University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Spring 2021, 9(17), 32-45

Received: Dec 21, 2019 Accepted: Jun 29, 2020

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of 8-week of resistance training and cold water immersion on muscle damage and inflammation responses following acute resistance training in futsal players men

Ameneh Pourrahim Ghoroughchi[1]*, Ali Ahmadzadeh[2] ,Roghayeh Afroundeh[3]

1. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh-e-Ardabili, Ardabil, Iran.
2. MSc degree, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh-e-Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh-e-Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

Background and Aim: The effect of resistance training and cold water immersion on muscle injury and inflammation is not clear. The aim of this study was to study the effect of 8-weeks resistance training and cold water immersion on muscle injury and inflammation responses following an acute strength activity in futsal players men. **Materials and Methods:** Twenty futsal players (age 26±3.07 years and body mass index 24±3.40 kg/m^2) volunteered to participate in the study and were randomly assigned to experimental and control groups. After first blood sampling, both groups performed one session of acute circular resistance training with 75% of 1-RM at 5 stations, 3 sets, 8-10 repetitions, and a 90-second rest between sets and a 5-minute rest between stations. The second blood sampling was performed after 48 hours. The experimental group performed 8 weeks of circular resistance training, 3 sessions per week like the acute resistance training and immediately after exercise were immersed, 20 minutes at 5-10°C in cold water. Forty eight hours after last training session, blood sampling was Collected. Then, both experimental and control groups performed the second acute circular resistance training and one hour later, the fourth blood sampling was performed. Cearitine kinase (CK) was measured with Iran Alpha Classic Autoanalyzer and Bionic kit; while white blood cells (WBC) count and their subclasses were measured with BC-3000 hematologic auto analyzer and China Mindry kit. The differences between the variables at different times were analyzed by 4* 2 two-way ANOVA and the differences between the two groups were determined by independent t-test at p<0.05. **Results:** CK (p=0.001), WBC and neutrophils (p=0.001) significantly were increased in both groups after the first acute resistance training. After 8 weeks of resistance training-cold water immersion CK (p=0.004), WBC, neutrophils, monocytes, and lymphocytes (p=0.001) significantly decreased in experimental group as compared to the control group. 8 weeks resistance training-cold water immersion significantly decreased CK, WBC, neutrophils (p=0.001), and lymphocytes (p=0.004) in experimental group following the second acute resistance training compared to the control group. Whereas, there was no significant differences in monocytes (p<0.05). **Conclusion:** Resistance training along with cold water immersion could reduce muscle damage and inflammation following acute exercise.

Keywords: Resistance training, Cold water immersion, Muscle damage, Inflammation.

Cite this article:

Pourrahim Ghoroughchi, A., Ahmadzadeh, A., & Afroundeh, R. (2021). The effect of 8-week of resistance training and cold water immersion on muscle damage and inflammation responses following acute resistance training in futsal players men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 9***(17). 32-45.**

***Corresponding Author, Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh-e-Ardabili, Ardabil, Iran;**

Email: amenehpoorrahim@yahoo.com

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2020.3017.1533

نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
بهار ۱۴۰۰، دوره ۹، شماره ۱۷، ص ۴۵-۳۲
تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۹
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش
دانشگاه بیرجند

اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد بر شاخص‌های آسیب عضلانی و واکنش‌های التهابی متعاقب فعالیت مقاومتی حاد در بازیکنان فوتسال

آمنه پوررحیم قورقچی[1*]، علی احمدزاده[2]، رقیه افرونده[3]

۱. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳. دانشیار گروه فیزیولوژیورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: اثر تمرین مقاومتی- غوطه‌وری در آب سرد بر آسیب عضله و التهاب مشخص نیست. هدف تحقیق حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی- غوطه‌وری در آب سرد بر آسیب عضلانی و التهاب متعاقب یک فعالیت مقاومتی‌حاد در بازیکنان مرد فوتسال بود. **روش تحقیق:** تعداد ۲۰ بازیکن فوتسال داوطلب (سن ۲۶±۳/۰۷ سال) و (نمایه توده بدن ۲۴±۳/۴۰ کیلوگرم/مترمربع)، به طور تصادفی در گروه‌های کنترل و تجربی قرار گرفتند. بعد از خونگیری اول، دو گروه، یک تمرین مقاومتی‌حاد دایره‌ای با ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه را در ۵ ایستگاه، ۳ نوبت، ۱۰-۸ تکرار و استراحت ۹۰ ثانیه‌ای بین نوبت‌ها و ۵ دقیقه‌ای بین ایستگاه‌ها اجرا کردند. خونگیری دوم انجام شد و ۴۸ ساعت بعد، گروه تجربی ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای را ۳ جلسه در هفته مانند تمرین مقاومتی‌حاد انجام دادند و بلافاصله بعد از تمرین، ۲۰ دقیقه در آب سرد ۱۰-۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، خونگیری سوم انجام شد. سپس دو گروه تجربی و کنترل، تمرین حاد مقاومتی دایره‌ای دوم را اجرا کردند و خونگیری چهارم صورت گرفت. کراتین کیناز (CK) با دستگاه اتوآنالایزر آلفا کلاسیکو کیت بیونیک ایران و شمارش سلول های سفید خون (WBC) و زیرده‌های آن با دستگاه اتو آنالایزر هماتولوژیک BC-۳۰۰۰ و کیت میندری چین اندازه‌گیری شد. تفاوت متغیرها در زمان‌های مختلف با روش تحلیل واریانس دو راهه ۲×۴ و تفاوت دو گروه با آزمون t مستقل در سطح p<۰/۰۵ بررسی شد. **یافته‌ها:** CK (p=۰/۰۰۱)، WBC و نوتروفیل‌ها (p=۰/۰۰۱) متعاقب فعالیت مقاومتی‌حاد اول، در دو گروه به طور معنی‌داری افزایش یافتند. ۸ هفته تمرین مقاومتی- غوطه‌وری در آب سرد، CK (p=۰/۰۰۴)، WBC ، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها (p=۰/۰۰۱) را گروه تجربی در مقایسه با کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش داد. به علاوه، ۸ هفته تمرین مقاومتی- غوطه‌وری در آب سرد، CK، WBC، نوتروفیل‌ها (p=۰/۰۰۱) و لنفوسیت‌ها (p=۰/۰۰۴) را متعاقب فعالیت مقاومتی‌حاد دوم در مقایسه با کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش داد؛ در حالی‌که مونوسیت‌ها تغییر معنی‌داری (p>۰/۰۵) نکردند. **نتیجه گیری:** تمرین مقاومتی همراه با غوطه‌وری در آب سرد می تواند آسیب‌عضلانی و التهاب را متعاقب فعالیت حاد کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، غوطه‌وری در آب سرد، آسیب عضلانی، التهاب.

*نویسنده مسئول، آدرس: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران؛
پست الکترونیک: amenehpoorrahim@yahoo.com
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2020.3017.1533

مقدمه

فوتبال پرطرفدارترین و محبوب‌ترین ورزش در دنیا است و بسیاری از کشورهای جهان آن را اولین ورزش ملی خود می‌دانند (هارتی[1] و دیگران، ۲۰۱۹؛ انگورانی و دیگران، ۲۰۱۸). فوتبال در کشور ایران نیز رایج‌ترین و پرطرفدارترین ورزش می‌باشد و در مقایسه با تمامی رشته‌ها، بیش‌ترین تعداد ورزشکار را به خود اختصاص می دهد. به تبع آن، فوتسال نیز با توجه به گسترش امکانات ورزشی، از این قاعده مستثنی نیست. به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی افزایش شرکت‌کنندگان در ورزش فوتسال، ایمنی و کم‌خطر بودن آن است (هارتی و دیگران، ۲۰۱۹؛ انگورانی و دیگران، ۲۰۱۸). این در حالی است که چند تحقیق میزان آسیب در فوتسال را ۲ تا ۶ برابر آسیب‌های فوتبال که به عنوان یک ورزش پرآسیب در نظر گرفته می‌شود، گزارش کرده‌اند (هارتی و دیگران، ۲۰۱۹). اکثر آسیب‌های فوتسال مربوط به پایین تنه می شود (لارونگدانا[2] و دیگران، ۲۰۰۹). عدم گرم کردن کافی بدن قبل از شروع تمرینات و عدم اجرای تمرینات بهینه ریکاوری پس از تمرین، به ویژه تمرینات مقاومتی، به عنوان مهم‌ترین مکانیسم آسیب‌های اسکلتی- عضلانی می‌باشند. بنابراین افزایش دانش و آگاهی مربیان و مسئولین ورزش می‌تواند موجب کاهش میزان آسیب بازیکنان در دوره‌های تمرینی و ریکاوری شود (محمدی و دیگران، ۲۰۱۳).

آسیب عضلانی و متعاقب آن درد، کوفتگی و التهاب، یک تجربه معمول و شایع پس از انجام فعالیت‌های غیرمعمول و شدید و خصوصاً پس از فعالیت‌های مقاومتی می‌باشد (بیرتو[3] و دیگران، ۲۰۱۲) که در آن شاخص‌های آسیب عضلانی و تعداد گلبول‌های سفید خون[4] (WBC) متعاقب فعالیت ورزشی مقاومتی افزایش می‌یابد. بنابراین، ممکن است متناسب با افزایش مدت، شدت و سرعت انقباض و فشار ناشی از آن؛ میزان آسیب عضلانی و پاسخ التهابی نیز تغییر یابد. سازگاری و اثرات ضدالتهابی فعالیت ورزشی مقاومتی به مدت و شدت تمرین بستگی دارد (فورد[5]، ۲۰۰۲). لذا کاهش آسیب عضلانی پس از فعالیت از طریق کاهش پاسخ های التهابی امری حیاتی به نظر می رسد. در تحقیقات متعدد برای اندازه‌گیری آسیب عضلانی که با تعدادی از علائم از جمله درد، تورم، التهاب و کوفتگی عضلانی تأخیری[6] (DOMS) و کاهش تولید نیروی بیشینه، اختلال در ساختار غشاء سلول، ماتریکس خارج سلولی، افزایش پروتئین های اندازه‌گیری شده در پلاسما و استرس اکسایشی همراه هست و منجر به اختلال در ساختار و عملکرد عضله می شود؛ از شاخص سرمی کراتین کیناز[7] (CK) که از محیط درون سلولی به خون انتشار می‌یابد، استفاده شده است (آسمپکاو[8] و دیگران، ۲۰۱۳). این آنزیم متناسب با مقدار آسیب عضله اسکلتی و التهاب؛ بالا می رود (جکمن[9] و دیگران، ۲۰۰۹) و به پزشکان و مربیان جهت مشخص کردن سطوح فعالیت و نوع سازگاری متابولیکی به تمرین، کمک می‌کند (برانکاکسیو[10] و دیگران، ۲۰۰۸). فعالیت ورزشی کوتاه مدت و بلند مدت با شدت‌ها و درجه‌های مختلف، بر عوامل ایمنی و التهابی در دوران کودکی و بزرگسالی تأثیر می‌گذارند (تیمونس[11] و دیگران، ۲۰۰۶)، به گونه ای که با افزایش شدت فعالیت ورزشی، پاسخ‌های التهابی و تغییر WBC رخ می دهد. بروز آسیب عضلانی به دنبال فعالیت شدید، سبب تضعیف سیستم ایمنی می شود، بنابراین به حداقل رساندن آسیب عضلانی، می‌تواند در کاهش التهاب و تقویت سیستم ایمنی و بهبود اجراهای بعدی مؤثر باشد (هامودا[12] و دیگران، ۲۰۱۲). به همین دلیل امروزه از سرما درمانی برای سرعت بخشیدن به ریکاوری و بهبود عملکرد ورزشی پس از فعالیت ورزشی شدید استفاده می‌شود. با توجه به اثرات مثبت استفاده از غوطه‌وری در آب سرد جهت ریکاوری پس از فعالیت، این روش به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (بلیکلی و دویسون[13]، ۲۰۱۰). غوطه‌وری در آب سرد، سبب کاهش فرآیند التهاب ایجاد شده ناشی از تمرین، کاهش سرعت انتقال عصبی و اسپاسم عضلانی (واکایاباشی[14] و دیگران، ۲۰۱۷)، کاهش سرعت جفت شدن اکتین-میوزین، تأخیر و کاهش پاسخ الکتریکی عضله (ماکادو و دیگران، ۲۰۱۶)، مهار چرخه درد-اسپاسم، کاهش تورم و التهاب بافتی، انتقال سریع تر مواد زاید (مانند لاکتات) به خارج از عضلات، انتقال مایعات، افزایش برون ده قلبی، افزایش جریان خون، افزایش حجم پلاسما (بلیکلی و دویسون، ۲۰۱۰) و کاهش انتقال شاخص‌های آسیب عضله از بافت به خون می‌شود. علاوه براین، شناوری در آب سرد پس از فعالیت‌های بی‌هوازی می‌تواند سبب کاهش WBC و شاخص‌های آسیب عضلانی شود و روند ریکاوری را سرعت بخشد (منشوری و دیگران، ۲۰۱۲) و سبب افزایش سرعت پاک سازی CK از خون شود. انقباض عروقی ناشی از شناوری در آب سرد هم سبب کاهش احساس درد درعضلات و التهاب می شود (آسنساو[15] و دیگران، ۲۰۱۱). بنابراین به نظر می رسد، می توان برای به حداقل رساندن دوره آسیب و کوفتگی عضلانی و همچنین برای داشتن بازیافت بهتر در زمان‌های کم، مانند آنچه در

1. Harty
2. Laoruengthana
3. Brito
4. White blood cells
5. Ford
6. Delayed onset muscle soreness
7. Creatine kinase
8. Assumpcao
9. Jakeman
10. Brancaccio
11. Timmons
12. Hammouda
13. Bleakley & Davison
14. Wakabayashi
15. Ascensao

رویدادهای تمرینات سنگین رخ می دهد، از غوطه‌وری در آب سرد استفاده شود (شریفی و دیگران، ۲۰۱۶).
در زمینه غوطه‌وری در آب سرد، فانسکا[1] و دیگران (۲۰۱۷) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد پس از یک فعالیت آسیب زا، موجب کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی، التهاب و کوفتگی عضلانی تأخیری می‌شود. تاوارس[2] و دیگران (۲۰۱۹) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد در ورزش‌های تیمی باعث کاهش تورم، التهاب ناشی از آسیب عضلانی، اسپاسم عضلانی و درد، خستگی و افزایش اکسیژن رسانی عضلات می‌شود. از طرف دیگر، آرگوس[3] و دیگران (۲۰۱۷) گزارش کرده اند که غوطه‌وری در آب سرد به دنبال یک جلسه تمرین مقاومتی در ساعات اولیه ریکاوری، باعث بهبود ریکاوری و بازگشت به حالت اولیه نمی‌شود. همچنین در تحقیق پیک[4] و دیگران (۲۰۱۷) غوطه‌وری در آب سرد در مقایسه با ریکاوری فعال، کاهش آسیب عضلانی، التهاب و استرس اکسیداتیو ناشی از یک جلسه تمرین مقاومتی را به همراه نداشته است. در تحقیق موریرا[5] و دیگران (۲۰۱۸) هم غوطه‌وری در آب سرد در عملکرد بی‌هوازی تأثیری نداشته و هم موجب بهبود درد عضلانی نشده است. در تحقیق فریتاس[6] و دیگران (۲۰۱۹) نیز غوطه‌وری در آب سرد بر عملکرد، آسیب عضلانی، نشانگرهای التهابی و واسطه‌های واکنش پذیر اکسیژن تأثیری نداشته است.
غوطه‌وری در آب سرد یکی از روش‌های رایج ریکاوری است که توسط مربیان و ورزشکاران استفاده می‌شود؛ اما نتایج تحقیقات در ضرورت و نحوه استفاده از آن، روشن و مشخص نیست. هدف مربیان و ورزشکاران فوتسال کاهش آسیب عضلانی و التهاب ناشی از مسابقه برای بهبود عملکرد در مسابقه است. بازیکنان فوتسال همواره از تمرینات مقاومتی به عنوان بخش مهمی از برنامه های آمادگی جسمانی استفاده می نمایند و با توجه به لزوم بررسی تأثیر استفاده از تمرینات مقاومتی همراه با غوطه وری در آب سرد برای ورزشکاران، به خصوص بازیکنان فوتسال؛ در تحقیق حاضر اثر هشت هفته تمرین مقاومتی و غوطه وری در آب سرد بر شاخص‌های آسیب عضلانی و واکنش التهابی متعاقب یک فعالیت حاد مقاومتی در بازیکنان فوتسال مرد مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق

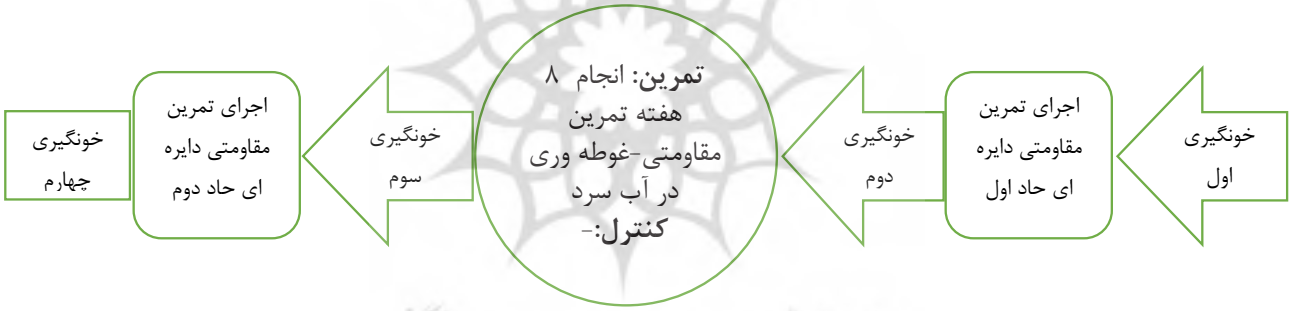
تحقیق حاضر از نوع مطالعات نیمه تجربی متقاطع با گروه کنترل بود. نمونه آماری ۲۰ نفر از بازیکنان مرد فوتسال با میانگین سنی ۳/۰۷±۲۶ سال، میانگین قد ۶±۱۷۸ سانتی‌متر، میانگین وزن ۹/۲۳±۷۵/۷۱ کیلوگرم، و میانگین شاخص توده بدنی[7] (BMI) ۳/۴±۲۴ کیلوگرم بر متر مربع بودند؛ که به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. معیارهای ورود به تحقیق شامل عدم مصرف الکل و غیرسیگاری بودن، نداشتن هیچ گونه سابقه بیماری عضلانی، التهابی و انعقادی، بیماری قلبی-عروقی، فشارخون، آسیب‌اندام تحتانی، اختلالات خواب و عدم مصرف دارو، مکمل و کافئین در شروع تحقیق بود. معیارهای خروج از مطالعه مصرف الکل و سیگار در طول دوره و پیش آمدن مشکلات و بیماری‌های جسمی در طی ۸ هفته تمرین بود. ابتدا آزمودنی‌ها در یک جلسه هماهنگ شده با اهداف تحقیق آشنا شدند و پرسشنامه‌های مربوط به تندرستی و سلامت، آمادگی و رضایت نامه را تکمیل کردند. سپس به منظور آشنایی با حرکات، دستگاه‌های مورد استفاده، شیوه مناسب جابه جا کردن وزنه‌ها، تکنیک صحیح نفس گیری و جمع آوری ویژگی‌های جسمانی آزمودنی‌ها مانند قد، وزن، شاخص توده بدنی و برآورد یک تکرار بیشینه[8] (1RM) درسالن آمادگی جسمانی و بدنسازی حضور یافتند. 1RM با استفاده از روش برزیسکی[9] (۱۹۹۳) تعیین گردید. به علاوه، توضیحات کاملی در مورد نحوه غوطه‌وری در آب سرد، تمرینات مقاومتی و نحوه اندازه‌گیری شاخص‌های آسیب عضلانی و واکنش التهابی به شرکت کنندگان داده شد. سپس آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه تجربی (n=۱۰) و کنترل (n=۱۰) تقسیم شدند. مراحل تحقیق حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اردبیل با شماره کد ۱۳۹۸,۱۴۷.IR.ARUMS.REC و کد کار آزمایی بالینی IRCT20190629044050N1 تایید گردید.
خونگیری مرحله اول بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه از هر دو گروه تجربی و کنترل انجام شد و سپس آزمودنی های گروه تجربی، جلسه تمرین مقاومتی حاد دایره‌ای را در ۵ ایستگاه (مشتمل بر حرکات اسکات، پرس سینه، پرس پا، جلو بازو و سرشانه با هالتر)، هر ایستگاه ۳ نوبت، ۸ تا ۱۰ تکرار، ۹۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها و ۵ دقیقه استراحت بین ایستگاه ها و در کل با شدت ۷۵ درصد 1RM به اجرا درآوردند. به منظور رعایت اصل اضافه بار در تمرینات مقاومتی، بعد از ۳ هفته، مجدداً 1RM شرکت کنندگان تعیین گردید. خونگیری مرحله دوم با فاصله یک ساعت از اجرای تمرین مقاومتی حاد اول در هر دو گروه تمرین و کنترل صورت گرفت و پس از آن، با فاصله ۴۸ ساعت، آزمودنی‌های گروه تجربی برنامه تمرین مقاومتی را به مدت ۸ هفته تمرین مقاومتی به صورت دایره‌ای، ۳

1. Fonseca
2. Tavares
3. Argus
4. Peake
5. Moreira
6. Freitas
7. Body mass index
8. One repetition maximum
9. Berzicky

جلسه در هفته همانند جلسه مقاومتی حاد انجام دادند. شرکت‌کنندگان بلافاصله پس از جلسات تمرین مقاومتی، به مدت ۲۰ دقیقه در آب سرد استخر با دمای ۱۰-۵ سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. چهل و هشت ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی ۸ هفته ای تمرین مقاومتی- غوطه وری در آب سرد، خونگیری مرحله سوم بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه در هر دو گروه تجربی و کنترل، قبل از جلسه حاد مقاومتی دایره‌ای دوم صورت گرفت. سپس آزمودنی های گروه تجربی، جلسه حاد تمرین مقاومتی دایره ای دوم را اجرا کردند و خونگیری مرحله چهارم نیز با فاصله یک ساعت پس از آن در هر دو گروه تمرین و کنترل به عمل آمد (فروغی پردنجانی و دیگران، ۲۰۱۳؛ ماتوس[1] و دیگران، ۲۰۱۷). مراحل نمونه گیری و جلسات مداخله در شکل ۱ خلاصه شده است.

در آزمایشگاه نمونه‌های خونی به مقدار ۴ میلی لیتر طی چهار مرحله از ناحیه ورید آرنجی اخذ گردید. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های آسیب عضلانی و واکنش التهابی شامل آنزیم CK، WBC، نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها؛ نمونه ها در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته شد تا از انعقاد خون جلوگیری شود. سپس نمونه‌های خونی با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید و سرم جدا شد و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد. CK سرم با دستگاه اتوآنالایزر آلفا کلاسیک[2] ساخت کشور ایران و کیت بیونیک[3] ساخت کشور ایران (دقت ۱/۴ درصد و حساسیت یک واحد بر لیتر) اندازه گیری شد. شمارش WBC و زیر رده های آن، یعنی نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها با دستگاه اتو آنالایزر هماتولوژیک[4] BC-۳۰۰۰ و کیت میندری[5] ساخت کشور چین (دقت ۰/۰۵ درصد و حساسیت دو واحد بر لیتر) اندازه گیری شد.

طبیعی بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک[6] بررسی شد و با توجه به تایید آن، از آزمون آماری تحلیل واریانس دو راهه ۴ ×۲ برای بررسی تفاوت میانگین داده‌های درون گروهی و آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت میانگین داده‌های بین گروهی استفاده شد. کلیه محاسبات آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ صورت گرفت و سطح معنی داری $p<0/05$ در نظر گرفته شد.



شکل ۱. مراحل کلی تحقیق در دو گروه تجربی و کنترل

جدول ۱. پروتکل تمرین مقاومتی-غوطه‌وری در آب سرد در گروه تجربی

تمرین مقاومتی								
تمرین	هفته	جلسه در هفته	تعداد ایستگاه‌ها (جلسه)	تعداد حرکات	نوبت‌های هر ایستگاه	شدت	تکرار	استراحت بین نوبت‌ها	استراحت بین ایستگاه‌ها
دایره‌ای	۸	۳	۵	۵	۳	۷۵ درصد 1RM	۸ تا ۱۰	۹۰ ثانیه	۵ دقیقه
			غوطه‌وری در آب سرد						
			زمان		مدت		دما		
			بلافاصله بعد از تمرین		۲۰ دقیقه		۵- ۱۰°C		

1. Matos
2. Auto analyzer alpha classic
3. Bionic
4. Auto analyzer hematology
5. Mind Ray
6. Shapiro- Wilk

یافته ها

ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است؛ همانطور که مشاهده می شود، نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان در ابتدای تحقیق تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۲. میانگین ± انحراف معیار ویژگی فردی شرکت کنندگان

گروه	سن(سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)
تجربی	۲۵/۳۰±۳/۶۵	۱۷۹±۶	۷۶/۲۱±۱۰/۳۷	۲۳/۹۵±۳/۴۵
کنترل	۲۶/۷۰±۲/۳۶	۱۷۷±۶	۷۵/۲۲±۸/۴۷	۲۴/۲۶±۳/۵۳

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه ۴×۲ نشان داد که بین میزان CK در فواصل زمانی متعاقب فعالیت مقاومتی حاد اول، ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد و متعاقب فعالیت مقاومتی حاد دوم در دو گروه تجربی و کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد (p=۰/۰۰۰۱) و اثر گروه بر CK نیز معنی دار (p=۰/۰۰۰۱) است (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه در مورد مقایسه متغیرهای وابسته طی مراحل مختلف تحقیق

منبع تغییرات	متغیر	مجموع مجذورات	درجه آزادی (df)	آماره فیشر	سطح معنی داری	اندازه اثر
بین گروهی	کراتین کیناز	۸۹۸۶۳/۵۰	۳	۳۹/۹۲	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۶۸
	کراتین کیناز × گروه	۳۰۵۱۶/۳۰	۳	۱۳/۵۵	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۴۳
درون گروهی	منبع تغییر	۲۳۱۲۰۰۰/۰۰	۱	۴۳۹/۹۵	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۹۶
	گروه	۲۶۶۴۵/۰۰	۱	۵/۰۷	۰/۰۳*	np^2 =۰/۲۲
بین گروهی	تعداد WBC	۱/۷E۶۲۳	۳	۳۱/۲۸۶	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۶۳
	تعداد WBC × گروه	۱۴۳۴۵۵۶/۰۰	۳	۲/۷۶۵	۰/۰۵	np^2 =۰/۱۳
درون گروهی	منبع تغییر	۴/۹E۳۹۷	۱	۳۴۴۰/۰۱	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۹۹
	گروه	۱/۸E۰۵۲	۱	۸۲/۳۱	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۸۲
بین گروهی	نوتروفیل‌ها	۱۱۶۹/۳۴	۳	۴۳/۸۳	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۷۰
	نوتروفیل‌ها × گروه	۱۱۱/۷۴	۳	۴/۱۹	۰/۰۰۱*	np^2 =۰/۱۸
درون گروهی	منبع تغییر	۳۱۵۶۳۲/۸۱	۱	۴۶۹۴/۸۸	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۹۹
	گروه	۱۱۲/۸۱	۱	۱/۶۸	۰/۲۱	np^2 =۰/۰۸
بین گروهی	لنفوسیت ها	۳۷۴/۸۴	۳	۳/۲۶	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۳۵
	لنفوسیت ها × گروه	۸۰/۷۴	۳	۰/۷۴	۰/۱۱	np^2 =۰/۱۵
درون گروهی	منبع تغییر	۷۸۰۶۲/۵۱	۱	۲۷۷۳/۵۰	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۹۹
	گروه	۲۳۴/۶۱	۱	۸/۳۴	۰/۰۱	np^2 =۰/۳۱
بین گروهی	مونوسیت ها	۹/۱۴	۳	۵/۵۲	۰/۰۰۲*	np^2 =۰/۲۳
	مونوسیت ها × گروه	۰/۸۴	۳	۰/۵۱	۰/۶۸	np^2 =۰/۰۲
درون گروهی	منبع تغییر	۹۱۸/۰۱	۱	۱۴۰۹/۳۱	۰/۰۰۰۱*	np^2 =۰/۹۸
	گروه	۱/۵۱	۱	۲/۳۲	۰/۱۴	np^2 =۰/۱۱

*نشانه تفاوت معنی دار در سطح p<۰/۰۵.

در مقایسه بین گروهی، اختلاف معنی‌داری بین CK قبل از جلسه مقاومتی حاد اول در هر دو گروه کنترل و تجربی وجود نداشت (p=۰/۲۵). آنزیم CK متعاقب فعالیت مقاومتی حاد اول در هر دو گروه تجربی و کنترل در مقایسه با قبل از فعالیت مقاومتی حاد اول، افزایش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱). اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، موجب کاهش معنی‌دار CK در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل شد (p=۰/۰۰۴). فعالیت مقاومتی حاد دوم بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، کاهش معنی‌دار CK در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل (p=۰/۰۰۱) را به دنبال داشت (جدول ۴).

جدول ۴. .مقایسه آنزیم CK دو گروه شرکت کننده در مراحل مختلف تحقیق

میزان آنزیم کراتین کیناز	گروه تجربی	گروه کنترل	سطح معنی داری و اندازه اثر
قبل از شروع پروتکل های تمرینی	۱۳۹±۵۰/۵۴	۱۵۹/۸۰±۲۲/۶۸	p=۰/۲۵ np^2=۰/۰۷
پس از فعالیت مقاومتی حاد اول	۲۳۲±۸۳/۲۲	۲۱۷/۱۰±۳۳/۶۸	p=۰/۰۰۱* np^2=۰/۵۲
پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی- غوطه وری در آب سرد	۱۱۲/۹۰±۴۰/۷۵	۱۶۱±۲۱/۴۵	p=۰/۰۰۴* np^2=۰/۳۲
پس از فعالیت مقاومتی حاد دوم	۱۲۳/۱۰±۲۹/۵۰	۲۱۵/۱۰±۲۹/۷۵	p=۰/۰۰۱* np^2 =۰/۷۲

*نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروه ها در سطح p<۰/۰۵.

در مقایسه درون گروهی، آزمون تعقیبی بونفرونی[1] نشان داد که CK در گروه تجربی پس از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، در مقایسه با مرحله قبل یعنی قبل از ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه در آب سرد و بعد از فعالیت مقاومتی حاد اول، کاهش معنی‌دار پیدا کرده است (p=۰/۰۰۲). آنزیم CK در گروه تجربی متعاقب فعالیت مقاومتی حاد دوم در مقایسه با مرحله قبل یعنی بعد از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد تفاوت معنی‌داری نداشت (p=۰/۳۲)؛ ولیکن در مقایسه با متعاقب فعالیت مقاومتی حاد اول، یعنی قبل از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، کاهش معنی‌داری (p=۰/۰۰۰۱) پیدا کرد.

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه ۴×۲ نشان داد که بین تعداد WBC، نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها در فواصل زمانی مختلف در دو گروه تجربی و کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد (p=۰/۰۰۰۱). تعداد WBC، نوتروفیل، لنفوسیت و مونوسیت قبل از جلسه مقاومتی حاد اول در هر دو گروه کنترل و تجربی در حد طبیعی قرار داشت و اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت (p=۰/۱۶). تعداد WBC و نوتروفیل‌ها متعاقب فعالیت مقاومتی حاد اول در هر دو گروه تجربی و کنترل افزایش معنی‌دار داشت (p=۰/۰۰۱). به علاوه، اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، موجب کاهش معنی‌دار تعداد WBC، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل شد (p=۰/۰۰۱). فعالیت مقاومتی حاد دوم موجب کاهش معنی‌دار تعداد WBC و نوتروفیل‌ها در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل (p=۰/۰۰۴) گردید (جدول ۵). همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، بین نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها در هیچ یک از مراحل تفاوت معنی داری وجود ندارد (p<۰/۰۵).

1. Bonferroni

جدول ۵. مقایسه تعداد WBC و زیر رده های آن در دو گروه شرکت کننده در مراحل مختلف تحقیق

متغیر	مرحله	گروه تجربی	گروه کنترل	سطح معنی داری و اندازه اثر
گلبول های سفید	قبل از شروع پروتکل های تمرینی	۷۰۱۶±۳۹۵/۱۳	۸۰۸۰±۱۰۷۱/۰۷	p=۰/۱۶ np^2 =۰/۰۴
	پس از فعالیت مقاومتی حاد اول	۸۰۶۶/۸۰±۴۱۷/۶۸	۹۰۲۰±۶۰۵/۹۷	p=۰/۰۰۱* np^2=۰/۸۱
	پس از هشت هفته تمرین مقاومتی- غوطه وری در آب سرد	۵۷۳۳/۲±۳۶۹/۷۰	۸۰۸۰±۱۰۶۲/۹۶	p=۰/۰۰۱* np^2=۰/۷۰
	پس از فعالیت مقاومتی حاد دوم	۶۳۵۰±۳۹۳/۲۵	۹۰۶۰±۵۷۲/۴۰	p=۰/۰۰۱* np^2 =۰/۸۹
نوتروفیل ها	قبل از شروع پروتکل های تمرینی	۶۱±۲/۹۴	۶۱±۴/۶۹	p=۰/۱۰۰ np^2 =۰/۰۳
	پس از فعالیت مقاومتی حاد اول	۶۷/۷۰±۳/۵۰	۶۷/۸۰±۵/۹۲	p=۰/۰۰۰۱* np^2 =۰/۹۹
	پس از هشت هفته تمرین مقاومتی- غوطه وری در آب سرد	۵۵±۶/۳۸	۶۰/۳۰±۴/۲۴	p=۰/۰۰۰۱* np^2 =۰/۹۲
	پس از فعالیت مقاومتی حاد دوم	۶۲/۸۰±۳/۸۲	۶۶/۹۰±۶/۰۵	p=۰/۰۰۴* np^2 =۰/۹۴
لنفوسیت ها	قبل از شروع پروتکل های تمرینی	۳۳±۳/۷۱	۳۱/۱۰±۳/۳۸	p=۰/۲۴ np^2 =۰/۰۳
	پس از فعالیت مقاومتی حاد اول	۲۹/۹۰±۲/۹۶	۲۸±۶/۳۴	p=۰/۴۰ np^2 =۰/۰۲
	پس از هشت هفته تمرین مقاومتی- غوطه وری در آب سرد	۳۷/۸۰±۵/۳۱	۳۱±۱/۲۵	p=۰/۰۰۴* np^2 =۰/۷۳
	پس از فعالیت مقاومتی حاد دوم	۳۱/۱۰±۵/۲۶	۲۸±۱/۲۵	p=۰/۰۸ np^2 =۰/۰۴
مونوسیت ها	قبل از شروع پروتکل های تمرینی	۳/۹۰±۵۰/۷۴	۴±۰/۸۲	p=۰/۷۷ np^2 =۰/۰۳
	پس از فعالیت مقاومتی حاد اول	۳/۰۰±۰/۰۰	۳/۳۰±۰/۶۸	p=۰/۱۷ np^2 =۰/۰۴
	پس از هشت هفته تمرین مقاومتی- غوطه وری در آب سرد	۳/۳۰±۱/۰۶	۳/۴۰±۰/۷۰	p=۰/۴۰ np^2 =۰/۱۶
	پس از فعالیت مقاومتی حاد دوم	۲/۸۰±۰/۹۲	۳/۴۰±۰/۷۰	p=۰/۱۱ np^2 =۰/۰۳

*نشانه تفاوت معنی دار بین دو گروه در سطح p<۰/۰۵.

از طرف دیگر، در مورد مقایسه درون گروهی متغیرهای وابسته، آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تعداد WBC و نوتروفیل‌ها در گروه تجربی پس از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، در مقایسه با مرحله قبل یعنی قبل از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه وری در آب سرد و بعد از اجرای فعالیت مقاومتی حاد اول، کاهش معنی‌دار دارد (p=۰/۰۰۱)؛ در حالی که لنفوسیت ها افزایش معنی دار داشت (p=۰/۰۰۴)؛ و مونوسیت ها تغییر معنی داری نکردند (p=۰/۴۰). به علاوه، تعداد WBC (p=۰/۰۰۱) و نوتروفیل‌ها (p=۰/۰۰۴) در گروه تجربی متعاقب فعالیت مقاومتی حاد دوم در مقایسه با مرحله قبل یعنی بعد از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه وری در آب سرد، افزایش معنی‌داری داشت، ولیکن در مقایسه با متعاقب فعالیت مقاومتی حاد اول (یعنی قبل از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد)، کاهش معنی‌دار پیدا کرد (p=۰/۰۰۱). لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها تغییر معنی‌داری نکردند (p<۰/۰۵).

بحث

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که انجام فعالیت مقاومتی حاد موجب افزایش معنی‌دار CK و تعداد WBC می‌شود؛ تغییراتی که نشان دهنده تأثیر معنی‌دار جلسه فعالیت مقاومتی حاد در افزایش آسیب و التهاب عضلانی می‌باشد. این یافته با نتایج هات فیل[1] و دیگران (۲۰۱۹)، والتون[2] و دیگران (۲۰۱۹)، واسکانسلوس[3] (۲۰۱۸) و پردنجانی و دیگران (۲۰۱۳) همخوانی دارد، در حالیکه با یافته‌های حسینی کاخک و دیگران (۲۰۱۶) همخوانی ندارد. هات فیل و دیگران (۲۰۱۹) نشان داده اند که انجام تمرینات مقاومتی آسیب زا، باعث افزایش آسیب و التهاب همراه با کوفتگی عضلانی تأخیری در ورزشکاران سه گانه (شنا، دوچرخه سواری، دویدن) می‌شود. همچنین، والتون و دیگران (۲۰۱۹) گزارش کرده اند که شاخص‌های CK و تعداد WBC، پس از انجام فعالیت مقاومتی دایره‌ای افزایش می یابد و موجب پاسخ های عضلانی به صورت افزایش ماکروفاژها می گردد. واسکانسلوس (۲۰۱۸) نیز نشان داده که پس از تمرینات مقاومتی، آسیب عضلانی و التهاب افزایش می‌یابد و این که تمرینات منظم در این افزایش تأثیر بیشتری دارد؛ به گونه ای که در طولانی مدت و بر اثر سازگاری های به عمل آمده، این پاسخها کاهش می‌یابند. فروغی پردنجانی و دیگران (۲۰۱۳) نشان داده‌اند که یک وهله فعالیت ورزشی مقاومتی شامل یک مرحله تمرین دایره‌ای در ۵ ایستگاه با ۷۵ درصد 1RM باعث افزایش میزان سرمی شاخص‌های آسیب عضلانی، التهاب و درد عضلانی می‌شود. در مقابل، حسینی کاخک و دیگران (۲۰۱۶) در تحقیقی به این نتیجه رسیده‌اند که انجام یک جلسه تمرین مقاومتی پایین تنه در ۳ نوبت با ۷۰ درصد 1RM، موجب افزایش شاخص‌های CK و لاکتات دهیدروژناز در کوتاه مدت نمی‌شود و تأثیری بر التهاب عضلانی ندارد. این نتیجه متفاوت می‌تواند به دلیل جنسیت آزمودنی‌ها یا آسیب زا نبودن پروتکل تمرینی در مطالعه این محققین باشد. در توجیه افزایش CK و تعداد WBC متعاقب یک جلسه فعالیت مقاومتی حاد در تحقیق حاضر، می توان گفت که فعالیت مقاومتی باعث آسیب بافت عضلانی و متعاقب آن، شروع فرآیندهای التهابی می شود؛ روندی که در آن پاسخ‌های التهابی با انتقال مایع، افزایش هجوم برخی سلول های خونی (نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها ولنفوسیت‌ها) به بافت آسیب دیده همراه است (نعمتی و دیگران، ۲۰۱۲). چندین نظریه برای توجیه سازوکارهای بروزآسیب عضلانی پس از تمرین پیشنهاد شده است که از آن جمله می توان به تجمع اسید لاکتیک، اسپاسم عضلانی، تخریب بافت همبند، التهاب، نشت آنزیم‌های درون عضلانی و نظریه تخریب عضلانی اشاره کرد (تیمونس و دیگران، ۲۰۰۶). فعالیت‌های مقاومتی و شدید منجر به پارگی تارچه‌ها و صفحات Z، پارگی سارکولما، جابه جایی اندامک‌های درون سلولی، ناپایداری غشای پلاسمایی و افزایش ترشح پروتئین‌های درون سلولی پس از تمرین می‌شود که اختلال در ساختار و عملکرد عضله را در پی دارد (بارکیولها[4] و دیگران، ۲۰۱۱؛ برانکاکسیو و دیگران، ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد، در تحقیق حاضر نیز افزایش نشانگرهای آسیب و التهاب عضلانی در بازیکنان فوتسال، آسیب‌زا بودن فعالیت مقاومتی حاد اجرا شده است. بر اساس شواهد، میزان CK و تعداد WBC با شدت و مقدار فعالیت نسبت مستقیم و با میزان آمادگی فرد؛ رابطه معکوس دارد (فروغی پردنجانی و دیگران، ۲۰۱۳؛ ماتوس و دیگران، ۲۰۱۷؛ هات فیل و دیگران، ۲۰۱۹؛ والتون و دیگران، ۲۰۱۹).

بر اساس یافته‌های اصلی تحقیق حاضر، انجام ۸ هفته تمرینات مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، سبب کاهش معنی‌دار CK و WBC شد. به عبارت دیگر، این مداخله آسیب و التهاب عضلانی در بازیکنان فوتسال را کاهش داد. این نتایج با یافته‌های ماتوسو دیگران (۲۰۱۸)، فانسکا[5] و دیگران (۲۰۱۷)، خاکی و دیگران (۲۰۱۶)، محمدنیا احمدی و دیگران (۲۰۱۳)، کامارگو[6] و دیگران (۲۰۱۲)، آسنساو و

1. Hotfie
2. Walton
3. Vasconcelos
4. Barquillha
5. Fonseca
6. Camargo

دیگران (۲۰۱۱)، جونیور[1] و دیگران (۲۰۱۱) و راوسل[2] و دیگران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. ماتوس و دیگران (۲۰۱۸) نشان داده اند که ۲۰ دقیقه غوطه‌وری در آب سرد با دمای ۱۰-۵ درجه سانتی گراد بعد از اجرای دو هفته ای تمرینات مقاومتی در مردان فعال، تورم عضلانی را کاهش می‌دهد و موجب کاهش قطر و ضخامت عضله‌های خم کننده آرنج در مقایسه با ریکاوری غیر فعال می‌شود. فانسکا و دیگران (۲۰۱۷) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد با دمای ۷-۶ درجه سانتی گراد به مدت ۱۹ دقیقه پس از یک فعالیت آسیب‌زا، موجب کاهش شاخص‌های CK، تعداد WBC و کوفتگی عضلانی تأخیری می‌شود. خاکی و دیگران (۲۰۱۹) گزارش کرده اند که ۱۲دقیقه غوطه‌وری در آب سرد با دمای ۱۴ درجه سانتی گراد بلافاصله بعد از فعالیت سرعتی تکراری[3] (RSA) در ۲۰ مرد فعال، منجر به کاهش مقادیر سرمی برخی پاسخ‌های التهابی و نیز جلوگیری از انتشار CK به جریان خون عمومی، کاهش التهاب، درد و تورم می‌شود. محمدنیا احمدی و دیگران (۲۰۱۳) نشان دادند که ۸ هفته تمرین مقاومتی (بالا رفتن از نردبان ۱۲۰ سانتی متری) و غوطه‌وری در آب سرد با دمای۲۷ درجه سانتی گراد سبب کاهش میزان التهاب و پاسخ حفاظتی بیشتر می‌شود. کامارکو و دیگران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیده اند که غوطه‌وری درآب سرد با دمای ۱۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه، باعث کاهش التهاب موضعی و سطوح CK بعد از ۴ روز تمرین به مدت ۱۵ دقیقه در هر روز و ۱۰۰ دقیقه شنا کردن در انتهای ۴ روز تمرین می‌شود. آسنساو و دیگران (۲۰۱۱) نشان داده‌اند که ۱۰ دقیقه شناوری در آب سرد با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش سریع‌تر CK وآسیب عضلانی در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از یک مسابقه فوتبال مردان می‌شود. همچنین جونیور و دیگران (۲۰۱۱) در تحقیقی بر روی ۱۲ بازیکن جوان فوتبال گزارش نموده اند که غوطه‌وری در آب سرد در دمای ۵ درجه سانتی گراد بعد از انجام فعالیت کوتاه مدت (آزمون دوچرخه وینگیت[4]) باعث ریکاوری سریع‌تر از آسیب عضلانی وکاهش سطوح CK می‌شود. راوسل و دیگران (۲۰۰۹) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد به مدت ۱۰ دقیقه با دمای ۱۰درجه سانتی گراد، پس از انجام چهار مسابقه فوتبال (هر بازی ۹۰ دقیقه) طی چهار روز با ۹۰-۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه؛ باعث کاهش خستگی و درد عضلانی در ورزشکاران حرفه‌ای می‌گردد.

در توجیه کاهش آسیب عضله و التهاب پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد، متعاقب اجرای یک فعالیت مقاومتی حاد می توان گفت که غوطه‌وری در آب سرد و سازگاری طولانی مدت به آن، از طریق تأثیر بر نشت آنزیم‌ها، کاهش تورم، کاهش دمای عضله، کاهش نکروز سلولی، کاهش متابولیسم سلولی، مهاجرت نوتروفیل‌ها، کاهش نفوذپذیری عروق، افزایش آستانه‌های درد، تسریع روند پاکسازی جریان خون از مواد زاید حاصل از متابولیسم و کاهش سرعت پیام عصبی به طور ثانویه؛ باعث تخلیه بهتر عوامل آسیب‌زا و جلوگیری از انتشار زیاد زیر رده های WBC می‌شود (تاوارس و دیگران، ۲۰۱۹).

در مقابل، یافته‌های تحقیق حاضر در خصوص کاهش آسیب و التهاب عضلانی در بازیکنان فوتسال بعد از اجرای ۸ هفته تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد که متعاقب تمرین مقاومتی حاد بدست آمد؛ با یافته‌های فریتاس و دیگران (۲۰۱۹)، موریرا و دیگران (۲۰۱۸)، آرگوس و دیگران (۲۰۱۷) و پیک و دیگران (۲۰۱۷) همخوانی ندارد. فریتاس و دیگران (۲۰۱۹) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد پس از فعالیت ورزشی بر عملکرد، آسیب عضلانی، نشانگرهای التهابی تأثیری ندارد. موریرا و دیگران (۲۰۱۸) مشاهده کرده اند که غوطه‌وری در آب سرد با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ دقیقه، بعد از یک مسابقه فوتسال بر عملکرد بی‌هوازی تأثیری ندارد و درد عضلانی را بهبود نمی‌دهد. همچنین، آرگوس و دیگران (۲۰۱۷) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد با دمای ۱۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۴ دقیقه به دنبال یک جلسه تمرین مقاومتی با ۸۰ درصد حداکثر انقباض ارادی، در طی ۴ ساعت اولیه ریکاوری، باعث بهبود ریکاوری و بازگشت به حالت اولیه نمی‌شود. پیک و دیگران (۲۰۱۷) نیز گزارش کرده اند که غوطه‌وری در آب سرد با دمای ۱۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه در مقایسه با ریکاوری فعال، باعث کاهش آسیب عضلانی، التهاب و استرس اکسیداتیو ناشی از یک جلسه تمرین مقاومتی نمی شود. علت عدم تأثیرگذاری پروتکل تمرین و غوطه‌وری در آب سرد در بعضی مطالعات، کوتاه بودن طول دوره مداخلات بوده است.

عدم تغییر معنی‌دار نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها در تحقیق حاضر با نتایج تحقیق آرگوس و دیگران (۲۰۱۷) و فریتاس و دیگران (۲۰۱۹) همخوانی دارد؛ در حالیکه با یافته‌های تاوارس و دیگران (۲۰۱۹)، والتون و دیگران (۲۰۱۹) و نعمتی و دیگران (۲۰۱۲) ناهمسو است. دلایل احتمالی این ناهمسویی ها را می‌توان به سن و جنسیت آزمودنی‌ها، پروتکل‌های تمرینی متفاوت از نظر نوع، شدت و مدت

1. Junior
2. Rowsell
3. Repeated sprint activities
4. Wingate

مختلف، مدت سازگاری با تمرین مقاومتی حاد، سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، دمای آب، سابقه تمرینی آزمودنی‌ها و سازگاری تمرینی نسبت داد. همانطور که گفته شد، فعالیت ورزشی کوتاه مدت و بلند مدت با شدت‌ها و درجه‌های مختلف، بر عوامل ایمنی و التهابی در دوران کودکی و بزرگسالی تأثیر می‌گذارند (تیمونس و دیگران، ۲۰۰۶؛ هامودا و دیگران، ۲۰۱۲). آسیب عضلانی و متعاقب آن درد، کوفتگی و التهاب؛ متناسب با افزایش مدت، شدت وسرعت انقباض و فشار ناشی از تمرین مقاومتی تغییر می‌کند. سازگاری و اثرات ضدالتهابی فعالیت ورزشی مقاومتی به مدت و شدت تمرین بستگی دارد (فورد، ۲۰۰۲؛ آسمپکاو و دیگران، ۲۰۱۳؛ برانکاکسیو و دیگران، ۲۰۰۸). علاوه براین، شناوری در آب سرد با دماهای متفاوت و انقباض عروقی ناشی از آن پس از فعالیت‌های بی‌هوازی، می‌تواند سبب کاهش WBC و شاخص‌های آسیب عضلانی شده و روند ریکاوری را سرعت بخشد (منشوری و دیگران، ۲۰۱۲) و سبب افزایش سرعت پاک سازی CK و بهبود WBC از خون شود (آسنساو و دیگران، ۲۰۱۱؛ شریفی و دیگران، ۲۰۱۶).

نتیجه گیری: انجام یک جلسه فعالیت حاد مقاومتی باعث افزایش آسیب عضلانی و واکنش های التهابی شد؛ اما انجام ۸ هفته تمرین منظم مقاومتی و غوطه وری در آب سرد، با ایجاد سازگاری های مناسب، موجب کاهش آسیب عضلانی و التهاب گردید. از این رو، به مربیان و ورزشکاران توصیه می‌شود از این نوع مداخله برای بازیافت بهتر و سریع تر ورزشکاران استفاده نمایند. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر این بود که خواب شبانه و استرس روانی شرکت کنندگان به طور دقیق کنترل نشد؛ لذا پیشنهاد می شود تحقیقات دیگری در این حیطه با کنترل خواب شبانه و استرس روانی و همچنین در دیگر رشته های ورزشی و نیز در زنان انجام می شود.

تضاد منافع

در این تحقیق نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

قدردانی و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد بوده و با حمایت های مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است. بدین وسیله از کلیه بازیکنان مرد فوتسال شهرستان اهر که در مراحل اجرایی تحقیق حاضر شرکت کردند،

منابع

Angourani, H., Haratian, Z., & Mazaheri Nejad, A. (2018). The frequency of muscular- skeletal injuries in football players of the Iranian Football Premier League and its relationship with body mass index and player position. *Scientific Journal of the Medical System Organization of the Islamic Republic of Iran, 35* **(1), 46-52. [Persian]**

Argus, C. K., James, R., Aaron, C. B., Remco Polman, P., David, J., & Shona Halson, B. (2019). Cold water immersion and contrast water therapy do not improve short-term recovery following resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 15***(1), 42-46.**

Ascensao, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalha, S., & Magalhaes, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences, 29* **(3), 217 - 225.**

Assumpcao, C., Lima, L., Oliveira, F., Greco, C., & Denadai, B. (2013). Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. *The Scientific World Journal, 16***(1), 78-89.**

Barquilha, G., Uchida, M. C., Santos, V. C., Moura, N. R., Lambertucci, R. H., Hatanaka, E., & Gorjão, R. (2011). Characterization of the Effects of One Maximal Repetition Test on Muscle Injury and Inflammation Markers. *Webmed Central Physiology, 2***(3), WMC001717.**

Bleakley, C. M., & Davison, G. W. (2010). What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine, 44***(3), 179 - 87.**

Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *ClinicalChemistry and Laboratory Medicine, 48*(6), 757-67.

Brancaccio, P., Maffulli, N., Buonauro, R., & Limongelli, FM. (2008). Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clinical of Sports Medicine, 27*(1), 521-18.

Brito, J., Malina, R. M., Seabra, A., Massada, J. L., Soares, J. M., Krustrup, P., & Rebelo, A. (2012). Injuries in Portuguese youth soccer players during training and match play. *Journal of Athletic Training, 47*(2), 191-197.

Brzycki, M. (1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from reps to fatigue. Journal of Physical Education. *Recreation and Dance, 64*, 88–90.

Camargo, M. Z., Patricia,C., Siqueira, C. M., Perozim Preti, M. C., Nakamura, F. Y., Lima, F. M., & Lupiano Dias, I. F. (2012). Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. *Lasers in Medical Science, 27*(1), 1051- 58.

Fonseca, L. B., Brito, J., Silva, R. J., Grigoletto, M. E., Junior, W. M. S., & Franchini, M. (2017). Use of cold-water immersion to reduce muscle damage and delayed-onset muscle soreness and preserve muscle power in Jiu-Jitsu athletes. *Journal of Athletic Training, 51*(7), 540–549.

Ford, E. S. (2002). Does exercise reduce inflammation? Physical activity and C-reactive protein among US adults. *Epidemiology, 13*(5), 561-8.

Foroughi Pardanjani, A., Ebrahimi, M., & Changizi, M. (2013). The effect of a session of resistance exercise on muscle injury and delayed muscle soreness in male athlete students. *Research in Academic Sport, 8*(1), 37-52. [Persian]

Freitas, D. V., Solange, H. R., Bara-Filho, P., Mauricio, G., & Daniel, G. (2019). Effect of cold water immersion performed on successive days on physical performance, muscle damage, and inflammatory, hormonal, and oxidative stress markers in volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 2*(1), 502–513.

Hammouda, O., Chtourou, H., Chaouachi, A., Chahed, H., Ferchichi, S., & Kallel C. (2012). 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, 3*(4), 219-4.

Harty, P. S., Cottet, M. L., Malloy, J. K., & Kerksick, C. M. (2019). Nutritional and supplementation strategies to prevent and attenuate exercise-induced muscle damage: a brief review. *Sports Medicine, 5*(1), 1-17.

Hosseini Kakhak, S. A., Eldarabadi, A., Haghighi, A. H., & Sharifian, Z. (2016). Effect of a session of resistance training with vascular obstruction and without vascular obstruction of lactate dehydrogenase and creatine kinase serum in young girls. *Sport Physiology, 30*(1), 51-64. [Persian]

Hotfiel, H., Mayer, L., Huettel, M., Wilhelm Hoppe, M., Engelhardt, M., & Lutter, C. (2019). Accelerating recovery from exercise-induced muscle injuries in triathletes: Considerations for olympic distance races. *Journal Sports, 7*(1), 143.

Jakeman, J., Macrae, R., & Eston, R. (2009). 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, 52*(4), 256-60.

Junior, E. C. L., Godoi, V., Mancalossi, L. J., Rossi, R. P., Marchi, T. D., & Parente, M. (2011). Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high intensity exercise in athletes - preliminary results. *Lasers in Medical Science, 26***(1), 493-501.**

Khaki, M., Gaeini, A. A., Kurdi, M. R., Rahmati, M. R., Hoseini, A., & Hajizadeh, S. (2019). The effect of repeated sprint activities and cold water immersion on of fatigue inflammatory biomarkers in active men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 7***(4), 9-18. [Persian]**

Laoruengthana, A., Poosamsai, P., Fangsanau, T., Supanpaiboon, P., & Tungkasamesamran, K. (2009). The epidemiology of sports injury during the 37th Thailand National Games 2008 in Phitsanulok. *Journal of the Medical Association of Thailand, 92***(6), 204-10.**

Machado, A. F., Almeida, A. C., Micheletti, J. K., Vanderlei, F. M., Tribst, M. F., & Netto, J. (2016). Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 35***(1), 81.**

Manshouri, M., Rezaei, Z., Esfarjani, F., & Marandi, S. M. (2012). Effect of cold water immersion on muscle injury and immune cell markers. *Journal of Isfahan Medical School, 278***(1), 330-341. [Persian]**

Matos, F., Eduardo, B., & Claudio, R. V. (2017). Effect of cold-water immersion on Elbow flexors muscle thickness after resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 32(***3), 1756 - 63.**

Mohammadi, A., Sahebkar, A., Iranshahi, M., Amini, M., Khojasteh, R., Ghayour-Mobarhan, M., & Ferns, G. A. (2013). Effects of supplementation with curcuminoids ondyslipidemia in obese patients: A randomized crossover trial. *Phytotherapy Research, 27***(1), 374-379.**

Mohammad Nia Ahmadi, M., Rajabi, H., & Mehravani, H. (2013). Evaluation of the effect of cold and temperate water immersion during exercise on plasma heat shock protein content in Nerpes rats from 8 weeks of resistance training. *Exercise and Biomotor Science, 9***(1), 220-232. [Persian]**

Moreira, A., Costa, E. C., Coutts, A. J., Nakamura, F. Y., da Silva, D. A., & Aoki, M. S. (2015). Cold water immersion did not accelerate recovery after a futsal match. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 10***(1), 1590-17.**

Nemati, G. H., Rahmani, F., & Mirzaei, B. (2012). The effect of eccentric contraction on blood hematological changes in non-athlete young men. *Sport Physiology, 15,* **71-82. [Persian]**

Peake, J. M., Roberts, L. A., Vandre, C., Simone Krog, F., Aas, S. N., & Suzuki, K. (2017). The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *Journal of Physiology***, 595(1), 695–711.**

Rowsell, G. J., Coutts, A. J., Reaburn, P., & Hill-Haas, S. (2019). Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *Journal of Sports Sciences, 27***(6), 465-73.**

Sharifi, M., Kurdi, M. R., & Akbarnejad, A. (2016). Comparison of the effect of cold water immersion and active recovery on some muscle injury indices and exercise performance of passive men. *Applied Findings in Sport Science, 41***(1), 78-81. [Persian]**

Tavares, F., Walker, O., Healey, P., Brett Smith, T., & Driller, M. (2019). Practical applications of water immersion recovery modalities for team sports. *Wolters Kluwer Health, 10***(1),1519.**

Timmons, B. W., Tarnopolsky, M. A., & Snider D. P., & BarOr, O. (2006). Immunological changes in response to exercise: Influence of age, puberty, and gender. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 38***(1), 293 - 304.**

Vasconcelos, E. S. (2018). Inflammatory response induced by resistance exercise. *MedCrave online Journal of Immunology, 6***(4), 110-113.**

Wakabayashi, H., Wijayanto, T., & Tochihara, Y. (2017). Neuromuscular function during knee extension exercise after cold water immersion. *Journal of Physiological Anthropology, 36***(1), 28.**

Walton, G. R., Kosmac, K., Mula, J., Fry, C. S., Peck, B. D., & Jason, S. (2019). Human skeletal muscle macrophages increase following cycle training and are associated with adaptations that may facilitate growth. *Scientific Reports, 9***(1), 969.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی