پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۴، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱
ص ص : ۱۶۲- ۱۵۱

تأثیر ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد بر شاخص‌های آسیب عضلانی و عملکرد ورزشی متعاقب انجام فعالیت سرعتی تکراری در فوتبالیست‌های مرد جوان

بابک مصطفی فرخانی[۱] – فاطمه خدادادی [۲] – غزاله کریمی ترشیزی[۳] – محمد مسافری ضیاءالدینی[۴] – مهدی مقرنسی*[۵]

۱.دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران ۲. دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ۳. کارشناس، مؤسسهٔ آموزش عالی خاوران مشهد، مشهد، ایران ۴. استادیار، دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ۵. استاد، دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

(تاریخ دریافت : ۰۴/ ۰۸/ ۱۴۰۰ ، تاریخ تصویب : ۲۴/ ۰۱ / ۱۴۰۱)

چکیده

انجام فعالیت بدنی شدید ممکن است به ایجاد آسیب عضلانی و خستگی منجر شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر روش ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد بر شاخص‌های آسیب عضلانی و عملکرد ورزشی متعاقب انجام فعالیت سرعتی تکراری در فوتبالیست‌های مرد جوان بود. در این تحقیق کاربردی ۳۰ نفر از فوتبالیست‌های جوان براساس معیارهای ورود به تحقیق انتخاب شدند. درصد چربی، VO_2max، قدرت و توان آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و سپس به‌صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره شامل گروه غوطه‌وری در آب سرد(CWI) و کنترل (C) تقسیم شدند. با گذشت ۲۴ ساعت از آزمون‌های آمادگی جسمانی، نمونه‌گیری خون مرحلهٔ اول به‌منظور تعیین سطوح پلاسمایی لاکتات دهیدروژناز (LDH) و کراتین کینار (CK) انجام گرفت و پس از ۲۴ ساعت همهٔ آزمودنی‌ها ۸ نوبت در مسیر ۲۰ متری به‌صورت رفت و برگشت و با تمام سرعت دویدند. هر نوبت ۷ ثانیه به طول می‌انجامید و بین هر نوبت ۲۱ ثانیه استراحت داشتند. متعاقب اتمام تمرین، گروه کنترل به سرد کردن معمولی و گروه غوطه‌وری در آب سرد، مدت ۱۲ دقیقه در مخزنی از آب سرد با دمای ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. از آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و بونفرونی در سطح معناداری $p<۰/۰۵$ به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی استفاده شد. نتایج نشان داد که ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد موجب عدم افزایش سطوح CK، LDH می‌شود. همچنین عملکرد در متغیرهای حداکثر اکسیژن مصرفی، قدرت و توان عضلانی در هر دو گروه کاهش نداشت ($P>۰/۰۵$). سطوح پلاسمایی CK در گروه C, ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری داشت ($P=۰/۰۰۰۱$). همچنین LDH در گروه C ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری داشت ($P=۰/۰۰۰۱$). اما سطوح پلاسمایی CK در گروه CWI ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری نشان نداد. همچنین سطوح پلاسمایی LDH در گروه CWI ۲۴ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری داشت ($P=۰/۰۰۰۱$)، اما ۴۸ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری نشان نداد. نتایج این تحقیق نشان داد که روش ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد احتمالاً در کاهش آسیب عضلانی ناشی از تمرین شدید اثربخش است و مربیان می‌توانند از این روش ریکاوری برای کاهش آسیب عضلانی متعاقب تمرینات شدید استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی

غوطه‌وری در آب سرد، فعالیت سرعتی تکراری، کراتین کیناز (CK)، لاکتات دهیدروژناز (LDH).

* نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۵۳۴۱۲۶۹۶
Email:mogharnasi@birjand.ac.ir

مقدمه

پس از انجام تمرینات شدید یا مسابقهٔ فوتبال، موقعیت‌های مختلف فیزیولوژیکی، نورولوژیکی، تغذیه‌ای و روانی ورزشکار به چالش کشیده می‌شود و آسیب‌های ساختاری در عضلات که عامل محدودکنندهٔ قوی برای عملکرد عضله است، حتی برای ورزشکارانی که صدمه ندیده‌اند، نیز به چشم می‌خورد (۱). به‌وجود آمدن این آسیب‌های عضلانی می‌تواند موجب درد، کاهش دامنهٔ حرکتی و تضعیف عملکرد ورزشی شود. ازاین‌رو بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت‌های ورزشی سنگین، از قسمت‌های مهم برنامهٔ تمرینی و رقابتی ورزشکاران برای حفظ و افزایش سطح عملکرد ورزشی در رشته‌های ورزشی مختلف محسوب می‌شود (۲). فعالیت‌های ورزشی شدید مانند توقف‌های ناگهانی متعاقب دویدن با سرعت بالا، تغییر مسیرهای ناگهانی و فرودهای پی‌درپی می‌توانند سبب عدم تعادل هموستاز، گرفتگی، تورم و آسیب‌های ریز عضلانی شوند که پیامد اصلی این اتفاق کاهش در سطح عملکرد ورزشی ورزشکاران است (۳). بر همین اساس کاهش درد و گرفتگی عضلانی به چندین روز زمان نیاز دارد، اما گاهی تکرار مسابقات و یا تمرینات شدید در زمان‌های کوتاه موجب می‌شود تا مربیان و ورزشکاران به‌دنبال راهکارهایی به‌منظور از بین بردن درد و گرفتگی عضلانی در زمان سریع‌تر باشند (۴). در همین راستا روش‌های بازگشت به حالت اولیه مورد توجه مربیان و ورزشکاران قرار گرفته است. از جملهٔ این روش‌ها می‌توان به غوطه‌وری در آب سرد[1] خواب[2] تغذیه[3] تمرینات کششی[4] و استفاده از مکمل‌های ورزشی[5] اشاره کرد (۵). در این میان، غوطه‌وری در آب سرد (CWI) مورد توجه ورزشکاران و مربیان قرار گرفته است و ورزشکاران زیادی از این روش جهت بازگشت به حالت اولیه سریع‌تر و بهبود عملکرد ورزشی استفاده می‌کنند (۶). به‌طور کلی CWI به معنای غوطه‌ور شدن در آب با دمای ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ تا ۱۴ دقیقه به‌صورت برهنه و تا سطح گردن است (۷). از طرف دیگر آسیب عضلانی ناشی از ورزش[6](EIMD) از طریق کاهش قدرت عضلانی، کاهش دامنه‌ی حرکت مفصل، تغییر در قطر عضله و تراوش پروتئین‌های عضله به داخل خون متعاقب تمرینات شدید مشخص می‌شود. آسیب و درد عضلانی ناشی از ورزش، با تخلیه گلیکوژن عضله و تخریب سارکومرها همراه است (۸). از شاخص‌های بیوشیمیایی EIMD می‌توان به کراتین کیناز[7](CK)، آمینو آسپارت ترانسفرز[8]و لاکتات دهیدروژناز[9](LDH) اشاره کرد. انتشار این آنزیم‌ها از محیط درون‌عضلانی به خون نشان‌دهندهٔ آسیب ساختاری تارهای عضلانی است و افزایش سطح این شاخص‌ها در خون نشان‌دهندهٔ ایجاد EIMD است (۹). در سال‌های اخیر CWI به‌عنوان روشی مناسب برای بازگشت به حالت اولیه از مسابقه یا نوبت‌های تمرینی شدید در ورزش‌های حرفه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. در همین زمینه مطالعات متعددی تأثیرات غوطه‌وری در آب سرد را بررسی کرده‌اند، اما در کل نتایج همسویی گزارش نشده است (۱۰). برخی تحقیقات تأثیر مفید غوطه‌وری در آب سرد را بر عملکرد ورزشی و آسیب‌های عضلانی تأیید کرده‌اند، درحالی‌که سایر مطالعات تأثیر اندک و یا عدم تأثیر این روش را گزارش کرده‌اند (۱۱). گزارش شده است که غوطه‌وری در آب سرد به بهبود عملکرد قدرتی و توانی متعاقب تمرین شدید منجر می‌شود و در مقایسه با گروه کنترل، کوفتگی و آسیب عضلانی را کاهش می‌دهد (۱۲).

1 . Cold water immersion
2 . Sleep
3 . Nutrition
4 . Stretching training
5 . Sport supplement
6 . Exercise induced muscles damage
7 . Creatine kinase
8 . Aspartate aminotransferase
9 . Lactate dehydrogenase

جاکمن[1] و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کرده‌اند که استفاده از آب سرد حتی ممکن است علاوه‌بر نداشتن تأثیر مثبت بر سازوکار بدن انسان (۸)، گرفتگی عضلانی پس از فعالیت ورزشی را در روز بعد افزایش دهد (۱۲). همچنین بابک و همکاران (۲۰۲۱) نیز عدم کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی را متعاقب چهار هفته خوگیری با غوطه‌وری در آب سرد گزارش کردند (۱۳). از طرف دیگر امروزه مربیان به‌منظور بهبود توان هوازی و بی‌هوازی ورزشکاران از تمرین تکرار دوهای سرعت[2](RSA) که نوعی از تمرینات تناوبی با شدت بالا[3]است، استفاده می‌کنند (۱۴). ویژگی این نوع تمرینات، وهله‌های فعالیت سرعتی کمتر از ۱۰ ثانیه و استراحت‌های کوتاه‌مدت کمتر از ۶۰ ثانیه بین وهله‌های فعالیت است (۱۴). یکی از مهم‌ترین پیامدهای فعالیت ورزشی شدید مانند فعالیت سرعتی، افزایش عوامل اکسایشی و ایجاد آسیب‌های عضلانی است (۱۵). پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که انجام تمرین RSA موجب افزایش شاخص‌های بیوشیمیایی آسیب عضلانی در خون می‌شوند (۱۳). همچنین تحقیقاتی که بر تأثیر فعالیت‌های بی‌هوازی در ایجاد EIMD متمرکز شده‌اند، گزارش کرده‌اند که یک جلسه تمرین شدید نیز سبب افزایش غلظت شاخص‌های آسیب عضلانی در خون و بروز استرس اکسیداتیو می‌شود (۱۶)، هرچند اطلاعات در این زمینه متناقض است، اما به‌طور کلی، روش CWI به‌نحو گسترده‌ای برای تحریک انقباض عروق پس از بروز آسیب‌های عضلانی حاد و پیشرفت ریکاوری فیزیولوژیکی و روانی و کاهش EIMD کاربرد دارد (۱۷). متعاقب بررسی‌های تیم تحقیق حاضر، تأثیر ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد بر شاخص‌های آسیب عضلانی و عملکرد ورزشی متعاقب انجام فعالیت سرعتی تکراری محدود به‌نظر می‌رسد. بر همین اساس، با توجه به تأثیرات پیشنهادشده برای غوطه‌وری در آب سرد، همچنین نظر به اینکه پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن می‌تواند تحت تأثیر سن قرار گیرد، به‌منظور کنترل اثر سن و براساس جامعهٔ در دسترس، تحقیق حاضر در نظر دارد تا تأثیر ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد را بر شاخص‌های آسیب و عملکرد عضلانی متعاقب انجام فعالیت سرعتی تکراری در فوتبالیست‌های مرد جوان بررسی کند.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و به روش نیمه‌تجربی با یک گروه تجربی و یک گروه کنترل انجام گرفت. ۳۰ نفر از فوتبالیست‌های جوان حرفه‌ای (دارای قرارداد رسمی با باشگاه‌های فوتبال استان خراسان رضوی که دارای مجوز فعالیت از ادارهٔ ورزش و جوانان استان را داشتند) (قد=۶/۱±۱۷۴سانتی‌متر، سن=۰/۴۹±۱۸ سال، وزن=۲/۲±۶۳ کیلوگرم) برای انجام تحقیق حاضر به‌طور هدفمند انتخاب شدند. همهٔ آزمودنی‌ها سابقهٔ حداقل سه سال حضور در مسابقات فوتبال لیگ برتر استان خراسان رضوی را داشتند. معیارهای ورود به تحقیق شامل نداشتن سابقهٔ بیماری خاص، استفاده نکردن از مکمل‌های ورزشی و استروئیدهای آنابولیک و عدم استعمال دخانیات بود. همچنین معیارهای خروج از تحقیق شامل آسیب‌دیدگی، غیبت بیش از دو جلسه در تمرینات و مصرف هرگونه داروی خاص بود. تمام اصول اخلاقی در مطالعات انسانی در تحقیق حاضر رعایت شد و به تمام آزمودنی‌ها اجازه داده شد هر زمان که تمایل داشتند، از شرکت در مراحل تحقیق انصراف دهند. داوطلبان منتخب پس از بررسی و تأیید سلامت براساس ارائهٔ پاسخ منفی به تمام سؤالات پرسشنامهٔ آمادگی

1 . Jakeman
2 . Repeated sprint ability
3 . High intensity interval training

برای فعالیت بدنی[1](PAR-Q)، وارد مراحل تحقیق شدند. پیش از شروع پروتکل تحقیق، پیامدهای احتمالی به همهٔ آزمودنی‌ها اعلام شد و درصد چربی آزمودنی‌ها توسط کالیپر و به‌صورت اندازه‌گیری سه‌نقطه‌ای انجام و با فرمول جکسون پولاک[2] محاسبه شد (۱۸). پس از اندازه‌گیری VO2max، قدرت و توان، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره شامل گروه غوطه‌وری در آب سرد (CWI) و کنترل (C) تقسیم شدند. آزمون‌ها در هر دو نوبت توسط یک آزمونگر در زمین چمن برگزار شد و در تمام طول مدت انجام آزمون، آزمودنی‌ها توسط آزمونگر تشویق کلامی می‌شدند (۱۹). ترتیب آزمون‌ها بدین‌صورت بود که ابتدا قدرت عضلانی اندازه‌گیری شد، سپس با گذشت ۵ دقیقه از اتمام اندازه‌گیری قدرت نفر آخر، اندازه‌گیری توان انجام گرفت و با گذشت ۵ دقیقه از اتمام اندازه‌گیری توان نفر آخر، VO2max اندازه‌گیری شد. با گذشت ۲۴ ساعت از ارزیابی آزمون‌های آمادگی جسمانی، نمونه‌گیری خون در مرحلهٔ اول انجام گرفت و پس از ۲۴ ساعت همهٔ آزمودنی‌ها پروتکل تمرین تکرار فعالیت سرعتی را انجام دادند و متعاقب اتمام تمرین، گروه کنترل به سرد کردن معمولی شامل ۵ دقیقه دویدن و ۵ دقیقه حرکات کششی و گروه غوطه‌وری در آب سرد، پروتکل غوطه‌وری در آب سرد را تجربه کردند. در نهایت، پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت از جلسهٔ تمرین، نمونه‌گیری خون و اندازه‌گیری VO_2max، قدرت و توان در مراحل دوم و سوم انجام گرفت. شکل ۱ نمای شماتیک طرح تحقیق و جدول ۱ ویژگی‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۱. نمای شماتیک طرح تحقیق

جدول ۱. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد± میانگین) در گروه‌های تحقیق

گروه	سن (سال)	چربی (درصد)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)
غوطه‌وری در آب سرد	۱۸/۶۲±۰/۱۱	۲/۶۴±۹/۲۰	۶۹/۶۸±۲/۹۱	۱۷۲±۴/۲۱
کنترل	۱۸/۱۵±۰/۲۱	۱/۸۲±۶/۰۹	۷۰/۱۴±۳/۱۹	۱۷۸±۴/۱۱

اندازه‌گیری شاخص‌های آنتروپومتریک

اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک شامل قد، وزن و میزان درصد چربی آزمودنی‌ها بود. تمامی اندازه‌گیری‌ها در هر دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون توسط دو کارشناس علوم ورزشی و در ساعت ۱۰ صبح در سالن ورزشی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری قد، از قدسنج سکا ساخت آلمان (حساسیت پنج میلی‌متر) درحالی‌که آزمودنی به‌صورت ایستاده بود، استفاده شد. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری وزن از ترازوی سکا ساخت آلمان (حساسیت ۱۰ گرم) استفاده شد. شاخص تودهٔ بدن از تقسیم وزن بر مجذور قد محاسبه شد. درصد چربی آزمودنی‌ها توسط کالیپر و به‌صورت اندازه‌گیری سه‌نقطه‌ای انجام گرفت. نقاط موردنظر

1 . Physical activity readiness questionnaire

2 . Jackson Pollock

برای اندازه‌گیری شامل سینه، ران و شکم است. در نهایت درصد چربی با فرمول زیر محاسبه شد. به‌منظور افزایش دقت، تمامی اندازه‌گیری‌ها از سمت راست بدن صورت گرفت (۱۸).

(۰/۰۰۰۲۵۷۴*سن)-(۰/۰۰۰۰۰۱۶*مربع جمع سه نقطه)+(۰/۰۰۰۸۲۶۷*جمع سه نقطه) -۱/۱۰۹۳۸ = درصد چربی

تعیین VO_2max

حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها به‌وسیلهٔ آزمون یویو ریکاوری مرحلهٔ اول (YIRL1)[1] اندازه‌گیری شد. در این آزمون ابتدا دو خط به فاصلهٔ ۲۵ متر از یکدیگر رسم و سپس خط شروع با فاصلهٔ پنج متر از خط اول رسم شد. آزمودنی‌ها با شنیدن صدای بوق، مسیر ۲۰ متری را طی می‌کردند و برمی‌گشتند و حد فاصل خط اول تا خط شروع را در زمان پنج ثانیه برای ریکاوری فعال طی می‌کردند. آزمون با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت شروع و پس از آن با پیشرفت مراحل آزمون، سرعت به‌تدریج افزایش داشت. اتمام آزمون برای هر آزمودنی زمانی بود که برای دومین بار پس از شنیدن صدای بوق نمی‌توانست به خط اول برسد. در پایان، مسافت پیموده‌شده توسط آزمودنی‌ها محاسبه و با استفاده از فرمول زیر، VO_2max فرد محاسبه شد (۲۰).

۳۶/۴ +۰/۰۰۸۴ * مسافت دویدن (متر) **= حداکثر اکسیژن مصرفی (کیلوگرم/وزن بدن/ دقیقه)**

تعیین قدرت عضلانی (1RM)

آزمون حداکثر قدرت عضلانی در دو حرکت پرس سینه و اسکات انجام گرفت. ابتدا شرکت‌کننده‌ها به گرم کردن عمومی شامل ۵ تا ۱۰ دقیقه دویدن پرداختند. سپس برای گرم کردن اختصاصی شرکت‌کننده‌ها ۵ تکرار با تقریباً ۵۰ درصد حداکثر قدرت عضلانی را در هر حرکت اجرا کردند و به‌دنبال آن ۱ یا ۲ نوبت با ۲ تا ۳ تکرار با بار تقریبی ۶۰ تا ۸۰ درصد حداکثر قدرت عضلانی اجرا شد. سپس مقدار وزنه را تا حدی که بتوانند تنها یک تکرار از حرکت را انجام دهند، افزایش دادند تا حداکثر قدرت عضلانی مشخص شود. تمامی شرکت‌کننده‌ها گزارش کردند که ۴۸ ساعت پیش از انجام تست هیچ‌گونه فعالیت بدنی شدیدی نداشتند. تمامی شرکت‌کننده‌ها بین هر تلاش برای تعیین حداکثر قدرت عضلانی ۳ تا ۵ دقیقه استراحت غیرفعال داشتند و حداکثر قدرت عضلانی حداکثر در ۵ تلاش تعیین شد. در حرکت اسکات ملاک صحیح بودن اجرای حرکت، خم شدن زانوها تا زاویهٔ ۹۰ درجه و سپس صاف شدن کامل زانوها و همچنین در حرکت پرس سینه رسیدن میله هالتر به قفسهٔ سینه و سپس صاف شدن کامل آرنج‌ها ملاک اجرای صحیح بود. به‌منظور پیشگیری از خطاهای احتمالی در طول مدت تست دو مربی آموزش‌دیده و باتجربه در کنار شرکت‌کننده‌ها به آموزش، نظارت و کنترل دقیق حرکات پرداختند (۲۱).

تعیین توان عضلات اندام تحتانی (میزان پرش عمودی)

به‌منظور اندازه‌گیری میزان توان عضلات اندام تحتانی از آزمون پرش عمودی سارجنت[2] استفاده شد. این آزمون به این صورت انجام گرفت که شرکت‌کننده به پهلو در کنار دیوار خط‌کشی‌شده قرار می‌گرفت و دست خود را بالا می‌برد و بالاترین نقطه‌ای (نوک انگشتان دست) که فرد لمس می‌کرد، علامت‌گذاری می‌شد. پس از آن

1 . Yoyo intermittent recovery level 1

2 . Sargent vertical jump

شرکت‌کننده یک پرش عمودی با تمام توان انجام می‌داد و مجدد نقطه‌ای که با نوک انگشتان دست لمس می‌کرد، علامت‌گذاری می‌شد. فاصلهٔ بین دو نقطهٔ مشخص‌شده نشان‌دهندهٔ میزان پرش عمودی شرکت‌کننده بود. شایان ذکر است شرکت‌کننده‌ها در طول آزمون، سه پرش را انجام دادند و بالاترین پرش برای آنها ثبت شد (۲۲).

پروتکل فعالیت سرعتی تکراری

تمام آزمودنی‌ها به‌منظور گرم کردن ابتدا ۱۰ دقیقه به دویدن نرم پرداختند و سپس ۵ دقیقه حرکات کششی پویا را انجام دادند. پس از اتمام گرم کردن، آزمودنی‌ها پروتکل فعالیت سرعتی تکراری را که شامل ۸ تکرار ۷ ثانیه‌ای بود، به این صورت اجرا کردند که به مدت ۷ ثانیه با تمام سرعت مسیر ۲۰ متری را به شکل رفت و برگشت دویدند و بین هر تکرار به مدت ۲۱ ثانیه استراحت غیرفعال داشتند. همچنین بین تکرار چهارم و پنجم، ۵ دقیقه استراحت غیرفعال وجود داشت (۲۳).

پروتکل غوطه‌وری در آب سرد

پس از اتمام تمرین آزمودنی‌های گروه کنترل به حالت غیرفعال و به شکل نشسته استراحت کردند، اما گروه CWI به مدت ۱۲ دقیقه در مخزنی از آب سرد با دمای ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد، تا عمقی که کاملاً تا محدودهٔ زائده خاجی بود، قرار گرفتند (۲۴).

نمونه‌گیری خون

اولین نمونهٔ خون در ساعات اولیه صبح آزمون در حالت ناشتا (۱۲ساعت ناشتایی) پیش از تمرین از محل ورید پیش‌آرنجی بازوی راست هر گروه جمع‌آوری شد و به‌دنبال آن نمونهٔ خون دوم در فاصلهٔ زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از اجرای پروتکل تمرین از تمامی آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد. نمونه‌های خونی سانتریفیوژ (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) و سرم حاصل جدا شد و تا زمان سنجش‌های آزمایشگاهی در فریزر با دمای منفی ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. سطوح پلاسمایی آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز با استفاده از کیت‌های شرکت زل‌بایو ساخت آلمان با حساسیت به‌ترتیب ۴ و ۵ واحد در لیتر و ضریب تغییرات به‌ترتیب ۳/۸۶ و ۲ درصد تعیین شدند.

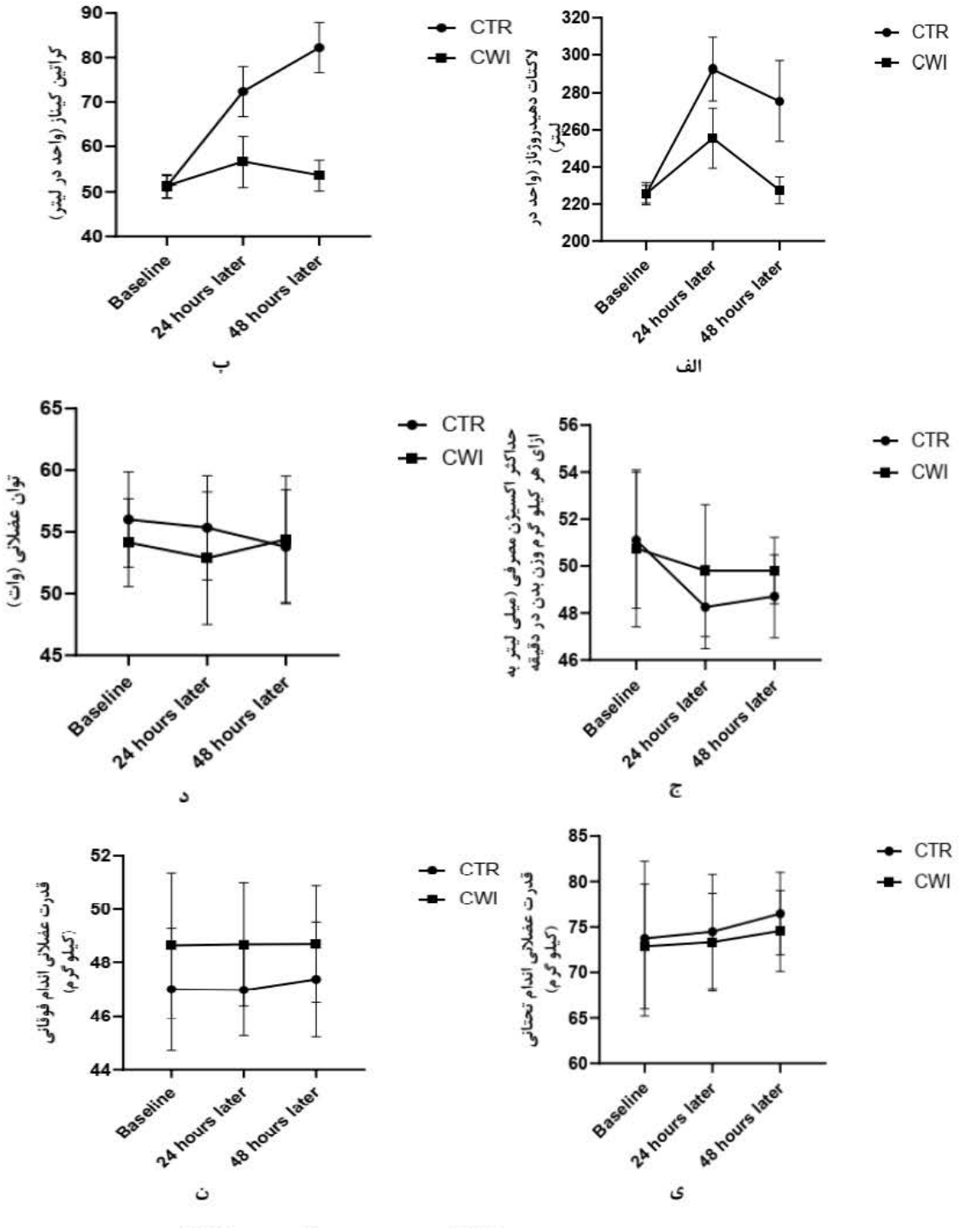
روش آماری

به‌منظور توصیف داده‌ها، از روش‌های آمار توصیفی (شامل میانگین و انحراف استاندارد) استفاده شد. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو - ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی نیز از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همهٔ محاسبات آماری در محیط نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۲ انجام و سطح معناداری در تمامی آزمون‌ها، $P < ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میزان تغییرات متغیرهای تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در متغیر LDH در گروه‌ها و زمان‌های مختلف تفاوت معنادار وجود دارد (P=۰/۰۰۰۱). بر همین اساس نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که در گروه CWI و گروه CTR، متغیر LDH، ۲۴ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری داشته است (P=۰/۰۰۰۱)، اما ۴۸ ساعت پس از ریکاوری افزایش معنادار تنها در گروه C وجود دارد (P=۰/۰۰۰۱)(شکل ۲ الف). نتایج نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت معنادار بین گروه‌ها و زمان‌های مختلف در متغیر CK است (P=۰/۰۰۰۱). در همین زمینه نتایج آزمون بونفرونی حاکی از افزایش

معنادار CK در گروه C، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از ریکاوری است (P=۰/۰۰۰۱) (شکل ۲ ب). از طرفی تفاوت معناداری در متغیرهای حداکثر اکسیژن مصرفی، توان و قدرت عضلانی مشاهده نشد (شکل ۲ ج، د، ی، ن).



شکل ۲. تغییرات متغیرهای تحقیق (CWI: غوطه‌وری در آب سرد CTR: کنترل)

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر ریکاوری با غوطه‌وری در آب سرد بر شاخص‌های آسیب عضلانی و عملکرد ورزشی متعاقب انجام فعالیت سرعتی تکراری در فوتبالیست‌های مرد جوان بود. براساس نتایج تحقیق حاضر یک جلسه غوطه‌وری در آب سرد، با وجود افزایش شاخص لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز، نسبت به گروه کنترل افزایش کمتری داشته و پس از ۴۸ ساعت از افزایش بیشتر آن جلوگیری کرده است و حتی مشاهده شد مقادیر شاخص لاکتات دهیدروژناز پس از ۴۸ ساعت به سطوح اولیهٔ قبل از تمرین رسیده است. اما در گروه کنترل (دویدن و تمرینات کششی) ریکاوری پس از ۴۸ ساعت نتوانسته از افزایش لاکتات دهیدورژناز و کراتین کیناز جلوگیری کند. نتایج بین‌گروهی در ارتباط با شاخص لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از CWI معنادار بوده و نشان از تأثیرگذاری پروتکل CWI بر شاخص‌های آسیب عضلانی نسبت به روش‌های سنتی ریکاوری دارد. با وجود این، نتایج این تحقیق مطابق با تحقیقات قبلی (۱۷، ۲۵، ۲۶) نشان داد که غوطه‌وری در آب سرد در کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی پس از ۲۴ ساعت بی‌اثر است. این در حالی است که در گروه کنترل شاهد افزایش بیشتر این شاخص‌ها بودیم. نتایج این تحقیق با یافته‌های رونکیانی و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد، آنها مشاهده کردند که کراتین فسفات و لاکتات دهیدروژناز پس از مداخله تمرینی افزایش یافته است که نشان می‌دهد پروتکل تمرینی دارای بار کافی است و به آسیب عضلانی منجر شده است، در ادامه پروتکل CWI توانست سطوح کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز را پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت کاهش دهد و اثر مثبتی بر شاخص‌های آسیب عضلانی بگذارد (۲۷). در تحقیق حاضر، سطوح پلاسمایی لاکتات دهیدروژناز در گروه CWI، ۲۴ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری داشت، اما ۴۸ ساعت پس از ریکاوری افزایش معناداری نشان نداد. این نتیجه نشان می‌دهد که برنامهٔ تمرینی دارای شدت کافی برای بروز آسیب عضلانی بوده، اما پروتکل CWI با کاهش نفوذپذیری عروق خونی و لنفی توانسته از پاسخ التهابی عضله جلوگیری کند و از افزایش لاکتات دهیدروژناز به‌عنوان شاخص آسیب عضلانی پس از ۴۸ ساعت جلوگیری کند. برخلاف تحقیقات ذکرشده، برخی تحقیقات نشان می‌دهد که CWI هیچ تأثیری در کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی در خون ندارد (۳۰-۲۸). سازوکارهای پیشنهادی که اثر غوطه‌وری در آب سرد را توجیه می‌کنند، عنوان می‌کنند که پس از گذشت ۲۴ ساعت از تمرین شدید، عضلات درگیر در فعالیت دردناک و متورم می‌شوند. همچنین افزایش جریان خون در عضله سبب تورم بیشتر بافت عضلانی می‌شود. گیرنده‌های عصبی این پیام‌های غیرمعمول را دریافت می‌کنند و سپس پیام درد را به مغز می‌فرستند. در نتیجهٔ همهٔ این فرایندها نشانگرهای آسیب عضلانی توسط جریان خون به آن ناحیه هدایت می‌شوند (۳۱). از طرفی، غوطه‌ور شدن در آب سرد با کاهش جریان خون عضلات می‌تواند از تورم عضلات پس از تمرین جلوگیری کند یا آن را کاهش دهد. همچنین غوطه‌ور شدن در آب سرد نفوذپذیری دیواره عروق را کاهش می‌دهد و از تورم سلول جلوگیری می‌کند، که هر دوی این سازوکارها به کاهش انتقال پیام‌های درد و در نتیجه کاهش انتشار نشانگرهای آسیب عضلانی در جریان خون منجر می‌شوند (۳۲). بازیابی آسیب عضلانی ناشی از ورزش برای جلوگیری از کاهش عملکرد و ظرفیت کاری ضروری است. در حال حاضر مطالعات نسبتاً کمی اثربخشی CWI بر قدرت و توان عضلانی را بررسی کرده‌اند که در مجموع نتایج جامع و یکپارچه‌ای ارائه نشده است (۳۳). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پروتکل CWI موجب عدم کاهش معنادار عملکرد در میزان پرش عمودی، قدرت اندام تحتانی

و فوقانی و همچنین حداکثر اکسیژن مصرفی شده است. این نتایج با یافته‌های روبرت و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد (۳۴). آنها نیز نتیجه گرفتند که غوطه‌وری در آب سرد به پیشگیری از کاهش عملکرد پرش و قدرت ایزومتریک منجر می‌شود. همچنین وایل و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که غوطه‌وری در آب سرد موجب بهبود نیرو و قدرت اوج پس از ۲۴ ساعت از مداخلهٔ CWI می‌شود (۳۵). عوامل زیادی بر بازیابی عملکرد ورزشی بعد از مداخلهٔ CWI درگیرند، در واقع از دست دادن قدرت عضلانی پس از انقباضات عضلانی طی ورزش می‌تواند مربوط به از دست دادن پروتئین‌های انقباضی، آسیب ساختاری و یا آسیب به دوگانه تحریک انقباض باشد. عواملی مثل بیان پروتئین‌های DHPR[1] واقع در لوله‌های T و RYR[2] کانال انتشار کلسیم شبکهٔ سارکوپلاسمی، برای تنظیم و انتشار کلسیم ضروری است، از آنجا که سازگاری با سرما می‌تواند بر جابه‌جایی و سرعت حرکت کلسیم تأثیر بگذارد، بنابراین به احتمال زیاد CWI باید بتواند روی این عوامل اثر مثبتی بگذارد (۳۳). یافته‌های تحقیق ما نشان داد که به احتمال زیاد غوطه‌وری در آب سرد توانسته بر برخی عوامل متابولیکی (اختلال در آزادسازی Ca^{2+}) یا عصبی عضلانی که پس از ورزش بر حداکثر قدرت و توان اثر منفی می‌گذارند، تأثیر بگذارد تا بتواند عملکرد ورزشی را بهبود دهد، هرچند این اثر به عدم کاهش عملکرد منجر شده و نتوانسته بهبودی در عملکرد ایجاد کند. از طرف دیگر فعالیت‌های ورزشی شدید اگر همراه با آسیب عضلانی باشد، به بروز پاسخ التهابی منجر می‌شود (۳۶) یکی از پیامدهای این پاسخ، ترشح اینترلوکین-۶ به گردش خون است. با اینکه در تحقیق حاضر سایتوکاین‌های التهابی اندازه‌گیری نشد، اما برخی مطالعات نشان داده‌اند که پاسخ التهابی در اثر قرارگیری در آب سرد و استفاده از CWI به‌دلیل کاهش نفوذپذیری عروقی و لنفی، کاهش می‌یابد (۶) که همهٔ این موارد به نفع قدرت و توان عضلانی است. به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر نیز پروتکل CWI توانسته از طریق کاهش پاسخ‌های التهابی تا حدی از کاهش قدرت و توان جلوگیری کند و احتمالاً گویای این مطلب است که غوطه‌وری در آب سرد اگرچه نتوانسته سبب بهبود قدرت و توان عضلانی شود، اما از کاهش این عوامل هم جلوگیری کرده است. به‌طور کلی عوامل زیادی در اثربخشی CWI مؤثرند که از جمله می‌توان به تنوع در نوع پروتکل (دمای آب، مدت زمان قرارگیری در آب سرد و ...)، شدت تمرینات، جنسیت و سطح فعالیت شرکت‌کنندگان اشاره کرد. از محدودیت‌های مهم تحقیق حاضر، عدم اندازه‌گیری نشانگرهای آسیب عضلانی بلافاصله پس از تمرین ورزشی بود که به احتمال زیاد می‌توانست در بررسی دقیق‌تر نتایج تحقیق مؤثر باشد. همچنین از شرکت‌کنندگان خواسته شد ۲۴ ساعت پیش از انجام تست از انجام فعالیت شدید خودداری کنند، اما بررسی دقیق این موضوع برای ما امکان‌پذیر نبود. از دیگر محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم کنترل تغذیه، کیفیت و کمیت خواب شرکت‌کنندگان در طول تحقیق اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، به‌نظر می‌رسد غوطه‌وری در آب سرد در کاهش آسیب عضلانی ناشی از تمرین شدید اثربخش باشد، اگرچه در زمینهٔ عملکرد ورزشی نیاز به انجام تحقیقات بیشتری است. بازیابی آسیب عضلانی ناشی از ورزش برای بهبود عملکرد و ظرفیت کاری در ورزشکاران حرفه‌ای امری ضروری است که مطالعات گذشته اثربخشی نسبی CWI را نشان داده‌اند، ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده با مقایسهٔ دماهای مختلف و مدت زمان غوطه‌وری در آب، مطلوب‌ترین مدل CWI استفاده شود.

1 . Dihydropyridine

2 . Ryanodine receptor

منابع و مآخذ

1.Skein M, Wingfield G, Gale R, Washington TL, Minett GM. Sleep quantity and quality during consecutive day heat training with the inclusion of cold-water immersion recovery. Journal of thermal biology. 2018;74:63-70.

2. Owens DJ, Twist C, Cobley JN, Howatson G, Close GL. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? European journal of sport science. 2019;19(1):71-85.

3. Bongiovanni T, Genovesi F, Nemmer M, Carling C, Alberti G, Howatson G. Nutritional interventions for reducing the signs and symptoms of exercise-induced muscle damage and accelerate recovery in athletes: current knowledge, practical application and future perspectives. European Journal of Applied Physiology. 2020:1-32.

4.Altarriba-Bartes A, Peña J, Vicens-Bordas J, Casals M, Peirau X, Calleja-González J. The use of recovery strategies by Spanish first division soccer teams: a cross-sectional survey. The Physician and Sportsmedicine. 2020:1-11.

5.Altarriba-Bartes A, Peña J, Vicens-Bordas J, Milà-Villaroel R, Calleja-González J. Post-competition recovery strategies in elite male soccer players. Effects on performance: A systematic review and meta-analysis. PloS one. 2020;15(10):e0240135.

6.Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. Journal of sports sciences. 1999;17(3):231-8.

7. Bleakley CM, Davison GW. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review .British journal of sports medicine. 2010;44(3):179-87.

8. Jakeman J, Macrae R, Eston R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. Ergonomics. 2009;52(4):456-60.

9. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. Clinics in sports medicine. 2008;27(1):1-18.

10. Poppendieck W, Faude O, Wegmann M, Meyer T. Cooling and performance recovery of trained athletes: a meta-analytical review. International journal of sports physiology and performance. 2013;8(3):227-42.

11.Brophy-Williams N, Landers G, Wallman K. Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. Journal of sports science & medicine. 2011;10(4):665.

12.Ohtsuka Y, Yabunaka N, Fujisawa H, Watanabe I, Agishi Y. Effect of thermal stress on glutathione metabolism in human erythrocytes. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1994;68(1):87-91.

13.Babak MF, Ziaaldini MM, Reza AHS. Experience of cold-water immersion on recovery efficiency after soccer match. La Tunisie medicale. 2021;99(2):252-8.

14.Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability—Part I. Sports medicine. 2011;41(8):673-94.

15.Robertson V, Ward A, Low J, Reed A, MCSP D. Electrotherapy explained: principles and practice: Elsevier Health Sciences; 2006.
16.Hammouda O, Chtourou H, Chaouachi A, Chahed H, Ferchichi S, Kallel C, et al. Effect of short-term maximal exercise on biochemical markers of muscle damage, total antioxidant status, and homocysteine levels in football players. Asian journal of sports medicine. 2012;3(4):239.
17.Bailey D ,Erith S, Griffin P, Dowson A, Brewer D, Gant N, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. Journal of sports sciences. 2007;25(11):1163-70.
18.Da Fonseca PHS, Marins JCB, Da Silva AT. Validation of anthropometric equations for the estimation of body density in professional soccer players. Rev Bras Med Esporte. 2007;13(3):135e-8e.
19.Arazi H, Keihaniyan A, EatemadyBoroujeni A, Oftade A, Takhsha S, Asadi A, et al. Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. Sports. 2017;5(3):57.
20.Karsten B, Larumbe-Zabala E, Kandemir G, Hazir T, Klose A, Naclerio F. The effects of a 6-week strength training on critical velocity, anaerobic running distance, 30-M sprint and Yo-Yo intermittent running test performances in male soccer players. PloS one. 2016;11.(۳)
21.Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of low-vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2015;29(10):2954-63.
22.BISHOP D, JENKINS DG, MACKINNON LT, McENIERY M, CAREY MF. Address for correspondence: David Bishop, Western Australian Institute of Sport, PO Box 139, Claremont, WA 6010 Australia. E-mail: dbishop@ wais. org. au. Article Outline. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1999;31(6):886-91.
23.Melhim A. Aerobic and anaerobic power responses to the practice of taekwon-do. British journal of sports medicine. 2001;35(4):231-4.
24.Yeargin SW, Casa DJ, McClung JM, Knight JC. Body cooling between two bouts of exercise in the heat enhances subsequent performance. Journal of Strength and Conditioning Research. 2006;20383(2).
25.Halson SL, Quod MJ, Martin DT, Gardner AS, Ebert TR, Laursen PB. Physiological responses to cold water immersion following cycling in the heat. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2008;3(3):331-46.
26.Rowsell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. Journal of sports sciences. 2009;27(6):565-73.
27.Roonkiani SK, Ebrahimi M, Majelan AS. Effect of cold water immersion on muscle damage indexes after simulated soccer training in young soccer players. Biomedical Human Kinetics. 2020;12(1):236-41.

28.Leeder JD, Van Someren KA, Bell PG, Spence JR, Jewell AP, Gaze D, et al. Effects of seated and standing cold water immersion on recovery from repeated sprinting. Journal of sports sciences. 2015;33(15):1544-52.
29.Anderson D, Nunn J, Tyler CJ. Effect of cold (14° C) vs. Ice (5° C) water immersion on recovery from intermittent running exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2018;32(3):764-71.
30.Glasgow PD, Ferris R, Bleakley CM. Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: Is dose important? A randomised controlled trial. Physical therapy in sport. 20-14;15(4)228-33.
31.Toubekis AG, Smilios I, Bogdanis GC, Mavridis G, Tokmakidis SP. Effect of different intensities of active recovery on sprint swimming performance. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2006;31(6):709-16.
32.Versey NG, Halson SL, Dawson BT. Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. Sports medicine. 2013;43(11):1101-30.
33.Lindsay A, Peake JM. Muscle Strength and Power: Primary Outcome Measures to Assess Cold Water Immersion Efficacy After Exercise With a Strong Strength or Power Component. Frontiers in Sports and Active Living. 2021;3:163.
34.Roberts LA, Nosaka K, Coombes JS, Peake JM. Cold water immersion enhances recovery of submaximal muscle function after resistance exercise. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2014;307(8):R998-R1008.
35.Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. European journal of applied physiology. 2008;102(4):447-55.
36.Pedersen B. IL-6 signalling in exercise and disease. Biochemical Society Transactions. 2007;35(5):1295-7.

The Effect of Cold Water Immersion Recovery on Sport Performance and Muscle Damage Biomarkers Subsequent to Repeated Sprint Activities in Young Male Soccer Players

Babak Mostafa Farkhani [1] - Fatemeh Khodadadi [2] - Ghazaleh Karimi Torshizi [3] - Mohammad Mosaferi Ziaodini [4] - Mehdi Mogharnasi*[5]

1.PhD Student, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran 2. PhD Student, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran 3. BSc, Khavaran Institute of Higher Eduction Mashhad, Mashhad, Iran 4. Assistant Professor, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran 5. Professor, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

(Received:2021/10/26;Accepted:2022/04/13)

Abstract

High intensity physical activity can lead to muscle injury and fatigue. The aim of this study was to assess the effects of cold water immersion recovery on muscle damage and sport performance subsequent to repetitive rapid activity in young male soccer players. For this applied research, 30 young soccer players were selected based on inclusion criteria. Fat Percentage, VO2max, strength and power of the subjects were measured and then they were randomly divided into two groups of 15 people including cold water immersion group (CWI) and control group (C). After 24 hours of evaluation of physical fitness tests, the first stage blood sampling was performed to determine the plasma levels of lactate dehydrogenase (LDH) and Creatine kinase (CK) and after 24 hours all subjects performed the rapid activity repetition training protocol and subsequently at the end of the exercise, the control group experienced active recovery and the immersion group experienced the cold water immersion protocol. Finally, after 24 and 48 hours of the training session, blood sampling and physical fitness indices similar to the pre-test were measured. Analysis of variance with repeated measures at the significance level of $p<0.05$ were used to examine intragroup or intergroup changes. The results showed that recovery by cold water immersion did not increase CK and LDH levels. Moreover, variables such as oxygen consumption, strength and muscle power did not decrease in both groups ($P> 0.05$). Plasma CK levels in group C increased significantly 24 and 48 hours after recovery ($P= 0.0001$). Also, LDH in group C had a significant increase 24 and 48 hours after recovery ($P= 0.0001$). However, plasma CK levels in the CWI group did not show a significant increase 24 and 48 hours after recovery. Also, plasma LDH levels in the CWI group increased significantly 24 hours after recovery ($P= 0.0001$) but did not show a significant increase 48 hours after recovery. The results of this study showed that the recovery method by cold water immersion is probably effective in reducing muscle damage due to intense training and trainers can use this recovery method to reduce muscle damage after intense training.

Keywords

Cold water immersion, Repetitive sprint activity, Lactate dehydrogenase (LDH), Creatin kinase (CK).

* Corresponding Author: Email: mogharnasi@birjand.ac.ir; Tel: +989153412696