

تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت (۵۰ و ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) بر شاخص‌های DOMS در مردان غیرورزشکار

دکتر افشار جعفری^۱، حسن پوررضی^۲، سیدحجت زمانی ثانی^۳

۱. استادیار دانشگاه تبریز

۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۳/۴

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱۰/۱۶

چکیده

کوفتگی عضلانی تأخیری، پدیده رایج در بین غیرورزشکاران و ورزشکاران پس از یک دوره دوری از تمرینات بدنی و یا پس از انجام فعالیت‌های ورزشی غیرمعمول و عمل برون‌گرای عضله به شمار می‌رود. مطالعه حاضر، با هدف تعیین تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت ۵۰ و ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه (IRM) بر شاخص‌های کوفتگی عضلانی تأخیری در مردان غیر ورزشکار انجام شده است. تعداد ۱۶ مرد سالم غیر ورزشکار داوطلب (با میانگین سنی $20/9 \pm 0/63$ سال و چربی $16/86 \pm 1/84$ درصد) به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه همگن (A و B) قرار گرفتند و طی دو هفته متوالی با فاصله هفت روز در دو جلسه تمرین مقاومتی کشش پشت پا شرکت کردند. تمرین مقاومتی گروه A در جلسه اول، با ۵۰ درصد IRM (۲۰ تکرار، ۳ دوره؛ ۱/۵ دقیقه استراحت) و گروه B با ۷۰ درصد IRM (۱۵ تکرار، ۳ دوره؛ ۱/۵ دقیقه استراحت) شروع شد. پس از یک هفته جای دو گروه در قراردادهای تمرینی عوض شد. تغییرات آنزیم کراتین کیناز سرمی، محیط ران، انعطاف پذیری، قدرت بیشینه هم‌طول و احساس درد قبل و ۲۴ ساعت پس از هر جلسه تمرینی اندازه‌گیری شد. میانگین و دامنه تغییرات داده‌های حاصله، با استفاده از آزمون‌های t همبسته و مستقل و تغییرات آنها در هر دو گروه طی دوره‌های زمانی مختلف (دو هفته متوالی) به وسیله آزمون تحلیل واریانس مکرر دو گروهی در سطح معنی‌داری $p \leq 0/05$ بررسی شد. یافته‌های تحقیق حاکی از آن بود که تمرینات مقاومتی با شدت‌های ۵۰ و ۷۰ درصد IRM در هفته اول و دوم باعث تغییرات نامطلوب در شاخص‌های کوفتگی عضلانی

تأخیری می‌شود. هر چند تغییرات شاخص‌های محیط ران و انعطاف‌پذیری در گروه A طی هفته اول معنی‌داری نبود. با این حال، تغییرات فعالیت آنزیم کراتین‌کیناز سرمی و احساس درد در هفته اول و محیط ران، انعطاف‌پذیری و احساس درد در هفته دوم در بین دو گروه به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. به‌علاوه، نتایج حاصل از تحلیل واریانس مکرر حاکی از آن بوده است که تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه به غیر از احساس درد، طی دوره‌های زمانی مختلف در هر دو گروه معنی‌دار نیست. بر اساس یافته‌های تحقیق می‌توان گفت در صورت تحمل درد ناشی از کوفتگی عضلانی، به جای شروع تمرین مقاومتی با ۵۰ درصد، می‌توان تمرین را با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع کرد.

کلیدواژه‌های فارسی: کوفتگی عضلانی تأخیری، تمرین مقاومتی، کراتین‌کیناز، احساس درد، قدرت هم طول.

مقدمه

تمرینات مقاومتی، از جمله برنامه‌های ورزشی است که امروزه در راستای افزایش قدرت، توان و استقامت عضلانی در بین مردم، به‌ویژه جوانان و نوجوانان مرسوم شده است (۱،۲،۳،۴)، ولی آنچه که در بین بیشتر این افراد هنگام شروع به کار با وزنه دیده می‌شود، احساس ناراحتی و دردی است که پس از اولین جلسه تمرین سراغ این افراد می‌آید (۵،۶،۷). درد و احساس سفتی عضله، بیشتر مواقع در افراد ورزشکار نیز مانع بزرگی در برابر عملکرد مطلوب ورزشی خواهد بود؛ به علاوه، ورزشکاران مبتدی و افراد غیرورزشکار به دلیل همین درد و ناراحتی از شرکت مجدد در برنامه‌های ورزشی مقاومتی احتراز می‌ورزند و یا دست‌کم به دنبال شرایطی هستند که دیگر آن را تجربه نکنند. این درد و سفتی به عنوان «کوفتگی عضلانی تأخیری»^۱ در بین ورزشکاران و فیزیولوژیست‌ها مشهور است. تقریباً تمامی گزارش‌ها بر این نکته تأکید دارند که عمل برون‌گرای عضله در بروز کوفتگی عضلانی تأخیری به مراتب بیشتر از سایر انقباض‌ها نقش دارند (۸،۹،۱۰،۱۱). تعداد قابل توجهی از گزارش‌های پژوهشی به تجمع برخی از آنزیم‌ها مانند کراتین‌کیناز^۲ و تغییرات نامطلوب سایر شاخص‌های زیست‌شیمیایی و عملکردی متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری اشاره کرده‌اند (۱۲،۱۳،۱۴،۱۵). با این وجود، هنوز در رابطه با سازوکار اصلی کوفتگی عضلانی تأخیری و روش‌های پیشنهادی جهت کنترل، درمان و یا کاهش اثرات حاصل از

1. Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)
2. Creatine Kinase (CK)

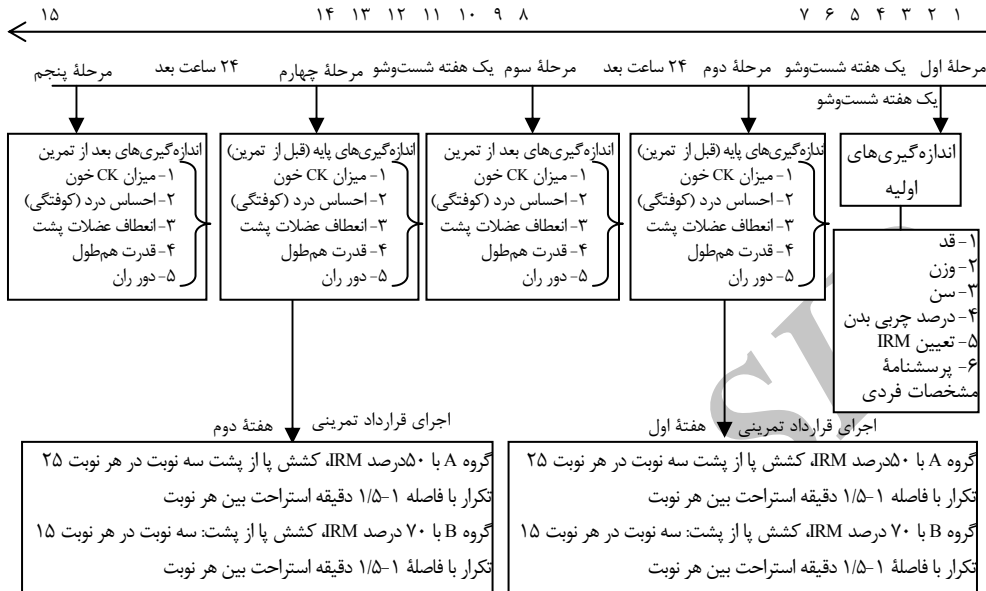
آن، ابهامات زیادی به چشم می‌خورد. به هر حال، نگرانی مربیان ورزشی، فیزیولوژیست‌ها و دست‌اندرکاران پزشکی ورزشی به دلیل وجود درد و احتمالاً عوامل تضعیف‌کننده اجرا و به ویژه افزایش خطر آسیب ورزشکاران در اثر کاهش قدرت مربوط به کوفتگی عضلانی تأخیری است. این مسئله در بین ورزشکارانی که اغلب فرصت کمی برای استفاده از تمرینات مقاومتی جهت آماده‌سازی برای فصل رقابت دارند، بسیار حائز اهمیت است. در ضمن، نباید از دغدغه افراد غیرورزشکار و ورزشکاران مبتدی در زمینه مقدار وزنه انتخابی برای شروع تمرینات مقاومتی با بروز کمترین میزان کوفتگی عضلانی تأخیری چشم‌پوشی کرد. ویلمور^۱ شروع تمرینات مقاومتی با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه را مؤثر می‌داند (۲)، در حالی که دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا^۲ برای تمرین قدرتی با هدف‌های تندرستی، مقادیر ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه را برای افراد بالغ سالم، و برنامه‌های مقاومتی با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه یا کمتر را برای افراد مسن و بچه‌ها مناسب می‌داند (۱).

بنابراین، با توجه به تناقضات و ابهامات موجود و اینکه اغلب مربیان ورزشی با استناد به این مدارک به تنظیم برنامه‌های تمرینی می‌پردازند، مطالعه حاضر قصد دارد تا با تعیین تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت (۵۰ و ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) بر شاخص‌های کوفتگی عضلانی تأخیری، به برخی از سؤالات مطروحه پاسخ دهد.

روش‌شناسی تحقیق

مطالعه حاضر، به صورت نیمه تجربی پیش‌آزمون - پس‌آزمون و متقاطع^۳ انجام شده است. بدین‌منظور، تعداد ۱۶ نفر از مردان غیر ورزشکار سالم داوطلب (با میانگین سنی $20/9 \pm 0/63$ سال، چربی $16/86 \pm 1/84$ درصد و یک تکرار بیشینه $73/43 \pm 13/30$ کیلوگرم) به صورت تصادفی در دو گروه همگن A و B (هر گروه هشت نفر) قرار گرفتند. داوطلبان یک هفته قبل از آزمون، جهت اطلاع از چگونگی اجرای مراحل مختلف تحقیق، آسیب‌های احتمالی، پر کردن رضایت‌نامه کتبی و پرسشنامه مشخصات فردی، آزمون‌های اولیه و تعیین یک تکرار بیشینه به منظور همگن‌سازی گروه‌ها در محل آزمون حاضر شدند (شکل شماره ۱). در راستای تعیین یک تکرار بیشینه، از فرمول برزسکی^۴ $[(\text{تکرار} \times 278) / 10278 - 1] / 10278$ و زنه به کیلوگرم = یک تکرار بیشینه] با تعداد تکرار کمتر از ۱۰ استفاده شد (۱۳).

1. Wilmore
2. American College of Sports Medicine
3. Cross over
4. Brzycki



شکل ۱. شماتیک و روش اجرای تحقیق

در روز اول اجرای قرارداد تمرینی، گروه A با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، حرکت کشش پا از پشت^۱ را در سه نوبت و در هر نوبت ۲۰ تکرار با فاصله یک و نیم دقیقه استراحت بین هر نوبت انجام دادند (شکل شماره ۲). گروه B نیز همان حرکت را با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه و در سه نوبت و ۱۵ تکرار با استراحت یک و نیم دقیقه ای بین هر نوبت، اجرا کردند (۲،۳،۱۴،۱۵،۱۶). بعد از گذشت یک هفته، جای دو گروه در قرارداد تمرینی عوض شد؛ بدین صورت که گروه A با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه و گروه B با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه تمرینات را انجام دادند. متغیرهای وابسته (آنزیم کراتین کیناز سرمی، محیط دور ران، انعطاف پذیری، قدرت بیشینه هم طول و میزان احساس درد) قبل و ۲۴ ساعت پس از اجرای قرارداد تمرینی در هر دو هفته اول و دوم، اندازه گیری و ثبت شدند (۱۷).



شکل ۲. روش اجرای قرارداد تمرینی

1. Prone Leg Curl

در این راستا، میزان فعالیت آنزیم کراتین کیناز سرمی با استفاده از کیت‌های شرکت پارس، به کمک دستگاه اتوآنالیز (RA ۱۰۰۰) اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی دامنه حرکتی عضلات پشت ران نیز از آزمون نشست و خم شدن برای رساندن دست‌ها به انگشتان پای و لژ^۱ استفاده شد. همچنین میزان کوفتگی در این تحقیق که بر اساس شدت درد حس شده به وسیله Graphic pain rating scale در عضلات اندازه‌گیری شد، فاصله بین منتهی‌الیه چپ مقیاس درجه‌بندی ترسیمی درد (بدون درد = ۰) تا علامتی که آزمودنی روی یک خط ۱۲ سانتی‌متری مطابق با سطح درد عضلات خم‌کننده مفصل زانو (از بدون درد تا درد غیرقابل تحمل) هنگام خم کردن فعالانه زانو علامت زده بودند، اندازه‌گیری شد؛ بنابراین میزان احساس درد در مقیاس ۰ تا ۱۲ (= بدون درد و ۱۲ = درد غیرقابل تحمل) به دست آمد (۱۸). برای اندازه‌گیری قدرت بیشینه هم‌طول نیز از دستگاه نیروسنج^۲ دیجیتالی یاگامی ساخت ژاپن استفاده شد که در آن فرد به شکم روی دستگاه می‌خوابید و از پشت، پاها را به دستگاه قفل می‌کرد و سعی در خم نمودن زانوها می‌کرد. اندازه‌گیری محیط دور ران نیز توسط متر نواری از وسط ران سنجیده شد (۱۸).

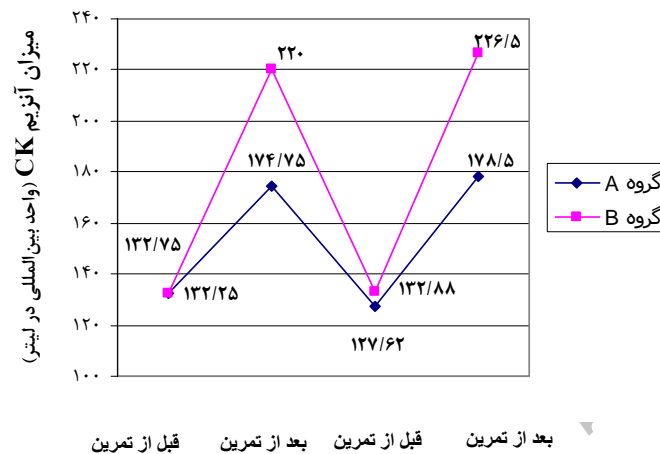
میانگین‌های قبل و بعد از تغییرات هر شاخص با استفاده از آزمون t همبسته و میانگین‌های بعد از تمرین و دامنه اختلاف بین دو گروه، با استفاده از آزمون t مستقل در سطح معنی‌داری $p \leq 0/05$ تجزیه و تحلیل شدند. در نهایت، برای بررسی تغییرات متغیرهای مورد نظر طی دو دوره زمانی (دو هفته تمرینی) و تأثیر متقابل این دو هفته تمرینی از آزمون‌های مکرر دوگروهی^۳ (۱۹) در نرم افزار SPSS13 استفاده شد.

یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج حاصله از آزمون t همبسته، اختلاف مشاهده شده در شاخص آسیب سلولی (افزایش آنزیم کراتین کیناز سرمی) در هر دو گروه در هفته اول و دوم معنی‌دار بوده است ($P \leq 0/05$). به علاوه، نتایج آزمون t مستقل نشانگر آن است که اختلافات بین گروهی میانگین و دامنه تغییرات کراتین کیناز سرمی، پس از اجرای قرارداد تمرینی در هفته اول معنی‌داری است ($P \leq 0/05$)؛ در حالی که اختلافات بین گروهی میانگین ($t = 1/40$, $P_{post} = 0/18$) و دامنه تغییرات ($t = 2/13$, $P_{diff} = 0/06$) این شاخص، پس از اجرای قرارداد تمرینی در هفته دوم (با تعویض قرارداد تمرینی^۴)، معنی‌داری نیست. با این حال، بر اساس نتایج آزمون اندازه‌گیری مکرر باید اشاره داشت که الگوی فزاینده

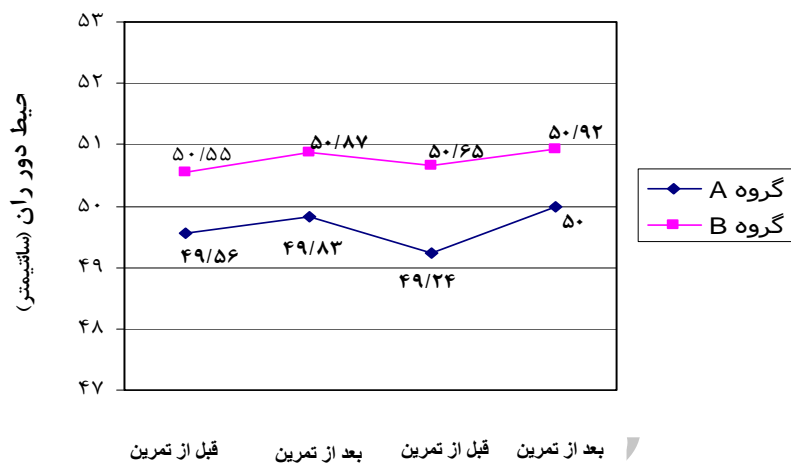
1. Well' s Sit & Reach Test
2. Dynamometer
3. Repeated measures
4. Cross over

تغییرات شاخص آسیب سلولی در هر دو گروه، طی دو هفته متوالی یکسان است (شکل شماره ۳).

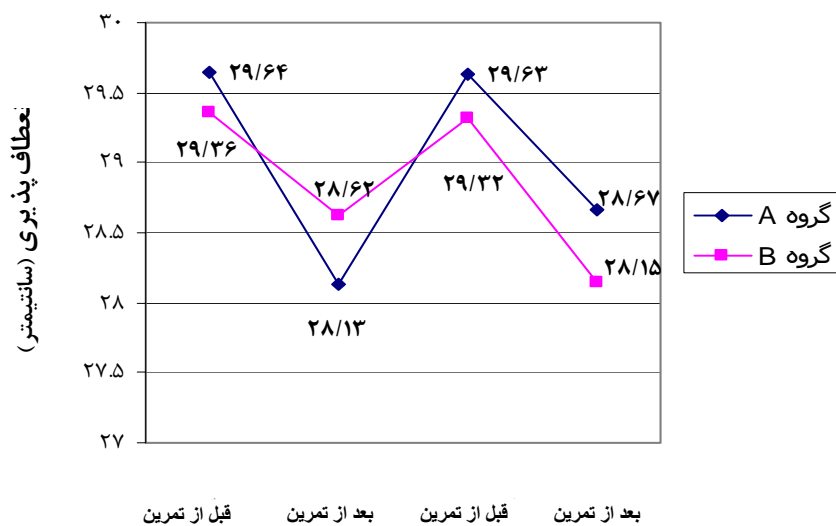


شکل ۳. میانگین فعالیت آنزیم کراتین کیناز دو گروه قبل و بعد از اجرای قرارداد تمرینی، طی دو هفته متوالی (آزمون مکرر)

همچنین، براساس نتایج حاصله از آزمون t همبسته، هیچ گونه اختلاف معنی داری در شاخص‌های تورم ($P=0/063$) و انعطاف‌پذیری اندام تحتانی ($P=0/09$) گروه A در هفته اول مشاهده نشد. در حالی که تغییرات مشاهده شده در گروه B (آغاز تمرین با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) در هفته اول، معنی‌دار بود ($P\leq 0/05$). با این حال، تغییرات این دو شاخص (افزایش تورم و کاهش دامنه حرکتی) در هر دو گروه طی هفته دوم معنی‌دار بود ($P\leq 0/05$). نتایج آزمون t مستقل نشانگر آن است که اختلافات بین گروهی میانگین‌های شاخص تورم و انعطاف‌پذیری پس از اجرای قرارداد تمرینی در هفته اول و دوم معنی‌داری نیست ($P\geq 0/05$). با این حال، اختلافات بین گروهی مربوط به دامنه تغییرات شاخص تورم در هفته اول و شاخص انعطاف‌پذیری در هر دو هفته معنی‌دار نبود ($P\geq 0/05$). اما، اختلافات بین گروهی دامنه تغییرات شاخص تورم در هفته دوم معنی‌دار بود ($t=2/66$ ، $P=0/018$). البته، براساس نتایج آزمون اندازه‌گیری مکرر باید اشاره داشت که الگوی کاهش یا فزاینده تغییرات شاخص‌های تورم (افزایش محیط دور ران) و انعطاف‌پذیری (کاهش دامنه حرکتی) در هر دو گروه، طی دو هفته متوالی یکسان بوده است (شکل‌های ۴ و ۵).

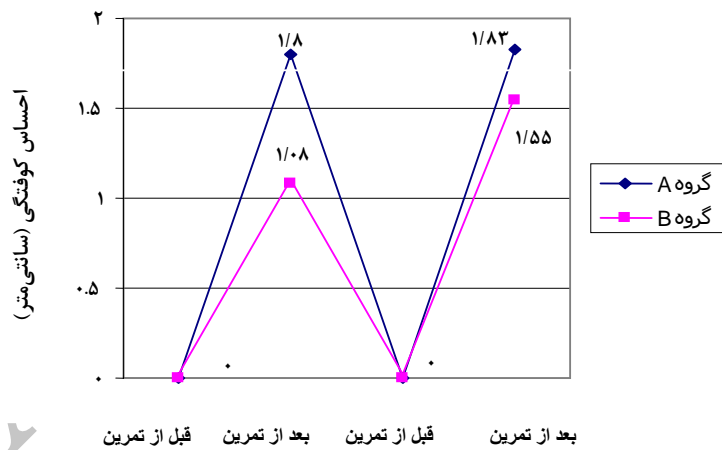


شکل ۴. میانگین محیط دور ران دو گروه قبل و بعد از اجرای قرارداد تمرینی، طی دو هفته متوالی (آزمون مکرر)

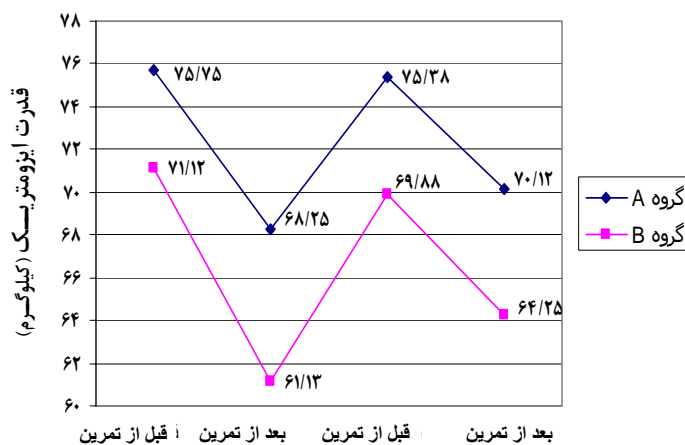


شکل ۵. میانگین انعطاف پذیری دو گروه قبل و بعد از اجرای قرارداد تمرینی، طی دو هفته متوالی (آزمون مکرر)

از طرفی، براساس نتایج حاصله از آزمون t همبسته، اختلاف مشاهده شده در شاخص درک کوفتگی (افزایش احساس درد) ($P = 0/01$) و قدرت بیشینه هم طول ($P \leq 0/05$) هر دو گروه در هفته‌های اول و دوم معنی‌دار بود. به عبارتی، افزایش احساس درد و کاهش قدرت بیشینه هم طول پس از اجرای قراردادهای تمرینی طی دو هفته متوالی معنی‌دار بود. نتایج آزمون t مستقل نشانگر آن است که اختلافات بین گروهی میانگین و دامنه تغییرات درک کوفتگی، پس از اجرای قرارداد تمرینی در هفته اول و دوم معنی‌داری است ($P = 0/01$)؛ در حالی که اختلافات بین گروهی میانگین و دامنه تغییرات قدرت بیشینه هم طول، پس از اجرای قرارداد تمرینی در هفته اول و دوم، معنی‌داری نبود ($P \geq 0/05$). براساس نتایج آزمون اندازه‌گیری مکرر باید اشاره داشت که الگوی فزاینده تغییرات درک کوفتگی در هر دو گروه طی دو هفته متوالی یکسان نیست (شکل شماره ۶). در حالی که الگوی کاهنده تغییرات قدرت بیشینه هم طول در هر دو گروه طی دو هفته متوالی یکسان است (شکل شماره ۷). به عبارتی، شاخص درک کوفتگی (احساس درد) در گروه شرکت‌کننده در تمرینات مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته اول، بالاتر از گروهی بود که تمرینات را با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع کرده بود.



شکل ۶. میانگین احساس کوفتگی (درد) دو گروه قبل و بعد از اجرای قرارداد تمرینی، طی دو هفته متوالی (آزمون مکرر)



شکل ۷. میانگین قدرت هم طول دو گروه قبل و بعد از اجرای قرارداد تمرینی، طی دو هفته متوالی (آزمون مکرر)

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، اجرای تمرین مقاومتی با شدت های ۵۰ و ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه باعث افزایش معنی دار فعالیت آنزیم کراتین کیناز سرمی می شود. این یافته، با بیشتر نتایج مطالعات قبلی (۲۱، ۲۲، ۲۰، ۱۱، ۸، ۵، ۴) همخوانی دارد. به علاوه، نتایج مطالعات کارمل نوتل و کازانوری نوساکا^۱ (۲۰۰۵) نیز حاکی از افزایش آنزیم کراتین کیناز سرمی، ۲۴ ساعت بعد از انجام قرارداد تمرینی بود (۲۳). دولزال^۲ و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که انجام تمرین مقاومتی (۸۰-۷۰) درصد یک تکرار بیشینه موجب افزایش این آنزیم در افراد تمرین نکرده (۲۴ ساعت بعد) و تمرین کرده (۴۸ الی ۷۲ ساعت بعد) می شود (۳). پائول^۳ و همکاران (۱۹۸۹) ضمن اعلام این موضوع، اشاره داشتند که افزایش مقادیر این آنزیم در سرم افراد تمرین نکرده، بیشتر از افراد تمرین کرده است (۲۰). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، سهم تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه در افزایش نامطلوب آنزیم کراتین کیناز سرمی بیشتر بود. بنابر نظریه شوان، پارگی و ناپایداری غشای سلول های عضلانی باعث رهائش محتویات درون سلولی به آب میان بافتی و در نهایت پلاسما می شود. از این رو، شدت و مدت فعالیت عضلانی

1. Carmel Nottle & Kazunori Nosaka
2. Dolezal et al.
3. Paul et al.

می‌تواند با افزایش نفوذپذیری غشاء و تخریب تار عضلانی، موجبات افزایش غلظت کراتین‌کیناز سرمی را فراهم سازد (۱۱). کائو و همکاران (۲۰۰۳) نیز دریافتند که سهم تمرین مقاومتی با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه (با ۸ تکرار) نسبت به تمرین مقاومتی با شدت ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه (با ۱۵ تکرار) در افزایش نامطلوب آنزیم کراتین‌کیناز بیشتر است (۵). این در حالی است که، نتایج برخی از مطالعات گذشته با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی ندارد (۱۷، ۲۴). گرگوری اوانس و همکاران (۱۹۹۸) هیچ گونه تفاوت معنی‌داری را بین تغییرات آنزیم کراتین‌کیناز سرمی پس از تمرین مقاومتی هم‌طول با شدت‌های ۶۰ و ۸۰ درصد^۱ MVC گزارش نکردند (۲۵). این اختلاف می‌تواند به علت تفاوت در نوع فعالیت، انقباضات و عضلات درگیر در فعالیت‌های به‌کار رفته در این دو تحقیق باشد (۱۷، ۲۴). از طرفی، هیچ گونه تفاوت معنی‌داری در میانگین و دامنه تغییرات آنزیم کراتین‌کیناز سرمی دو گروه، در هفته دوم مشاهده نشد. تفاوت بین هفته‌های اول و دوم نیز می‌تواند ناشی از عدم اختصاص زمان کافی برای بازگشت مقادیر افزایش یافته آنزیم کراتین‌کیناز سرمی هفته اول به سطح پایه باشد. در این رابطه، مطالعات قبلی مدت چهار الی پنج روز را برای تمرینات درونگرا و مدت ۷ الی ۱۴ روز را برای تمرینات برونگرا پیشنهاد می‌کنند (۲۶، ۲۷). البته، نتایج تحقیق حاضر حاکی است که هیچ گونه تفاوت معنی‌داری بین الگوی تغییرات آنزیم کراتین‌کیناز سرمی در دو دوره زمانی (دو هفته تمرینی با شدت‌های مختلف) به چشم نمی‌خورد. به عبارتی، در شروع تمرین مقاومتی با ۵۰ یا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه با توجه به شاخص آنزیم کراتین‌کیناز سرمی، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر، افزایش تورم ران در هفته اول به طور معنی‌داری تنها در گروه تمرینی با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه رخ داد. در حالی که در هفته دوم، هر دو گروه افزایش معنی‌داری را در شاخص تورم نشان دادند. عدم تغییر معنی‌دار تورم ران گروه A در هفته اول، با یافته‌های برنر و همکاران (۱۹۹۹) (۲۶)، جامورتاس و همکاران (۲۰۰۶) (۱۷)، زین‌الدین (۲۰۰۵) (۲۸)، پادون (۱۹۹۷) (۲۹)، میلز (۱۹۹۴) (۱۰) و آرمسترانگ (۱۹۸۳) (۳۰) همخوانی دارد. در این تحقیقات، افزایش تورم با تغییر دامنه حرکتی همراه بوده است (۱۷، ۳۱). بر اساس نتایج این تحقیقات، بیشترین افزایش حجم پلاسما، ۳۶ ساعت و افزایش گلبول‌های سفید^۲، ۱۲ ساعت پس از تمرین مشاهده شده است. به طور کلی، افزایش نامطلوب محیط دور ران، ممکن است به دلیل افزایش مهاجرت نوتروفیل‌ها به بافت آسیب دیده باشد (۱۱). براساس

1. Maximal Voluntary Contraction
2. White Blood Cells

نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت که هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین شاخص تورم دو گروه، در دو هفته متوالی به چشم نمی‌خورد. به عبارتی، الگوی فزاینده تغییرات شاخص‌های تورم در هر دو گروه طی دو هفته متوالی یکسان بوده است. با توجه به اینکه میزان تورم در هر دو گروه با دو شدت ۵۰ و ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه با هم مشابه است. بنابراین، به جای شروع تمرینات مقاومتی با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، می‌توان تمرینات را ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع کرد.

به هر حال، نتایج مطالعه حاضر، به کاهش معنی‌دار قدرت بیشینه هم‌طول پس از اجرای تمرینات مقاومتی اشاره دارد. این نتیجه با یافته‌های پادون و همکاران (۱۹۹۷) (۲۹)، زین‌الدین (۲۰۰۵) (۲۸)، جامورتاس (۲۰۰۵) (۱۷)، براسین (۲۰۰۳) (۶) همخوانی دارد. در این راستا، اندرو لاوندر و کازونوری نوساکا (۲۰۰۶) نیز به نوسانات و کاهش قدرت بیشینه هم‌طول به دنبال تمرینات درونگرا و برونگرا اشاره داشتند (۱۰). هانسون (۱۹۹۳) نیز عنوان کرد که حفظ قدرت بیشینه هم‌طول جهت ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری، به شدت تمرین به کار رفته بستگی دارد (۱۱). کاهش قدرت بیشینه عمدتاً، در نتیجه خستگی، عدم تمایل فرد برای استفاده از عضلات دردناک و کاهش ظرفیت ذاتی تولید نیروی عضلانی است (۱). در تأیید نتایج تحقیق حاضر، دانشفر (۱۳۷۷) با بررسی قدرت بیشینه هم‌طول در زمان‌های متوالی به کاهش قدرت بازکننده زانو، از یک تا ۲۴ ساعت پس از یک جلسه تمرین مقاومتی اشاره داشت. به علاوه، وی اعلام کرد که میزان قدرت هم‌طول پس از این مرحله، به تدریج تا روز ششم افزایش می‌یابد؛ ولی با گذشت این مدت نیز به سطح اولیه قبل از تمرین بازمی‌گردد (۱۱). در مقابل، در برخی از مطالعات اشاره شده است که بیشترین کاهش قدرت بیشینه هم‌طول عضلات درگیر، ۲۴ یا ۴۸ ساعت پس از تمرین شدید رخ می‌دهد. اما نباید از این موضوع غفلت کرد که فرآیند برگشت به حالت اولیه و ترمیم، فرآیندی طولانی است و با توجه به ارتباط نوع، شدت، مدت و تواتر انقباض‌های عضلانی در تمرینات مقاومتی مختلف ممکن است میزان کاهش و الگوی برگشت قدرت بیشینه هم‌طول، متفاوت باشد (۶،۹). با این حال، الگوی کاهنده تغییرات قدرت بیشینه هم‌طول، در تحقیق حاضر در هر دو گروه طی دو هفته متوالی یکسان است.

در ادامه، براساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت که دامنه حرکتی فعال عضلات پشت ران در نتیجه شرکت در تمرینات مقاومتی به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. البته، اختلافات بین گروهی مربوط به دامنه تغییرات شاخص انعطاف‌پذیری در هر دو هفته معنی‌دار نبود. به عبارتی، الگوی کاهنده تغییرات انعطاف‌پذیری در هر دو گروه طی دو هفته متوالی یکسان بوده است. این یافته با بیشتر نتایج مطالعات قبلی همخوانی دارد (۵،۱۲،۳۲). جامورتاس و همکاران (۲۰۰۵) نیز به کاهش شدید دامنه حرکتی، متعاقب انجام تمرینات برونگرایی اشاره داشتند (۱۷). یافته‌های

مطالعه زین‌الدین و همکاران (۲۰۰۵) نیز تأییدی بر مطلب یاد شده می‌باشد (۲۸). به هر حال، کوفتگی عضلانی تأخیری در عضلات پشت ران باعث ایجاد مشکل در صاف کردن زانو هنگام خم شدن به جلوی آزمون ولز می‌شود. همچنین به هنگام بلند شدن از وضعیت نشسته، فرد در عضلات پشت ران خود احساس درد می‌کند. بعضی از محققان، تجمع و افزایش غیر عادی یون کلسیم داخل سلولی به دلیل آسیب وارده به شبکه سارکوپلاسمی را عامل اصلی کوتاهی خود به خود عضله بعد از فعالیت شدید معرفی کرده‌اند (۴۰،۷،۱۱). از طرفی، تریفلد (۱۹۹۸) به رابطه بین ورم و دامنه حرکتی اشاره می‌کند. از این رو، این احتمال وجود دارد که روند آهسته‌آهسته اوج‌گیری تورم و درد عضلانی، عامل عدم تفاوت بین شدت‌های تمرینی مختلف باشد زیرا فرد به علت وجود تورم و درد از حرکت در دامنه کامل حرکتی خویش خودداری می‌کند (۳۳). به طوری که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز حاکی از این است که افزایش شاخص درک کوفتگی (افزایش احساس درد) هر دو گروه در هفته اول و دوم معنی‌دار بود. این نتیجه با یافته‌های گرگوری اوانس (۱۹۹۸) (۲۵)، کلینر (۱۹۹۶) (۴)، دولزال (۲۰۰۰) (۳)، زین‌الدین (۲۰۰۵) (۲۷)، آرمسترانگ (۱۹۸۶) (۳۰)، جی کائو یو (۲۰۰۱) (۵)، وینسنت (۱۹۹۷) (۲۱) و دیگر تحقیقات قبلی همخوانی داشت (۹،۱۷). درد، گرفتگی، سفتی، حساسیت غیرطبیعی و ضعف عضلانی از مواردی هستند که غالباً توسط افراد مبتلا به کوفتگی عضلانی، اظهار می‌شود. این احساسات بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از پایان تمرین به اوج می‌رسند و غالباً همراه با کاهش قدرت هستند (۱۱). آزاد شدن مواد زیست‌شیمیایی (مثل برادی‌کینین، هیستامین‌ها، پروستاگلان‌دین‌ها، اسیدها، عدم تعادل یون‌های پتاسیم، سروتونین و آنزیم‌های پروتئین شکن) از سلول‌های آسیب‌دیده باعث تحریک گیرنده‌های شیمیایی و ایجاد درد می‌شود (۲). البته باید خاطر نشان کرد که نتایج تحقیقات فرت (۱۹۹۹) (۳۴)، هانسن (۱۹۹۳) (۳۵)، ایزابل (۱۹۹۲) (۱۸) با نتیجه تحقیق حاضر مغایرت داشت. از آنجایی که شدت درد در تحقیقات یاد شده با مقیاس‌های مختلف سنجیده شده است، لذا می‌توان گفت داده‌های حاصله از تحقیقات تا اندازه‌ای متفاوت و متناقض هستند. البته با دسترسی به میزان دقت مقیاس‌های اندازه‌گیری باید اشاره داشت که مقیاس مورد استفاده در تحقیق حاضر، از دقت نسبتاً بالاتری برخوردار است. به علاوه، در این تحقیق میزان درد هنگام خم کردن ارادی مفصل زانو ارزیابی شده است که باعث تولید درد بیشتری نسبت به حالت استراحت می‌شود. طویل کردن تارهای عضلانی، کشش و تنش بیشتری بر بافت همبند اعمال می‌کند و باعث تمرکز کوفتگی در این محل می‌شود (۱۱). همچنین، کوتاهی تار عضلانی باعث ایجاد کشش بافت همبند و وترها هنگام خم کردن مفصل زانو می‌شود و پایانه‌های آزاد عصبی موجود در اتصال

عضلانی - وتری را تحریک می‌کند؛ بنابراین احساس درد پس از بروز کوفتگی عضلانی تأخیری، در حین اجرای حرکت عضو درگیر نسبت به ارزیابی در شرایط بی‌حرک و ایستا، بیشتر خواهد بود (۳۶). به هر حال نتایج تحقیق حاضر، نشان‌دهنده این است که اختلافات بین گروهی میانگین و دامنه تغییرات درک کوفتگی، پس از اجرای قرارداد تمرینی در هفته‌های اول و دوم معنی‌دار است. به عبارتی، الگوی فزاینده تغییرات درک کوفتگی در هر دو گروه، طی دو هفته متوالی یکسان نبوده است و میزان احساس درد در هفته اول در گروه شرکت‌کننده در تمرینات مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه بالاتر از افراد شرکت‌کننده در تمرینات با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. نتایج مطالعه گرگوری اوانس (۱۹۹۸) (۲۵)، با ۶۰ و ۸۰ درصد انقباض بیشینه ارادی، تأییدی بر نتایج مطالعه حاضر است؛ به طوری که آزمودنی‌ها پس از تمرین مقاومتی با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه نسبت به ۵۰ درصد، حین بلند شدن از وضعیت نشسته، در عضلات پشت ران خود به شدت احساس درد می‌کنند؛ زیرا عضلات در اثر کوفتگی عضلانی کوتاه شده‌اند و هر عملی که باعث کشیده شدن آنها شود، موجب دردناک شدن عضلات فرد می‌گردد.

به طور خلاصه، بر اساس نتایج حاصله از اثرات متقابل دوره‌های زمانی (دو هفته تمرینی مورد نظر برای شروع تمرین مقاومتی با ۵۰ یا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) مبنی بر تفاوت معنی‌دار درک کوفتگی و اظهار درد بیشتر در آزمودنی‌های گروه ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته اول، بهتر است جهت جلوگیری از کوفتگی و درد عضلانی شدید، مربیان و متخصصان ورزشی، افراد مبتدی را ترغیب کنند تا تمرینات مقاومتی را با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع کنند. البته چنین نتیجه‌ای در مورد سایر شاخص‌های کوفتگی عضلانی تأخیری و به‌ویژه آنزیم کراتین کیناز سرمی (به‌عنوان شاخص مستقیم آسیب سلولی) مشاهده نشده است. در این صورت، بدون توجه به شاخص درک کوفتگی (احساس درد) و با در نظر گرفتن اینکه انجام تمرین مقاومتی با شدت‌های کم، تأثیر قابل توجهی بر افزایش قدرت عضلانی ندارد، می‌توان به جای شروع تمرین مقاومتی با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، این گونه تمرینات را با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع کرد. این نکته برای ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی به جهت فشردگی برنامه‌های تمرینی متنوع و کمبود وقت برای آماده‌سازی با استفاده از تمرینات مقاومتی در فصل رقابت، بسیار حائز اهمیت است. با این حال، به دلیل اهمیت تمرینات مقاومتی و ابهامات مربوط به سازوکار اصلی، باید اذعان داشت که در راستای تعیین تأثیر قطعی شدت‌های مختلف تمرینات مقاومتی بر فرآیند کوفتگی عضلانی تأخیری و شاخص‌های آن، مطالعات جامع‌تری مورد نیاز است.

منابع:

۱. گائینی، عباسعلی و رجیبی، حمید (۱۳۸۴). «آمادگی جسمانی». تهران: انتشارات سمت، چاپ سوم.
۲. ویلمور، جک و کاستیل، دیوید ال (۱۳۸۴). «فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی». ترجمه ضیاء معینی، فرهاد رحمانی نیا، حمید رجیبی، حمید آقا علی نژاد و فاطمه سلامی. تهران: انتشارات مینکران، چاپ چهارم.
3. Dolezal, Brett A, Potteiger, Jeffery A, Dennis J, Stephen H, (2000). Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 32: 1202-1207.
4. Kleiner DM, Worley ME, Blessing DL, (1996). Creatine kinase response to various protocols of resistance exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*: 10: 15-19.
5. Kuo YC, Lin JC, (2001). Effects of resistance exercise on creatine kinase and lipid per oxidation production. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 35(5) Supplements 1:S368.
6. Brassine E, portmans J, Lissasi V and duchateaux J,(2003). Effect of eccentric hamstring contractions at short and long length on delayed onset muscular soreness (DOMS). *Isokinetics and Exercise Science*. 11: 59-60.
7. Braun WA, Flynn MG, Armstrong WJ, Jacks DD, (2005). The effects of chondroitin sulfate supplementation on indices of muscle damage induced by eccentric arm exercise. *Sports med phys fitness*. 45: 553-60.
8. Clarkson PM, Byrnes WC, McCormick KM, Turcotte LP, White JS, (1986). Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *International Journal of sports medicine*. 7: 152-5.
9. Dedrick ME, Clarkson P.M, (1990). The effects of eccentric exercise on motor performance in young and older women. *European Journal of Applied physiology and Occupational Physiology*. 60: 183- 186.
10. Lawender AP, Nosaka K, (2006). Change in function of isometric force following eccentric and concentric exercise of elbow flexors. *Applied physiology*. 96: 235-240.
۱۱. کیان مرز، وحیده (۱۳۸۵). «تأثیر حرکات کششی ایستا، ماساژ LPG و مصرف قرص ایبوپروفن بر شاخص‌های DOMS پس از یک جلسه تمرین مقاومتی در زنان غیر ورزشکار». هفتمین همایش ملی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز.

12. Apple FS, Hellsten Y, Clarkson PM, (1988). Early detection of skeletal muscle injury by assay of creatine kinase MM isoforms in serum after acute exercise. *Clinical chemistry*. 34: 1102-1106.
13. Brzycki M, (1998). *A Practical Approach To Strength Training*. McGraw-Hill.
14. Kolt GS, Maker SL, (2003). *Physical therapies in sport and exercise*. Published by Elsevier Health Sciences. Pp. 623.
15. Talag T, (1973). Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric and static contraction. *Research Quarterly*, 44, 458-469.
16. LaRoche D, (2005). Response to eccentric exercise following four weeks of flexibility training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 37(5) Supplements: S466.
17. Jamurtas AZ, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos AC., Paschalis V, Koutedakis Y, Nosaka K, (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*. 95: 2-3.
18. Koligowski, L.A; Lephart, M.S; Giannantonio, F.P; Blanc, R.O (1998). Effects of whirlpool therapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*. 33(3): 222- 228.
۱۹. کوهن، لوئیس و هالیدی، میشل (۱۳۸۰). «آمار در علوم تربیتی و تربیت بدنی». ترجمه دکتر علی دلور، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، چاپ سوم، صص: ۲۳۳ - ۲۴۹.
20. Paschalis V, Giakas G, Baltzopoulos V, (2006). The effects of muscle damage following eccentric exercise on gait biomechanics. *European Journal of Pain.Gait Posture*.20: 231-240.
21. Paul GL, DeLany JP, Snook JT, Seifert JG, Kirby TE, (1989). Serum and urinary markers of skeletal muscle tissue damage after weight lifting exercise. *Physiology Laboratory and Department of Human Nutrition and Food Management, the Ohio State University, 43210 Columbus, Ohio, USA*.
22. Vincent HK, Vincent KR, (1997). The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *International Journal Sports Med*. 18: 431-7.
23. Newham DJ, Johns DA, Edwards RHT, (1983). Large Delayed Plasma Changes after Stepping Exercise. *Muscle nerve*. 6: 380- 385.
24. Jamurtas AZ, (2000) Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *Strength and conditioning research*. 14: 68-74.
25. Evans GFF, Haller RG, Wyrick PS, Parkey RW, Fleckenstein JL, (1998). Sub maximal delayed-onset muscle soreness: Correlation between MR imaging findings and clinical measures. *RSNA, radiology*.208:815- 820.

26. Brenner IKM, Natale VM, Vasilios P, Moldoveanu AI, Shek PN and Shepard RJ, (1999). Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. *Eur J Appl Physiol.* 80: 452-460.
27. Zainuddin Z, Hope P, Newton M, Sacco P, Nosaka K, (2005). Effects of partial immobilization after eccentric exercise on recovery from muscle damage. *Journal of Athletic .training.* 40: 197-202.
28. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K, (2005). Effect of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling and recovery of muscle function. *Journal of athletic training.* 40: 174-180.
29. Nottle C, Nosaka K, (2005). Repeated bout effect conferred by downhill backward walking. *Journal of Exercise Physiology online* 8(1): 1- 10.
30. Armstrong RB. Mechanisms of exercise- induced delayed onset muscular soreness, (1984). *J Med Sci in Sport and Exercise.* 16: 529-538.
31. Paddon-Jones DJ, Quigley BM, (1997). Effect of cry therapy on muscle soreness and strength following eccentric exercise. *Int J Sports Med.* 18: 588-93.
32. Brock ST, Clasey JL, Gater DR, Yates JW, (2004). Effects of deep heat as a preventative mechanism on delayed onset muscle soreness. *Strength Cond Res.* 18: 155-61.
33. Triffletti P, Litchfield PE, Clarkson PM, Byrnes WC, (1988). Creatine kinase and muscle soreness after repeated isometric exercise. *Medicine and science in sports and exercise.* 20: 242-248.
34. Ferret J, (1999). Effects of LPG systems technique on motor performance in high level football players. *Fvtrait de sport med* 117: 20-24.
35. Hansson S, Daniels J, Niebuhr B, Richmond S, Stein P, Williams J, (1993). Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage, and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 25: 9-17.
36. Miles M, Clarkson P, (1994). Exercise- induced muscle pain, soreness, and cramps. *Journal of Sport medician and physical fitness.* 34: 203-216.