسبت به ۱۸۰ درجه بر ثانیه توان عضلات پس از خستگی کاهش یافته است، هم خوانی دارد. از طرفی در رابطه توان-سرعت گزارش شده است که بیشترین توان تولیدی در سرعت و بار متوسط (۳۰ درصد حداکثر سرعت و ۳۰ درصد بیشینه نیرو) می باشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می توان بیان نمود که در این سرعت ها عضله کمتر تحت تاثیر خستگی قرار می گیرد چرا که در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه توان عضلات همسترینگ و چهارسرران بعد از خستگی در مقایسه با پیش از آن اختلاف معناداری را نشان نداده است. نقص در میزان توان تولیدی باید در برنامه های توانبخش و همچنین جهت بهبود عملکرد در هنگام خستگی مورد توجه قرار گیرد، در طی انجام فعالیت وجود توان کافی به دلیل نیاز به بکاربردن نیرو با حداکثر سرعت جهت اجرای عملکرد بهینه یا حذف حرکات نا مطلوب ضروری می باشد (۲۳). از سوی دیگر باید این نکته را در نظر داشت که رابطه توان-سرعت در قبل و بعد از خستگی تحت تاثیر ساختار و نوع تارهای تشکیل دهنده عضله نیز قرار می گیرد به این ترتیب که تارهای تند انقباض^۱ دارای میزان سرعت و توان بالاتری در مقایسه با تارهای کند انقباض^۲ می باشند (۲۴، ۲۵، ۲۶). با توجه به نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با شاخص توان عضلانی که در سرعت

توان عضلات همسترینگ و چهارسرران بعد از خستگی در مقایسه با پیش از خستگی به طور معناداری کاهش پیدا کرده است، در حالی که مقادیر توان در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه در دو گروه عضلات همسترینگ و چهارسرران تغییر معناداری را نشان نداد. در تحقیقی مشابه Boroushak و همکاران نشان دادند که خستگی سبب افزایش زمان رسیدن به اوج گشتاور عضلات همسترینگ کاراته کارها در سرعت ۳۰۰ درجه بر ثانیه می شود در حالی که بر روی عضلات چهارسرران تاثیر معناداری ندارد. همچنین در تحقیق آن ها، خستگی نتوانست سبب نقص در فراخوانی همزمان عضلات همسترینگ و چهارسرران در سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه شود. نتایج آن ها تقریباً در راستای نتایج تحقیق حاضر بوده و نشان می دهد که کاراته کارها احتمالاً در سرعت ۳۰۰ درجه بر ثانیه بیشتر از سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه در معرض آسیب قرار می گیرند در خستگی عضلات در طی سرعت های پایین و بالا به دلیل افت توان تولیدی رابطه بین گشتاور-سرعت و توان-سرعت با استفاده از دستگاه های ایزوکینتیک در گروه های عضلات مختلف نشان دادند که این روابط با رابطه نیرو-سرعت و توان-سرعت سارکومر تقریباً یکسان می باشند (۲۱، ۲۲). در رابطه نیرو-سرعت در انقباض کانسنتریک با افزایش سرعت، نیروی تولیدی کاهش می یابد (۲۲) که در مقایسه با تحقیق حاضر، در سرعت

¹ Fast twitch fibers

² Slow twitch fibers

منابع

1. Probst MM, Fletcher R, Seelig DS. A comparison of lower body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. *J Strength Cond Res* 2007; 21(2): 451-457.
2. Pieter W. Competition injury rates in young karate athletes. *Science & Sports* 2010; 25(1): 32-38.
3. Bigland-Ritchie B, Jones D, Hosking G, Edwards R. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human Quadriceps muscle. *Clin Sci and Mol Med* 1987; 54(6): 609-614.
4. Bigland-Ritchie B, Woods J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & Nerve* 1984; 7(9): 691-699.
5. Paillard T. Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neurosci Biobehav Rev* 2012; 36(1): 162-176.
6. Hassani A, Patikas D, Bassa E, Hatzikotoulas K, et al. Agonist and antagonist muscle activation during maximal and submaximal isokinetic fatigue tests of the knee extensors. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2006; 16(5): 661-668.
7. Safran MR, Seaber AV, Garrett WE. Warm-up and muscular injury prevention: an update. *Sports Med* 1989; 8(2): 239-249.
8. Meireles SM, Oliveira LM, Andrade MS, Silva AC, et al. Isokinetic evaluation of the knee in patients with rheumatoid arthritis. *Joint Bone Spine* 2002; 69(6): 566-73.
9. Sbriccoli P, Camomilla V, DiMario A, Quinzi F, et al. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka. *Eur J Appl Physiol* 2010; 10(8): 1269-1280.
10. Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport* 2010; 11(1): 12-17.
11. Delextrat A, Gregory J, Cohen D. The Use of the Functional H: Q Ratio to Assess Fatigue in Soccer. *International journal of sports medicine* 2010; 31

۱۸۰ درجه بر ثانیه بر خلاف دو سرعت دیگر، توان عضلات همسترینگ و چهارسرران تغییر معناداری را نشان نداده است، می‌توان بیان نمود در اجرای حرکت بعد از خستگی گروه عضلات همسترینگ و چهارسرران در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه در مقایسه با دو سرعت دیگر احتمال آسیب کمتر است چرا که در این سرعت توان عضلانی کمتر تحت تاثیر خستگی قرار می‌گیرد.

در نتیجه گیری کلی، خستگی در سرعت های متوسط بر توان و کار انجام شده توسط عضلات اطراف مفصل زانوی کاراته کاران تاثیر چندانی ندارد. اما احتمالاً سبب ایجاد عدم تعادل در توان مکانیکی و کار انجام شده عضلات همسترینگ و چهارسرران در دیگر سرعت های زاویه ای مفصل شده و احتمال آسیب دیدگی را در مفصل زانو افزایش می‌دهد. از این رو، جهت بهبود عملکرد کاراته‌کاران و پیشگیری از وقوع آسیب، توجه به عدم تعادل عضلانی در برنامه‌های تمرینی و توانبخشی این ورزشکاران توصیه می‌شود. پژوهش حاضر دارای محدودیت هایی بود که می‌توان به جنسیت آزمودنی ها که در این پژوهش فقط زن بودند اشاره نمود. از سوی دیگر پروتکل خستگی پژوهش حاضر با استفاده از دستگاه ایزوکینتیک اعمال شد. بنابراین به نظر می‌رسد که اگر آزمون بر هر دو گروه زنان و مردان و در یک پروتکل عملکردی در طی اجرای مسابقه انجام شود نتایج مناسب‌تری فراهم خواهد شد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولین محترم آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی و کلیه آزمودنی‌های شرکت کننده در این تحقیق کمال تشکر و امتنان را داریم.

- (3): 192-197.
12. Boroushak N, Anbarian M. A Comparison of Time to Peak Torque and Acceleration Time in Elite Karate Athletes. *Journal of Paramedical Science and Rehabilitation* 2015; 4(2): 69-75.
13. Bastiani D, Ritzel CH, Bortoluzzi SM, Vaz MA. Work and power of the knee flexor and extensor muscles in patients with osteoarthritis and after total knee arthroplasty. *Rev Bras Reumatol* 2012; 52(2): 195-202.
14. Quanbury AO, Winter DA, Reimer GD. Instantaneous Power and Power Flow in Body Segments during Walking. *J Human Movement Studies* 1975; 11(2): 59-67.
15. Bigland-Ritchie B, Jones D, Hosking G, Edwards R. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. *Clinical science and molecular medicine* 1987; 54(6): 609-618.
16. Wojtys EM, Wylie BB, Huston LF. The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. *The American Journal of Sports Medicine* 1996; 24(5): 615-621.
17. Greig M, Siegler JC. Soccer-specific fatigue and eccentric hamstrings muscle strength. *J Athl Train* 2009; 44(2): 180-194.
18. Greig M. The influence of soccer-specific fatigue on peak isokinetic torque production of the knee flexors and extensors. *Am J Sports Med* 2008; 36(7): 1403-1409.
19. Delextrat A, Baker J, Cohen DD, Clarke ND. Effect of a simulated soccer match on the functional hamstrings-to-quadriceps ratio in amateur female players. *Scand J Med Sci Sports* 2011; 17(3): 102-113.
20. Crosier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med* 2008; 36(7): 1469-75.
21. Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, et al. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med* 1991; 19(3): 76-81
22. Ripamonti M, Colin D, Rahmani A. Torque-velocity and power-velocity relationships during isokinetic trunk flexion and extension. *Clinical biomechanics* 2008; 23(5): 520-526.
23. Perrine JJ, Edgerton VR. Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Medicine and science in sports* 1977; 10(3): 159-166.
24. Valtonen A, Pöyhönen T, Heinonen A, Sipilä S. Muscle deficits persist after unilateral knee replacement and have implications for rehabilitation. *Phys Ther* 2009; 89(10): 1072-1079
25. Tihanyi J, Apor P, Fekete G. Force-velocity-power characteristics and fiber composition in human knee extensor muscles. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1989; 48(3): 331-343.