University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Winter 2021, 9(20), 18-28

Received: Aug 1, 2018 Accepted: Feb 19, 2019

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Effects of cold water immersion following a Wushu training session on the metabolic and cellular damage indices of body

Navid Lotfi[1*], Maryam Mirzaei[2], Amir Karimi[3]

1. Ph.D of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Karaj, Iran.
2. Ph.D Student of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. MSc in Physical Education and Sport Sciences, Young Research and Elite Club, Ghorveh Branch, Islamic Azad University, Ghorveh, Iran.

Abstract

Background and Aim: In recent years, various methods of cryotherapy have been used to reduce intensive exercise-induced injuries and inflammation for fast and complete recovery as well as exercise capacity elevation. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effects of cold water immersion (CWI) following a Wushu specific training session on the anabolic/catabolic indices and cellular damages. **Materials and Methods:** Sixteen elite Wushu athletes from Kurdistan province (mean age: 19.17±2.80 years, weight: 77.37±8.30 kg, body fat: 10.25±30%) were selected as the subjects and performed a Wushu training session. During the recovery period, the subjects of the CWI group immersed in the cold water for 20 minutes, while control group rested passively in the same position. Blood samples were collected immediately before and after training and after recovery period. To analyze the data, analysis of variance with repeated measures and Bonferroni tests were applied at the significant level of $p<0.05$. **Results:** There were no significant changes in the level of Aspartate aminotransferase (AST) and Alanine aminotransferase (ALT) enzymes following a training session ($p>0.05$). The level of growth hormone, testosterone, and the testosterone/cortisol ratio increased significantly after training in both groups ($p<0.05$), while following the recovery period, testosterone level decreased only in the CWI group ($p<0.05$). Moreover, cortisol level decreased significantly after recovery period ($p<0.05$), but there was no significant difference between the two groups ($p>0.05$). **Conclusion:** The levels of anabolic hormones (growth hormone and testosterone) reduced by ICW following a Wushu training session; and it seems that the use of this method can attenuate exercise-induced positive responses and it may have long-term negative effects on athlete's performance.

Keywords: Recovery, Cryotherapy, Acute training, Cell damage.

Cite this article:

Lotfi, N., Mirzaei, M., & Karimi, A. (2021). Effects of cold water immersion following a Wushu training session on the metabolic and cellular damage indices of body. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 9***(20), 18-28.**

***Corresponding Author, Address: Wrestling Federation of Islamic Republic of Iran, Tehran, Iran;**
Email: navid_lotfi2008@yahoo.com
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2019.1704.1428

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
زمستان ۱۴۰۰، دوره ۹، شماره ۲۰، ص ۲۸-۱۸
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۳۰
دانشگاه بیرجند
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش

اثر غوطه‌وری در آب سرد متعاقب یک جلسه تمرین ووشو بر ویژگی های متابولیکی و آسیب سلولی بدن

نوید لطفی[1*]، مریم میرزایی[2]، امیر کریمی[3]

۱. دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران.
۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد قروه، دانشگاه آزاد اسلامی، قروه، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر، روش‌های مختلف سرما درمانی به‌منظور کاهش آسیب‌ها و التهاب ناشی از تمرینات شدید، بازیافت سریع و کامل و همچنین، افزایش ظرفیت تمرین مورد استفاده قرار گرفته است. از این رو، هدف مطالعه حاضر بررسی اثرات غوطه‌وری در آب سرد (CWI) متعاقب یک جلسه تمرینی ووشو، بر شاخص‌های آنابولیکی/کاتابولیکی و آسیب سلولی بود. **روش تحقیق:** تعداد ۱۶ ورزشکار نخبه ووشو استان کردستان (میانگین سن: ۲/۸۰±۱۹/۱۷ سال، وزن: ۸/۳±۷۷/۳۷ کیلوگرم، و چربی بدن: ۳/۷±۱۰/۲۵ درصد) به‌عنوان آزمودنی انتخاب شده و یک جلسه تمرین ووشو را به اجرا درآوردند. در طول دوره بازیافت، به مدت ۲۰ دقیقه آزمودنی‌های گروه CWI پروتکل غوطه‌وری در آب سرد را انجام دادند؛ اما شرکت کنندگان در گروه کنترل در موقعیت مشابه استراحت غیرفعال داشتند. نمونه‌های خونی در زمان‌های قبل از فعالیت، بلافاصله و بعد از بازیافت جمع‌آوری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون بونفرونی در سطح معنی‌داری $p<0/05$ استفاده شد. **یافته‌ها:** تغییر معنی‌داری در سطح آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) متعاقب یک جلسه تمرین مشاهده نشد ($p>0/05$). سطح هورمون رشد، تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول، متعاقب تمرین در هر دو گروه به طور معنی دار افزایش یافت ($p<0/05$)؛ در حالی که متعاقب دوره بازیافت، سطح تستوسترون تنها در گروه CWI کاهش معنی‌داری پیدا کرد ($p<0/05$). علاوه بر این، سطح کورتیزول پس از دوره بازیافت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما بین تغییرات دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$). **نتیجه‌گیری:** سطح هورمون‌های آنابولیکی (هورمون‌های رشد و تستوسترون) با انجام غوطه‌وری در آب سرد متعاقب یک جلسه تمرین شدید ووشو کاهش یافت و به نظر می‌رسد که استفاده از این روش بازیافت می‌تواند پاسخ های مثبت ناشی از تمرین را تخفیف دهد و یا اثرات بلندمدت منفی بر عملکرد ورزشکاران داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بازیافت، سرما درمانی، تمرین حاد، آسیب سلولی.

*نویسنده مسئول، آدرس: تهران، فدراسیون کشتی جمهوری اسلامی ایران؛
پست الکترونیک: navid_lotfi2008@yahoo.com
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2019.1704.1428

مقدمه

مربیان و ورزشکاران شرکت‌کننده در رشته‌های ورزشی مختلف همواره به دنبال کسب بهترین نتایج و موفقیت در سطوح جهانی و المپیک هستند. در این بین، شناسایی عوامل موفقیت در رشته ورزشی ووشو به‌عنوان یکی از رشته‌های ورزشی مدال‌آور در سطح مسابقات آسیایی، بازی‌های آسیایی و جهانی؛ نقش بسزایی در پیشرفت این رشته ورزشی ایفا می‌کند. مربیان و محققان همواره به دنبال شناسایی روش‌های مختلف بازیافت بین جلسات تمرینی و موفقیت در مسابقات یک تورنمنت ورزشی هستند؛ چرا که انتقال خستگی از یک جلسه به جلسه بعدی و یا از یک مسابقه به مسابقه بعدی، می‌تواند سبب افت عملکرد جسمانی و روانی شده و خطرات سلامتی و عوارضی از قبیل سندروم بیش تمرینی در پی داشته باشد (کلمان[1]، ۲۰۱۰).

در سال‌های اخیر، روش‌های مختلف سرمادرمانی به‌منظور کاهش آسیب‌ها و التهاب ناشی از تمرینات شدید، بازیافت سریع و کامل و همچنین، افزایش ظرفیت تمرین مورد استفاده قرار گرفته است (ویلکوک[2] و دیگران، ۲۰۰۶؛ نمت[3] و دیگران، ۲۰۰۹). سرمادرمانی به‌عنوان یک روش رایج توسط ورزشکاران حرفه‌ای با فرض این‌که بازیافت عملکرد عضله اسکلتی متعاقب فعالیت را بهبود می‌دهد، استفاده می‌شود. در این بین، یکی از روش‌های رایج سرمادرمانی، غوطه‌وری در آب سرد بوده که می‌تواند شامل غوطه‌وری کل بدن یا تنها عضو تمرین کرده در آب باشد (چنگ[4]، ۲۰۱۸). سرما درمانی می‌تواند سبب انقباض عروقی، کاهش نفوذپذیری و جریان خون عضلات تمرین کرده شده و در نتیجه، تورم و التهاب ناشی از فعالیت را با کاهش میزان متابولیسم و تولید متابولیت‌ها کاهش دهد، روندی که به نوبه خود درجه آسیب را کاهش می‌دهد (روحی و دیگران، ۲۰۱۶).

بر اساس اهمیت موضوع، مطالعات متعددی در زمینه اثرات غوطه‌وری در آب سرد با دماها و پروتکل‌های مختلف و همچنین، پک‌های سرمایی بر عملکردهای عصبی- عضلانی، محیط آنابولیکی/کاتابولیکی (اندازه‌گیری هورمون‌های رشد، عامل رشد شبه انسولین -۱ (IGF-1)، تستوسترون، کورتیزول) شاخص‌های التهابی (سایتوکاین‌ها[5]) و کوفتگی‌های عضلانی ناشی از تمرین (میزان التهاب موضعی و تورم بافت)، سطح خستگی، هایپرتروفی عضلانی و شاخص های آسیب سلولی همچون لاکتات دهیدروژناز[6] (LDH)، کراتین کیناز[7] (CK)، آسپارتات آمینوترانسفراز[8] (AST)، آلانین آمینوترانسفراز[9] (ALT) متعاقب تمرینات جسمانی انجام شده است. فونسکا[10] و دیگران (۲۰۱۶) اثر غوطه‌وری در آب سرد را بر شاخص‌های آسیب عضلانی و کوفتگی عضلانی تأخیری و حفظ توان عضلانی در ورزشکاران رشته جوجیتسو مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که غوطه‌وری در آب سرد می‌تواند به دلیل کاهش سطح آنزیم LDH، کاهش درک درد عضلانی و کمک به بازیافت توان عضلانی در مدت ۲۴ ساعت پس از فعالیت؛ مفید باشد. در مقابل، نمت و دیگران (۲۰۰۹) با بررسی اثر استفاده موضعی از پک سرد بر پاسخ‌های سیستمیک آنابولیکی و التهابی متعاقب تمرین تناوبی، گزارش کردند که استفاده از سرما پس از فعالیت، سبب کاهش سایتوکاین‌های التهابی و پیش التهابی و هورمون‌های آنابولیکی شده و می‌تواند بر اجرای ورزشی اثرات منفی داشته باشد. همچنین، هالسون[11] و دیگران (۲۰۰۸) نشان داده اند که غوطه‌وری در آب سرد می‌تواند به‌طور ایمن، پس از دوچرخه‌سواری با شدت بالا در محیط گرم استفاده شود؛ روشی که بنوبه خود سبب کاهش معنی‌دار ضربان قلب و دمای داخلی بدن می‌شود. همچنین، این محققان گزارش کردند که شاخص‌های متابولیکی و درون‌ریز تحت تأثیر غوطه‌وری در آب سرد قرار نمی‌گیرند.

تمرینات ورزشی شدید عموماً سبب افزایش فزآینده در بار و شدت تمرین فراتر از آن چیزی می شوند که بدن به آن عادت کرده است. به دنبال آن، در صورتی که بدن بازیافت کافی و مناسبی داشته باشد، سازگاری با این فشارهای جدید می‌تواند به بهبود عملکرد منجر گردد. با وجود این، به دلیل بالا بودن شدت، حجم و تواتر تمرینات و انجام مسابقات متعدد، ورزشکاران نخبه درجه بالایی از خستگی را تجربه می‌کنند (ورسی[12] و دیگران، ۲۰۱۳). فعالیت ورزشی شدید موجب تغییرات بیوشیمیایی و سلولی و به دنبال آن، تخریب ساختار عضلانی و کاهش اجرای ورزشی می‌شوند. در صورت فراهم آمدن شرایط آنابولیکی بهتر و جلوگیری از آسیب عضلانی متعاقب تمرین، می‌توان سازگاری‌های ناشی از تمرین را افزایش داده و سطح عملکرد افراد را بهبود بخشید.

با وجود انجام مطالعات در زمینه اثرات سرمادرمانی و غوطه‌وری در آب سرد متعاقب تمرین، یافته‌های ناهمسویی گزارش شده است. برخی محققان افزایش سطح هورمون‌های آنابولیکی و کاهش سطح هورمون‌های

1. Kellmann
2. Wilcock
3. Nemet
4. Cheng
5. Cytokines
6. Lactate dehydrogenase
7. Creatine kinase
8. Aspartate aminotransferase
9. Alanine aminotransferase
10. Fonseca
11. Halson
12. Versey

کاتابولیکی و برخی کاهش عملکرد و اثرات منفی سرما بر محیط آنابولیکی را نشان داده اند. برخی مطالعات نیز عدم تغییر شاخص‌های ذکر شده را گزارش کرده اند. با وجود استفاده متداول ورزشکاران از این روش‌های بازیافت، هنوز توافق کلی در این زمینه وجود ندارد و حتی برخی مطالعات افت عملکرد و کاهش توان و قدرت عضلانی را گزارش نموده‌اند. گزارش شده است که غوطه‌وری در آب سرد می‌تواند دمای بافت و همودینامیک قلبی و محیطی را کاهش داده و در نتیجه، بازگشت سطح قدرت به مقادیر قبل از فعالیت را به تأخیر اندازد (رابرتز[1] و دیگران، ۲۰۱۵). علاوه بر این، بسیاری از مطالعات اثرات غوطه‌وری در آب سرد را بر دوره بازیافت تنها در مدت ۲۴ ساعت پس از فعالیت قبلی بررسی کرده‌اند؛ زیرا این روش به‌طور فراگیر توسط ورزشکاران در فاصله زمانی دو رقابت از یک تورنمنت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کل، شناسایی اثرات غوطه‌وری در آب سرد بر عوامل جسمانی و فیزیولوژیکی ورزشکاران می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای ورزشکاران و مربیان رشته‌های مختلف فراهم کند. از این رو، بر اساس اهمیت موضوع و بررسی یک روش بازیافت غیرفعال در ورزشکاران، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات غوطه‌وری در آب سرد متعاقب یک جلسه تمرینی ووشو بر شاخص‌های آنابولیکی/ کاتابولیکی و آسیب سلولی بود.

روش تحقیق

نمونه آماری: از میان ۲۷ ورزشکار نخبه رشته ورزشی ووشو در استان کردستان با دامنه سنی ۱۷ تا ۲۲ سال، ۱۶ نفر (میانگین سن: ۲/۸۰۱±۱۹/۱۷ سال، وزن: ۸/۳±۷۷/۳۷ کیلوگرم، قد: ۱۰/۱±۱۷۱/۲۳ سانتی‌متر، چربی بدن: ۳/۷±۱۰/۲۵ درصد) که دارای عناوین قهرمانی در سطح استان و کشور بودند، بر اساس معیار ورود به مطالعه انتخاب شده و به‌عنوان آزمودنی در مطالعه حاضر شرکت کردند. همه آزمودنی‌ها دارای سابقه تمرین ووشو به مدت حداقل ۵ سال بودند. شرکت کنندگان بر اساس ویژگی‌های ترکیب بدن آزمودنی‌ها به دو گروه یکسان (۸ نفر در هر گروه) شامل گروه غوطه وری در آب سرد[2] (CWI) و گروه کنترل تقسیم شدند.

شرط ورود به مطالعه عدم مصرف مکمل‌های غذایی و انرژی‌زا و مکمل‌های ویتامینی، داروهای ضدالتهابی از قبیل دگزامتازون[3] و مسکن در شش ماه قبل از مطالعه، سلامت کامل جسمانی از نظر عدم ابتلا به سرماخوردگی و آنفولانزا و سایر بیماری‌های عفونی و ویروسی و همچنین، عدم آسیب جسمانی بود (آلپی[4]، ۲۰۱۳). علاوه بر این، همه آزمودنی‌ها نظر سلامت کامل قلبی عروقی و تنفسی و کبدی توسط پزشک متخصص مورد معاینه قرار گرفتند. از آزمودنی‌ها خواسته شد که به مدت حداقل یک هفته فعالیت بدنی شدید نداشته باشند و در مدت ۲۴ ساعت قبل از آزمون از مصرف مواد غذایی حاوی کافئین، الکل و سایر محرک‌ها خودداری کنند (بلبلی و دیگران، ۲۰۱۷).

جلسه تمرینی و طرح تحقیق: در جلسه نخست، اطلاعات فردی شامل سن، وزن، قد ایستاده و درصد چربی بدن اندازه‌گیری و ثبت گردید و شرکت کنندگان با روش انجام مطالعه آشنا شدند. علاوه بر این، از افراد بالای ۱۸ سال و والدین آن هایی که پایین‌تر از سن ۱۸ سال بودند، رضایت‌نامه کتبی دریافت شد. در جلسه دوم، از شرکت کنندگان خواسته شد که با یک زمان‌بندی مشخص، از ساعت ۸ الی ۱۰ صبح در محل آزمون حضور یابند و ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمون، از تمرین یا فعالیت بدنی شدید خودداری کنند. یک صبحانه استاندارد برای تمام ورزشکاران در زمان ۹۰ دقیقه قبل از تمرین، پیشنهاد گردید (فونسکا و دیگران، ۲۰۱۶). هدف از صبحانه استاندارد، تأمین انرژی مشابه برای همه ورزشکاران و به حداقل رساندن تأثیر وضعیت تغذیه بر تلاش فرد در طی جلسه تمرین بود. ساختار جلسه تمرینی عبارت از ۴۰ دقیقه انجام تمرینات عمومی، آموزش فنی و شبیه‌سازی مبارزه. تمرینات عمومی شامل گرم کردن و تمرینات قدرتی، سرعتی و استقامتی بود. تمرین‌های فنی متمرکز بر حرکات ویژه ووشو شامل حرکات شادو[5]، سوئیپ[6]، هوک کیک[7]، ساید و فرانت[8]، لوکیک[9] و میدل کیک[10] بود. شبیه‌سازی‌های مبارزه‌ای شامل مسابقات با قوانین فدراسیون جهانی بود و سه مبارزه به‌صورت سه نوبت ۲ دقیقه‌ای با یک دقیقه استراحت بین نوبت‌ها اجرا گردید. بلافاصله بعد از اتمام جلسه تمرینی، آزمودنی‌های دریافت‌کننده شرایط CWI به مدت ۲۰ دقیقه و به‌صورت تناوبی در وان آب سرد (۰/۵±۶ درجه سانتی‌گراد) تا سطح گردن قرار گرفتند. پروتکل ریکاوری استفاده‌شده شامل ۴ تناوب ۴ دقیقه‌ای با فاصله زمانی ۱ دقیقه بین تناوب‌ها بود (فونسکا و دیگران، ۲۰۱۲؛ سانتوس[11] و دیگران، ۲۰۱۶). دمای آب درون وان توسط دماسنج دیجیتالی Microlife مدل NC 100 ساخت کشور سوئیس با دقت ±۰/۱ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و

1. Roberts
2. Cold water immersion
3. Dexamethasone
4. Alpay
5. Shadow
6. Sweep
7. Hook kick
8. Side and front
9. Low kick
10. Middle kick
11. Santos

کنترل شد. در صورت افزایش دما، تکه‌های یخ و در صورت کاهش دمای آب، آب گرم به وان اضافه شد. علاوه بر این، برای اندازه‌گیری دما و رطوبت سالن تمرین از دماسنج و رطوبت‌سنج دو منظوره دیجیتالی HTC-1 ساخت کشور چین استفاده شد و دمای طبیعی ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. برای کنترل دقیق دمای سالن تمرین از سه دماسنج و رطوبت‌سنج در سه نقطه مختلف سالن استفاده شد (محمدی زاده و دیگران، ۲۰۱۳). در گروه کنترل، شرکت کنندگان تنها پروتکل تمرینی را انجام دادند و در زمان بازیافت، در مدت و وضعیت مشابه با گروه دیگر، استراحت غیرفعال داشتند (آسکنسائو[1] و دیگران، ۲۰۱۱).

اندازه‌گیری متغیرها: اندازه‌گیری متغیرها بلافاصله بعد از انجام پروتکل تمرین و بلافاصله پس از اتمام پروتکل غوطه‌وری در آب سرد صورت گرفت. برای اندازه‌گیری وزن و قد آزمودنی‌ها از ترازو و قد سنج استاندارد پزشکی SECA ساخت کشور آلمان استفاده شد. آزمودنی‌ها با حداقل پوشش بر روی دستگاه قرار گرفتند و وزن و قد آن‌ها به ترتیب به کیلوگرم و سانتی‌متر ثبت شد. درصد چربی بدن به روش اندازه‌گیری ضخامت چربی زیرپوستی و روش سه‌نقطه‌ای جکسون و پولاک[2] اندازه‌گیری شد (میرزایی و دیگران، ۲۰۱۱). برای اندازه‌گیری متغیرهای وابسته، از آزمودنی‌ها در سه مرحله (قبل، بلافاصله و ۱۶ دقیقه پس از فعالیت) خون‌گیری به عمل آمد. در هر مرحله ۸ میلی‌لیتر خون از ورید قدامی ساعد در وضعیت نشسته از آزمودنی‌ها گرفته و به لوله لخته منتقل شد. برای تهیه سرم از دستگاه سانتریفیوژ HERMLE مدل Z 200 A، ساخت کشور آلمان با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد. در سرم جداشده از نمونه‌ها، سطح آنزیم‌های AST و ALT توسط دستگاه تحلیل گر بیوشیمیایی Selectra ساخت شرکت ویتالب[3] کشور هلند به‌صورت تمام‌خودکار اندازه‌گیری شد. همچنین، سطح هورمون‌های رشد و کورتیزول توسط کیت تجاری Multiscience ساخت کشور چین به ترتیب با حساسیت ۰/۶۲ و ۶۶/۴۳ پیکوگرم بر میلی لیتر؛ و سطح تستوسترون تام خون توسط کیت تجاری DiaMetra ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۱۰ نانوگرم بر میلی لیتر به روش الایزا[4] توسط دستگاه الایزا ریدر StatFax مدل ۳۳۰ plus ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شدند.

روش های آماری: برای دسته‌بندی اطلاعات و رسم جداول، از آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار استفاده شد. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری کلموگروف - اسمیرنوف[5] استفاده شد و پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها، برای بررسی تغییرات درون‌گروهی متغیرها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی[6] بهره‌برداری گردید. همچنین، از آزمون t مستقل برای بررسی تغییرات بین گروهی متغیرها استفاده گردید. کلیه آزمون‌ها توسط نرم‌افزار IBM SPSS نسخه ۲۳ و در سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ انجام شدند.

یافته‌ها

اطلاعات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، وزن، قد ایستاده و درصد چربی بدن در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر مربوط به تغییرات سطح متغیرها شامل مقادیر هورمون‌های تستوسترون، کورتیزول، نسبت تستوسترون به کورتیزول و آنزیم‌های AST و ALT در دو گروه مورد آزمون؛ در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف ویژگی فردی آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	چربی بدن (درصد)
غوطه وری در آب سرد	۸	۱۹/۱۰±۲/۰۰	۷۵/۰۵±۱۰/۱۲	۱۷۰/۱۱±۹/۹۲	۱۱/۷۳±۱/۹۸
کنترل	۸	۱۹/۲۵±۱/۲۱	۷۹/۶۸±۷/۰۳	۱۷۲/۲۸±۷/۱۵	۹/۷۳±۲/۵۶

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که سطح آنزیم‌های AST و ALT در هر دو گروه متعاقب یک جلسه تمرین افزایش می‌یابد (به ترتیب p=۰/۰۷ و p=۰/۰۶ در گروه CWI و p=۰/۰۶ و p=۰/۶۵ در گروه کنترل)؛ اما این افزایش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. همچنین، سطح این آنزیم‌ها متعاقب دوره بازیافت در هر دو گروه کاهش یافت، اما بین تغییرات دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p=۰/۰۸) (جدول ۲).

1. Ascensão
2. Jackson & Pollock
3. Vita lab
4. Elisa
5. Kolmogorov–Smirnov test
6. Bonferroni post hoc test

جدول ۲. مقایسه سطح آنزیم‌های AST و ALT و هورمون‌های رشد، تستوسترون و کورتیزول در دو گروه شرکت کننده

متغیر	گروه ها	قبل از تمرین	بعد از تمرین	بازیافت
AST (واحد/لیتر)	CWI	۱۸/۵±۵/۶۰	۲۲/۶۰±۴/۷۱	۲۵/۲۰±۷/۳۱
	کنترل	۱۹/۹±۷/۱۱	۲۴/۹۹±۸/۳۰	۲۸±۶/ ۵۰
ALT (واحد/لیتر)	CWI	۱۷/۲±۹/۳۱	۲۳/۲۰±۱۲/۱۱	۲۴/۹۰±۱۲/۵۰
	کنترل	۱۸/۱±۶/۱۰	۲۲/۹۰±۹/۶۲	۲۵±۱۱/۲۴
هورمون رشد (نانوگرم/میلی لیتر)	CWI	۶/۲±۱/۵۲	۱۳/۱۵±۳/۳۵*	۴/۱۰±۱/۰۱†‡**
	کنترل	۵/۷±۱/۸۱	۱۲/۷۸±۲/۹۰*	۴/۹۰±۱/۲۳‡**
تستوسترون (پیکوگرم/میلی لیتر)	CWI	۲۴/۶۰±۱۴/۱۲	۲۸/۹۰±۹/۳۱*	۲۳/۶۰±۷/۳۰†‡**
	کنترل	۲۵/۲۰±۱۱/۷۰	۲۹/۱۰±۱۱/۹۰*	۲۶/۷۰±۶/۳۱‡**
کورتیزول (نانوگرم/دسی لیتر)	CWI	۱۹/۲۰±۵/۱۳	۲۰/۳۰±۶/۴۱	۱۵/۹۰±۸/۳۱‡**
	کنترل	۲۰/۹۰±۶/۴۰	۲۱/۱۱±۷/۲۴	۱۵/۳۰±۷/۵۰‡**
نسبت تستوسترون به کورتیزول	CWI	۱/۹۲±۱/۵۱	۲/۴۱±۱/۷۱*	۲/۱۲±۱/۰۲†‡**
	کنترل	۱/۸۴±۱/۴۴	۲/۳۸±۱/۲۰*	۲/۳۷±۰/۹۲‡**

* نشانه اختلاف معنی‌دار بین پیش از تمرین و بلافاصله بعد از تمرین؛ **نشانه اختلاف معنی‌دار بین پیش از تمرین و پس از بازیافت؛
‡نشانه اختلاف معنی‌دار بین پس از تمرین و پس از بازیافت؛ † نشانه اختلاف معنی‌دار بین تغییرات دو گروه؛ سطح معنی داری p<۰/۰۵.

نتایج مربوط به تغییرات درون‌گروهی هورمون رشد نشان داد که سطح هورمون رشد متعاقب تمرین در هر دو گروه CWI و کنترل افزایش یافته است (به ترتیب با p=۰/۰۳ و p=۰/۰۲). همچنین، سطح هورمون رشد در این دو گروه متعاقب دوره بازیافت کاهش یافت و این کاهش، تنها در گروه CWI معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۱). علاوه بر این، اختلاف معنی‌داری بین تغییرات دو گروه بعد از دوره بازیافت مشاهده شد (p=۰/۰۰۰۱). نتایج مربوط به تغییرات درون‌گروهی تستوسترون نشان داد که سطح هورمون تستوسترون متعاقب فعالیت در هر دو گروه CWI و کنترل افزایش یافته است (به ترتیب با p=۰/۰۲ و p=۰/۰۱). همچنین، سطح هورمون تستوسترون در این دو گروه متعاقب دوره بازیافت نسبت به مقادیر پس از تمرین، کاهش یافت، به گونه ای که این کاهش تنها در گروه CWI معنی‌دار بود (p=۰/۰۴). علاوه بر این، اختلاف معنی‌داری بین تغییرات دو گروه بعد از دوره بازیافت مشاهده شد (p=۰/۰۰۱). همچنین، سطح کورتیزول پس از تمرین افزایش یافت، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود (p=۰/۵۵). با وجود این، سطح کورتیزول پس از دوره بازیافت در هر دو گروه CWI و کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (به ترتیب با p=۰/۰۳ و p=۰/۰۲)، اما بین تغییرات دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p=۰/۰۵). نتایج مربوط به تغییرات درون‌گروهی نسبت تستوسترون به کورتیزول نشان داد که سطح این شاخص متعاقب تمرین در هر دو گروه CWI و کنترل افزایش یافته است (به ترتیب با p=۰/۰۱ و p=۰/۰۱). همچنین، سطح این شاخص در گروه CWI متعاقب دوره بازیافت کاهش معنی‌داری (p=۰/۰۰۰۱) پیدا کرد (جدول ۲).

بحث

در مطالعه حاضر همسو با سایر مطالعات، سطح هورمون‌های رشد و تستوسترون پس از یک جلسه تمرین افزایش یافت؛ در حالی که پس از دوره بازیافت در هر دو گروه تمرینی کاهش پیدا کرد. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین تغییرات دو گروه مشاهده شد و میزان کاهش هر دو هورمون متعاقب بازیافت در گروه CWI بیشتر بود. مهم‌ترین محرک متابولیکی برای ترشح هورمون رشد هایپوگلیسمی است. افزایش سطح پلاسمایی آمینواسیدها و کاهش سطوح پلاسمایی اسیدهای چرب آزاد[1] (FFA)، باعث تحریک ترشح هورمون رشد می‌شود (پاکونن و لپالوئوتو[2]، ۲۰۰۲). نشان داده شده است که فعالیت‌های هوازی و بی‌هوازی با افزایش معنی‌دار هورمون‌های آنابولیک همراه است (اسچوارز[3] و دیگران، ۱۹۹۶؛ استوکس[4] و دیگران، ۲۰۰۵)؛ پاسخی که به ترکیب بدن، درصد چربی بدن و مدت تمرین بستگی دارد و در افراد ورزشکار نسبت به غیر ورزشکاران بالاتر است (مانتا[5] و دیگران، ۲۰۰۲). گزارش شده

1. Free fatty acids
2. Pääkkönen & Leppäluoto
3. Schwarz
4.Stokes
5. Manetta

است که سطح هورمون‌های متابولیک در مدت یک ساعت پس از اتمام تمرین، به مقادیر پایه برمی‌گردد (نمت و دیگران، ۲۰۰۹). نتایج مطالعه حاضر همسو با مطالعه نمت و دیگران (۲۰۰۹) نشان داد که استفاده از روش سرمادرمانی می‌تواند اثرات آنابولیکی تمرین را تضعیف کند. علاوه بر این، برخی محققان گزارش کرده اند که غوطه‌وری در آب سرد باعث کاهش سطح هورمون رشد پلاسما می‌شود (لپالوئوتو و دیگران، ۱۹۸۶). زاک[1] و دیگران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که پاسخ رونویسی مرتبط با رشد عضله، با خنک کردن بدن مختل می‌شود.

علاوه بر موارد فوق، نتایج مطالعه حاضر نشان داد سطح هورمون کورتیزول متعاقب انجام یک جلسه تمرین ووشو، تغییر معنی‌داری پیدا نمی کند. همچنین، نتایج مربوط به دوره بازیافت نشان داد که در سطح کورتیزول دو گروه پس از زمان بازیافت، کاهش معنی‌داری ایجاد می شود و حتی به مقادیر پایین‌تر از سطح پایه می رسد. این در حالی است که اختلاف معنی‌داری بین نتایج دو گروه در مراحل پس از بازیافت مشاهده نشد. نشان داده شده است که کورتیزول تا ۴۰ دقیقه پس از فعالیت در سطح بالایی باقی می ماند و پس از ۱/۵ تا ۴ ساعت، به حد پایه باز می‌گردد (آنتیلا[2] و دیگران، ۲۰۰۸؛ کینار[3] و دیگران، ۲۰۰۹). در مقابل، فیلیر[4] و دیگران (۲۰۰۷) گزارش کرده اند که غلظت کورتیزول پس از فعالیت، به مدت ۲۴ ساعت در حد بالایی باقی می‌ماند. عدم همسویی با نتایج مطالعه حاضر ممکن است مربوط به سطح آمادگی ورزشکاران باشد؛ چرا که در مطالعه حاضر از آزمودنی‌های ورزشکار نخبه استفاده شده است و می دانیم که سازگاری بلندمدت به تمرین، خود باعث افزایش کمتر سطح کورتیزول و بازگشت سریع‌تر به مقادیر پایه می‌شود (کرامر[5] و دیگران، ۲۰۰۹). یک توجیه برای کاهش سطح کورتیزول به مقادیر پایین‌تر از پیش از تمرین، احتمالا تغییرات مربوط به ساعت زیستی می باشد، زیرا کورتیزول در صبح در بالاترین مقدار بوده و در طول روز کاهش می‌یابد (نمت و دیگران، ۲۰۰۹).

سطح تستوسترون و کورتیزول به‌طور زیادی برای تعیین اثرات آنابولیکی/کاتابولیکی تمرین و دوره بازیافت مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند (نمت و دیگران، ۲۰۰۹). نسبت تستوسترون به کورتیزول نشان‌دهنده وضعیت آنابولیکی/کاتابولیکی بدن است (آرگوس[6] و دیگران، ۲۰۰۹). این نسبت در پاسخ‌های سازگاری به فعالیت نقش حیاتی ایفا کرده و میزان بازیافت را در رابطه با محیط آنابولیکی و کاتابولیکی تعیین می‌کند (شکورنیکوف[7] و دیگران، ۲۰۰۸). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نسبت هورمون تستوسترون به کورتیزول متعاقب تمرین افزایش می یابد. این نتیجه با آنچه کرامر و دیگران (۲۰۰۹) مبنی بر تأثیر فعالیت بر پاسخ هورمونی متابولیکی و افزایش این نسبت گزارش کرده اند، هم‌خوانی دارد. با وجود این، این شاخص پس از دوره بازیافت در هر دو گروه کاهش یافت. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین نتایج دو گروه در مرحله بازیافت مشاهده شد و میزان کاهش در گروه CWI بیشتر بود. کاهش نسبت تستوسترون به کورتیزول نشان‌دهنده ایجاد یک محیط کاتابولیک است (کرامر و دیگران، ۲۰۰۹) و با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار سطح کورتیزول بین دو گروه پس از دوره بازیافت، اختلاف بین دو گروه می‌تواند مربوط به کاهش سطح تستوسترون در گروه CWI باشد. همچنین، بالا بودن نسبت این دو هورمون پس از بازیافت، بیشتر به کاهش سطح کورتیزول مربوط می شود تا افزایش سطح تستوسترون.

ورزشکارانی که از مسیرهای بی‌هوازی گلیکولیتیک برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند، به‌طور بالقوه آلانین و گلوتامین را برای سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) به کار می‌گیرند. این امر سبب فعال‌سازی آنزیم‌های AST و ALT سرم می‌شود (فونسکا و دیگران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، در طول فعالیت‌های بلندمدت این آنزیم‌ها آمینواسیدها را برای استفاده به عنوان انرژی در چرخه کربس کاتابولیز می‌کنند (نظری و دیگران، ۲۰۱۴). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سطح آنزیم AST و ALT متعاقب انجام یک جلسه تمرین ووشو افزایش می‌یابد؛ اما تفاوت معنی‌داری در مقادیر شاخص‌های آسیب سلولی بین دو گروه تمرین و کنترل پس از بازیافت متعاقب یک جلسه تمرین ووشو مشاهده نشد. این نتیجه همسو با مطالعه کاروینن[8] (۲۰۱۵) که پیشنهاد می‌کند غوطه‌وری در آب سرد یا به عبارت دیگر، استفاده از سرما متعاقب تمرین شدید، اثری بر آسیب سلولی ناشی از فعالیت ندارد. در مقابل، اسکنسائو و دیگران (۲۰۱۱) و بایلی[9] و دیگران (۲۰۰۷) کاهش شاخص‌های آسیب سلولی را متعاقب استفاده از روش‌های سرمادرمانی در دوره بازیافت گزارش کرده اند. ناهمسویی بین نتایج می‌تواند مربوط به سطح آمادگی و سابقه تمرینی آزمودنی‌ها باشد؛ چرا که در این مطالعات از آزمودنی‌های غیر ورزشکار استفاده شده است و سطح آنزیم‌های سلولی مورد اندازه‌گیری به‌طور معنی‌داری پس

1. Zak
2. Antila
3. Cinar
4. Filaire
5. Kraemer
6. Argus
7. Shkurnikov
8. Karvinen
9. Bailey

از تمرین افزایش پیدا کرده است. این در حالی که افزایش سطح این آنزیم‌ها در ورزشکاران کمتر است (بلبلی و دیگران، ۲۰۱۷). بسیاری از مطالعات گزارش نموده اند که فعالیت بدنی بیشینه (مانند دویدن)، سبب افزایش موقتی آنزیم‌های کبدی و عضلانی می‌شود (چویون[1] و دیگران، ۲۰۰۳؛ بورگر-مندونکا[2] و دیگران، ۲۰۰۸). علاوه بر این، میزان افزایش سطح آنزیم‌های کبدی به‌طور زیادی به مسیر تأمین‌کننده انرژی فعالیت (هوازی یا بی‌هوازی) بستگی دارد. فعالیت‌های بلندمدت و استقامتی که تولید انرژی آن بیشتر متکی بر مسیرهای هوازی است، در میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی مؤثرند؛ زیرا برای ادامه این نوع فعالیت‌ها، نیاز بیشتری به تولید انرژی از طریق سیستم هوازی وجود دارد (بشیری و دیگران، ۲۰۰۹)؛ بنابراین، در این نوع فعالیت‌ها کبد بیشتر درگیر بوده و در نتیجه، احتمال آسیب غشای سلول‌های کبدی در فعالیت‌های بلندمدت بیشتر است (راوسن و پرسکای[3]، ۲۰۰۷). در کل، میزان تغییرات آنزیم ها به عوامل متعددی از جمله سطح آمادگی آزمودنی‌ها، پروتکل تمرینی، شرایط تغذیه‌ای و عوامل دیگر بستگی دارد (بلبلی و دیگران، ۲۰۱۷).

گزارش شده است که فشار هیدرواستاتیک ناشی از غوطه‌وری در آب، باعث جابجایی مایعات بدن، کاهش ادم[4]، افزایش انتقال مایعات برون سلولی به درون سیستم عروقی، افزایش برون ده قلبی و افزایش جریان خون شده و در نتیجه، به متابولیسم محصولات جانبی که در حین فعالیت تجمع می‌یابند، کمک می شود. با وجود این‌که سرما باعث کمک به کاهش ادم از طریق افزایش انقباض عروقی و پایین آمدن متابولیسم محیطی می شود، ممکن است مرگ سلولی ثانویه ناشی از آسیب عضلانی را کاهش دهد (ویلکوک[5] و دیگران، ۲۰۰۶؛ ایحسان[6] و دیگران، ۲۰۱۵؛ کاروینن، ۲۰۱۵)، کاهش دمای آب می‌تواند سبب کاهش برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی ناشی از تغییرات هیدرواستاتیک شود؛ بدین صورت که ضربان و برون‌ده قلبی کاهش یافته و انقباض عروقی افزایش می‌یابد. همچنین، برای حفظ دمای داخلی بدن، متابولیسم مرکزی افزایش می‌یابد؛ روندی که سبب افزایش تولید محصولات جانبی و از بین رفتن ذخایر انرژی می‌گردد (ویلکوک و دیگران، ۲۰۰۶). بر اساس یافته‌های مطالعات قبلی، به نظر می‌رسد که غوطه‌وری در آب سرد تنها زمانی که فرد در محیط گرم تمرین می‌کند، به دلیل جلوگیری از اثرات زیان‌بار افزایش دمای بدن[7] و افزایش التهاب و آسیب سلولی ناشی از آن، مفید می باشد (چنگ، ۲۰۱۸). همچنین، گزارش شده است که سرمادرمانی متعاقب تمرین باعث می‌شود که سطح هورمون‌های آنابولیکی کاهش و سطح هورمون‌های متابولیکی افزایش یابد و پیشنهاد شده است که تنها در صورت وقوع آسیب‌های منجر به جراحت یا در صورت انجام بازیافت فعال در کنار سرمادرمانی، از این شیوه بازیافت استفاده شود.

به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سطح هورمون‌های آنابولیکی (هورمون‌های رشد و تستوسترون) با انجام غوطه‌وری در آب سرد متعاقب انجام یک جلسه تمرین شدید ووشو، کاهش پیدا می کند. با وجود عدم‌تغییر معنی‌دار هورمون کورتیزول، با توجه به کاهش معنی‌دار نسبت هورمون تستوسترون به کورتیزول در گروه CWI، به نظر می‌رسد استفاده از این روش بازیافت غیرفعال می‌تواند اثرات سازگاری ناشی از تمرین را در ورزشکاران این رشته و رشته‌های ورزشی مشابه، کاهش داده و اثرات بلندمدت منفی بر عملکرد ورزشکاران داشته باشد. همچنین، نشان داده شده است که درجه مشخصی از خستگی یا التهاب متعاقب فعالیت ممکن است برای ارتقای سازگاری‌های بلندمدت به تمرین ضروری باشد، بنابراین، سرمادرمانی در بلندمدت می‌تواند اثرات منفی داشته باشد (کاروینن، ۲۰۱۵). تسنگ[8] و دیگران (۲۰۱۳) نشان داده اند که خنک کردن بدن بعد از فعالیت، سبب تأخیر در بازیافت آسیب سلولی ناشی از فعالیت می‌شود. این محققان اظهار داشته‌اند که خنک کردن بدن سبب کاهش بازسازی عضله در ابتدای دوره بازیافت می‌شود. همچنین، غوطه‌وری در آب سرد نتوانسته است سطح آسیب سلولی ناشی از فعالیت را کاهش دهد. بر اساس نتایج مطالعات قبلی غوطه‌وری در آب سرد و استفاده از پک‌های یخ، تنها می‌تواند التهاب و درک خستگی (نه رفع خستگی) را نسبت به یک فعالیت شدید کاهش دهد و حتی ممکن است بر عملکردهای توانی و استقامتی افراد اثرات منفی داشته باشد. همچنین، می توان به عدم کنترل دقیق شدت فعالیت، سطح تغذیه و استراحت آزمودنی ها و همچنین پاسخ های فردی متفاوت آزمودنی‌ها به غوطه وری در آب سرد به عنوان محدودیت های مطالعه حاضر اشاره کرد.

نتیجه‌گیری: در مجموع مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از روش سرمادرمانی متعاقب تمرینات شدید ووشو می‌تواند سبب کاهش سطح هورمون‌های آنابولیکی شده و

1. Chevion
2. Burger-Mendonca
3. Rawson & Persky
4. Edema
5. Wilcock
6. Ihsan
7. Hyperthermia
8. Tseng

ممکن است پاسخ‌های مورد انتظار ناشی از تمرین را تضعیف کند. پیشنهاد می‌شود که پروتکل تمرینی حاضر با بررسی سایر شاخص‌های آنابولیکی و سایر روش‌های سرمادرمانی انجام شود. همچنین، بر اساس نتایج مطالعه حاضر به مربیان و ورزشکاران پیشنهاد می‌شود که جهت بازیافت بین جلسات تمرینی و حتی دو مسابقه از یک تورنمنت ورزشی، از سایر روش‌های بازیافت از جمله بازیافت فعال استفاده نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

از همه ورزشکاران و مربیان استان کردستان که در انجام مطالعه حاضر محققان را یاری کردند؛ تشکر و قدردانی می کنیم.

منابع

Alpay, C. B. (2013). The effects of wrestling competition on muscle damage with reference to weight and body mass index. *Life Science Journal, 10***(5s), 306-312.**

Anttila, K., Mänttäri, S., & Järvilehto, M. (2008). Testosterone and Ca^{2+} regulation in skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine, 29***(10), 795-802.**

Argus, C. K., Gill, N. D., Keogh, J. W., Hopkins, W. G., & Beaven, C. M. (2009). Changes in strength, power, and steroid hormones during a professional rugby union competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23***(5), 1583-1592.**

Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S., & Magalhães, 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.**

Bailey, D., Erith, S., Griffin, P., Dowson, A., Brewer, D., Gant, N., & Williams, C. (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences, 25***(11), 1163-1170.**

Bashiri, J., Gaeini, A., & Nikbakht, H. (2009). Simultaneous effect of talking creatine monohydrate and resistant practice on serum live enzyme activity of athletic men. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism, 12***(1), 42-47. [Persian]**

Bolboli, L., Mirzaei, B., & Lotfi, N. (2017). Effect of various ambient temperatures on proinflammatory cytokines levels and oxidative stress index of cadet wrestlers. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 5***(9), 21-30. [Persian]**

Burger-Mendonca, M., Bielavsky, M., & Barbosa, F. (2008). Liver overload in Brazilian triathletes after half-ironman competition is related muscle fatigue. *Annals of Hepatology, 7***(3), 245-248.**

Cheng, A. J. (2018). Cooling down the use of cryotherapy for post-exercise skeletal muscle recovery. *Temperature*, 5**(2), 1-3.**

Chevion, S., Moran, D. S., Heled, Y., Shani, Y., Regev, G., Abbou, B., & Epstein, Y. (2003). Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100***(9), 5119-5123.**

Cinar, V., Cakmakci, O., Mogulkoc, R., & Baltaci, A. K. (2009). Effects of exhaustion and calcium supplementation on adrenocorticotropic hormone and cortisol levels in athletes. *Biological Trace Element Research, 127***(1), 1-5.**

Costa Santos, W. O., Brito, C. J., Andrade Pinho Júnior, E., Nardelli Valido, C., Lacerda Mendes, E., Prado Nunes, M. A., & Franchini, E. (2012). Cryotherapy post-training reduces muscle damage markers in jiu-jitsu fighters. *Journal of Human Sport and Exercise,* 9**(3), 629-3.**

Filaire, E., Filaire, M., & Le Scanff, C. (2007). Salivary cortisol, heart rate and blood lactate during a qualifying trial and an official race in motorcycling competition. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 47***(4), 413-7.**

Fonseca, L. B., Brito, C. J., Silva, R. J. S., Silva-Grigoletto, M. E., da Silva, W. M., & Franchini, E. (2016). 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.**

Halson, S. L., Quod, M. J., Martin, D. T., Gardner, A. S., Ebert, T. R., & Laursen, P. B. (2008). Physiological responses to cold water immersion following cycling in the heat. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 3***(3), 331-346.**

Ihsan, M., Watson, G., Lipski, M., & Abbiss, C. R. (2013). Influence of postexercise cooling on muscle oxygenation and blood volume changes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 45***(5), 876-882.**

Karvinen, S. (2015). *Acute and chronic effects of cold treatment on physiological variables and neuromuscular function during a short training period in men.* **Master's Thesis, University of Jyväskylä, 35-65.**

Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 20***(s2), 95-102.**

Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Martin, G. J., Howard, R. L., Ratamess, N. A., Fragala, M. S. (2009). Recovery from a national collegiate athletic association division I football game: muscle damage and hormonal status. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23***(1), 2-10.**

Leppaluoto, J., Lybeck, H., Virkkunen, P., Partanen, J., & Ranta, T. (1982). Effects of immersion in cold water on the plasma ACTH, GH, LH, and TSH concentrations in man. *Circumpolar Health, 81***, 601-602.**

Manetta, J., Brun, J. F., Maimoun, L., Callis, A., Préfaut, C., & Mercier, J. (2002). Effect of training on the GH/IGF-I axis during exercise in middle-aged men: relationship to glucose homeostasis. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 283***(5), E929-E936.**

Mirzaei, B., Lotfi, N., & Saeidi, P. (2011). The relationship between anthropometric parameters, body composition and explosive power in cadet wrestlers. *Fiziceskoe Vospitanie Studentov, 6***, 128-131.**

Mohammadizadeh, M. A., Ghanbarzadeh, M., Habibi, A., Shakeryan, S., & Nikbakht, M. (2013). The effect of high intensity interval exercise in high/low temperatures on exercise-induced bronchoconstriction (EIB) in trained adolescent males. *Tanaffos, 12***(3), 29. [Persian]**

Nazari, Y., Mohamadimofrad, A., Nazari, A., Jamshidi, R., & Asjodi, F. (2014). Response of liver enzymes to acute aerobic exercise in sedentary human subjects. *New York Science Journal, 7***(4), 89-92.**

Nemet, D., Meckel, Y., Bar-Sela, S., Zaldivar, F., Cooper, D. M., & Eliakim, A .(2009). Effect of local cold-pack application on systemic anabolic and inflammatory response to sprint-interval training: a prospective comparative trial. *European Journal of Applied Physiology, 107***(4), 411-7.**

Pääkkönen, T., & Leppäluoto, J. (2002). Coldexposure and hormonal secretion: a review. *International Journal of Circumpolar Health, 61***(3), 265-276.**

Rawson, E. S., & Persky, A. M. (2007). Mechanisms of muscular adaptations to creatine supplementation. *International Sport Medicine Journal, 8***(2), 43-53.**

Roberts, L. A., Muthalib, M., Stanley, J., Lichtwark, G., Nosaka, K., Coombes, J. S., & Peake, J. M. (2015). Effects of cold water immersion and active recovery on hemodynamics and recovery of muscle strength following resistance exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 309***(4), R389-R398.**

Ruhi, G., Gaeini A. A., Kordi, M. R., Hedayati, M., & Zarkesh, M. (2016). The effect of cold water immersion after eccentric exercise on myogenic, inflammatory and muscle damage responses In FHL skeletal muscle in rats. *Physiology of Sport and Physical Activity*, *14***(2), 1079-1090. [Persian]**

Schwarz, A. J., Brasel, J., Hintz, R. L., Mohan, S., & Cooper, D. (1996). Acute effect of brief low-and high-intensity exercise on circulating insulin-like growth factor (IGF) I, II, and IGF-binding protein-3 and its proteolysis in young healthy men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 81***(10), 3492-3497.**

Shkurnikov, M., Donnikov, A., Akimov, E., Sakharov, D., & Tonevitsky, A. (2008). Free testosterone as marker of adaptation to medium-intensive exercise. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 146***(3), 354-357.**

Stokes, K., Nevill, M., Frystyk, J., Lakomy, H., & Hall, G. (2005). Human growth hormone responses to repeated bouts of sprint exercise with different recovery periods between bouts. *Journal of Applied Physiology, 99***(4), 1254-1261.**

Tseng, C. Y., Lee, J. P., Tsai, Y. S., Lee, S. D., Kao, C. L., Liu, T. C., Kuo, C. H. (2013). Topical cooling (icing) delays recovery from eccentric exercise–induced muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27***(5), 1354-1361.**

Versey, N. G., Halson, S. L., & Dawson, B. T. (2013). Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. *Sports Medicine, 43***(11), 1101-1130**

Wilcock, I. M., Cronin, J. B., & Hing, W. A. (2006). Physiological response to water immersion. *Sports Medicine, 36***(9), 747-765.**

Zak, R. B., Hassenstab, B., Zuehlke, L., Heesch, M., Shute, R., Laursen, T., & Slivka, D. (2018). Impact of local heating and cooling on skeletal muscle transcriptional response related to myogenesis and proteolysis. *European Journal of Applied Physiology, 118***(1), 101-109.**