

Received: 2021/10/6

Accepted: 2021/12/1

How to cite:

Aghafathi A, Sarshin A, Rahimi AR, Alijani E. The effect of Cold-Water Immersion on blood lactate levels and functional indicators after the repetitive sessions of simulated competition. *EBNESINA* 2022;24(2):17-27.

DOI: 10.22034/24.2.17

Original Article

The effect of Cold-Water Immersion on blood lactate levels and functional indicators after the repetitive sessions of simulated competition

Ameneh Aghafathi¹, Amir Sarshin^{2✉}, Alireza Rahimi², Eidi Alijani³

Abstract

Background and aims: Cold-water immersion (CWI) is a favorite method for athletes to accelerate the recovery process. The aim of this study was to investigate the effect of CWI on blood lactate levels and functional indicators after the repetitive sessions of simulated competition.

Methods: In this quasi-experimental study, 12 male taekwondo practitioners of Karaj city by available sampling were selected. They were randomly divided into CWI group and control group (inactive recovery). Subjects performed three simulated taekwondo competitions at one-hour intervals. CWI was performed by local immersion of feet in cold water at 11°C for 11 minutes. Blood lactate levels, fatigue index, heart rate and successful leg kicks were measured. Data were analyzed using analysis of variance using repeated measures factor analysis of variance, dependent t-test, and Bonferroni post hoc test at $p < 0.05$.

Results: The results showed that the simulated competition led to significant increase in blood lactate, fatigue index, heart rate, and decreased successful leg kicks ($p < 0.001$). CWI in all stages of the study was associated with decreased blood lactate, fatigue index, heart rate, and increased successful leg kicks compared to the control group ($p < 0.001$).

Conclusion: According to the results, it seems that CWI during repetitive competitions can help reduce fatigue and improve performance in taekwondo players.

Keywords: Sport, Fatigue, Immersion

1. PhD Student, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2. Assistant professor, Department of Exercise Physiology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

3. Professor, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

✉ Corresponding Author:

Amir Sarshin

Address: Department of Exercise Physiology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Tel: +98 (21) 33456645

E-mail: Amsarshin@gmail.com

EBNESINA - IRIAF Health Administration

(Vol. 24, No. 2, Serial 79 Summer 2022)



Copyright© 2022. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: <http://www.ebnesina.ajaums.ac.ir>

تأثیر غوطه‌وری در آب سرد بر میزان لاکتات خون و شاخص‌های عملکردی متعاقب وهله‌های تکراری رقابت شبیه‌سازی شده

آمنه آقافتحی^۱، امیر سرشین^۲، علیرضا رحیمی^۳، عیدی علیجانی^۳

چکیده

زمینه و اهداف: غوطه‌وری در آب سرد یک روش مورد علاقه ورزشکاران در جهت تسریع در روند ریکاوری است. هدف این پژوهش تعیین تأثیر غوطه‌وری در آب سرد بر میزان لاکتات خون و شاخص‌های عملکردی متعاقب وهله‌های تکراری رقابت شبیه‌سازی شده بود.

روش بررسی: در این تحقیق نیمه تجربی، ۱۲ تکواندوکار مرد شهرستان کرج به صورت در دسترس انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه غوطه‌وری در آب سرد و گروه کنترل (ریکاوری غیرفعال) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها در فواصل زمانی یک ساعت، سه مسابقه شبیه‌سازی شده تکواندو را انجام دادند. غوطه‌وری در آب سرد به صورت غوطه‌وری موضعی پاها در آب سرد با دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۱ دقیقه، انجام شد. میزان لاکتات خون، شاخص خستگی، ضربان قلب و ضربات موفق یا اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌گیری‌های مکرر، آزمون تی وابسته و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری $p < 0/05$ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که رقابت شبیه‌سازی شده منجر به افزایش معنی‌دار میزان لاکتات خون، شاخص خستگی، ضربان قلب و کاهش ضربات موفق یا شد ($p < 0/001$). غوطه‌وری در آب سرد در کل مراحل پژوهش با کاهش لاکتات خون، شاخص خستگی، ضربان قلب و افزایش ضربات موفق نسبت به گروه کنترل همراه بود ($p < 0/001$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که غوطه‌وری در آب سرد طی وهله‌های مسابقات تکراری می‌تواند به کاهش خستگی و بهبود عملکرد در تکواندوکاران کمک کند.

کلمات کلیدی: ورزش، خستگی، غوطه‌وری

(سال بیست و چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱، مسلسل ۷۹)
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۸

فصلنامه علمی پژوهشی ابن سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهجا
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۴

۱. دانشجوی دکتری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲. استادیار، دانشکده تربیت بدنی، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۳. استاد، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

مؤلف مسئول: امیر سرشین

آدرس: دانشکده تربیت بدنی، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
تلفن: ۳۳۴۵۶۶۴۵ (۲۱) ۰۹۸+
ایمیل: Amsarshin@gmail.com

مقدمه

متخصصان و کارشناسان ورزشی در پی بهره‌گیری از یافته‌های علمی برای آماده ساختن هرچه بهتر ورزشکاران حرفه‌ای خود هستند تا آنان در رقابت‌های دشوار ملی، جهانی و المپیک به موفقیت دست یابند. ماهیت تکواندو مبتنی بر فعالیت‌های انفجاری، قدرتی و سرعتی است اما فاکتورهای دیگر مانند توان، سرعت عکس‌العمل مناسب و قدرت عضلانی نیز در آن از اهمیت بالایی برخوردار است. این ورزش رزمی به صورت انفرادی انجام می‌شود [۱]. عوامل عملکردی و بیوشیمیایی زیادی می‌توانند در موفقیت ورزشکاران رشته تکواندو مؤثر باشند [۲]. آسیب‌های عضلانی نیز می‌توانند عملکرد را تحت تأثیر قرار دهند. در جریان مسابقه تکواندو، ضربات موفق به تنه و صورت منتج به کسب امتیاز بیشتر می‌شوند. بنابراین، یک مسابقه تکواندو می‌تواند به دلیل تلاش بدنی باعث خستگی و آسیب عضلانی قابل توجهی شود [۳-۵]. لاکتات با جداسدن یون هیدروژن از اسید لاکتیک ایجاد می‌شود. این یون نتیجه مسیر بی‌هوازی (گلیکولیزی) در بافت‌های مختلف مانند عضلات اسکلتی، گلبول قرمز و سایر بافت‌ها است و در اثر تبدیل گلوکز به لاکتات در برخی از بافت‌ها از جمله بافت چربی تولید می‌شود [۶]. درد عضلانی، آسیب عضلانی، اختلال در عملکرد عضلات و افزایش التهاب‌های وارده بر عضلات بعد از تمرین می‌تواند اجراء بهینه را کاهش دهد و خستگی ایجاد کند که در این شرایط پیام‌های عصبی ارسال شده از CNS به عضله دچار اختلال می‌شود [۷]. مطالعات نشان می‌دهند که تکنیک‌های ریکاوری می‌توانند به کاهش آسیب‌های عضلانی کمک کنند [۸-۱۰].

ریکاوری ورزشی به معنای برگشت به حالت اولیه، بازیابی منابع تخلیه شده، کاهش خستگی و آسیب‌های وارده به عضله متعاقب یک تمرین ورزشی در جهت بهبود عملکرد برای ورزشکاران تعریف می‌شود. روش‌های مختلفی برای ریکاوری

وجود دارد. غوطه‌وری در آب سرد (CWI)^۱ یک روش مورد علاقه ورزشکاران در جهت تسریع در روند ریکاوری است [۸]. بازیابی بعد از ورزش در تمرینات قدرتی از این طریق می‌تواند باعث کاهش درد و التهاب و آسیب‌های عضلانی شود [۱۱]. همچنین گزارش شده است که CWI تأثیری مطلوب بر ریکاوری و عملکرد داشته است، دمای بافت و جریان خون را کاهش داده و با بهبود فشار خون و تغییرات متعاقب آن در سیستم عصبی مرکزی و کاهش فشار قلبی عروقی، از بین بردن و کاهش فرآورده‌های متابولیک انباشته شده در عضله، می‌تواند عملکرد ورزشی را بهبود دهد [۹]. متغیرهای دما و زمان برای غوطه‌وری متفاوت است و تاکنون زمان‌های ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۲۳، ۲۶، ۳۰ دقیقه، بیشترین زمان‌های مورد اندازه‌گیری بوده‌اند. زمان CWI نیز متفاوت است. طبق جدیدترین مطالعه‌ای که انجام شده دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد با زمان ۱۱ دقیقه غوطه‌وری و ۱۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۵ دقیقه غوطه‌وری بهترین نتایج در ریکاوری را داشته‌اند [۱۰]. برخی تحقیقات نیز نشان داده‌اند که CWI بر شاخص‌های خستگی و عملکرد تأثیر ندارد [۱۲-۱۴].

هدف بسیاری از تکنیک‌های مختلف ریکاوری، محدود کردن خستگی و یا بهبود عملکرد است با این حال، همان طور که ذکر شد، نتایج پژوهش‌ها در این زمینه متناقض است. مسابقات تکواندو می‌تواند به حداکثر عملکردهای مکرر در همان روز نیاز داشته باشد و برخی از ریکاوری‌ها بین رویدادها به مدت کوتاه انجام می‌شود. بنابراین ریکاوری برای این ورزشکاران از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، زیرا آنها تلاش می‌کنند تا بازگشت به عملکرد اولیه را برای تلاش‌های بعدی تسریع کنند. از آنجایی که در تکواندو در طول یک روز چندین مسابقه متوالی توسط ورزشکار انجام می‌شود و آب سرد از طریق عملکردهای عصبی بهبود روزانه را باعث می‌شود، شاید بتوان از این روش برای کاهش خستگی و بهبود عملکرد

1. Cold-Water Immersion

در بین مسابقات متوالی استفاده کرد بنابراین تحقیق حاضر قصد دارد به بررسی تأثیر CWI بر میزان لاکتات خون و شاخص‌های عملکردی متعاقب وهله‌های تکراری رقابت شبیه‌سازی شده بپردازد.

روش بررسی

پژوهش حاضر از نظر هدف جزء پژوهش‌های کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات از نوع پژوهش‌های نیمه‌تجربی است. جامعه آماری پژوهش حاضر، تکواندوکاران مرد شهرستان کرج بود که از بین آنها تعداد ۱۲ نفر (میانگین قد، وزن و شاخص توده بدنی به ترتیب برابر $1/76 \pm 0/06$ متر، $59 \pm 4/6$ کیلوگرم و $19/20 \pm 2/18$ Kg/m^2 ، رده سنی ۱۷ تا ۱۹ سال و سابقه تمرینی بین ۸ تا ۱۰ سال) به صورت در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند. حجم نمونه با در نظر گرفتن $\beta=0/1$ و $\alpha=0/05$ با استفاده از فرمول زیر با رعایت توان ۸۰٪ و سطح منحنی داری ۵٪ و با فرض ناهمگونی واریانس (منجر به حجم نمونه بالاتر نسبت به وضعیت همگنی واریانس می‌شود) و با فرض آن که مقدار استاندارد شده اندازه اثر $\Delta=0/75$ و همچنین نسبت واریانس‌های دو گروه برابر $Z=1/5$ و یکسان در نظر گرفتن تعداد اعضای گروه شاهد و مورد ($\phi=1$)، محاسبه شد. در این فرمول α (خطای نوع اول برابر با ۰/۰۵) و β (خطای نوع دوم برابر با ۰/۰۲) است:

$$\frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) (Z\alpha/2 + Z\beta)^2}{\Delta^2}$$

پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه کتبی، پرسشنامه سلامت‌بدنی برای تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد. آزمودنی‌ها سابقه بیماری خاص یا مصرف مکمل و داروی خاصی نداشته و در طول دوره تحقیق در هیچ مسابقه رسمی یا غیررسمی شرکت نداشتند. همچنین هنگام اجرای پژوهش از شیوه‌های دهیدراسیون مانند محدودیت غذایی استفاده نمی‌کردند و در وضعیت بیش‌تر تمرینی نیز نبودند. در ادامه، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه غوطه‌وری (شش نفر) و گروه کنترل

مسابقه شبیه‌سازی شده

در مسابقه شبیه‌سازی شده تکواندو، آزمودنی‌ها به سبک مسابقات المپیک در طبقه‌بندی وزنی خود قرار می‌گرفتند. سپس به صورت تصادفی ساده در مقابل یکی از ورزشکاران گروه وزنی خود به مبارزه می‌پرداختند. مسابقات شبیه‌سازی شده با حضور داور و تجهیزات کامل شامل کلاه ایمنی، محافظ دهان، محافظ تنه (هوگو) محافظ ساعد، محافظ کتف، و محافظ ساق بر روی پا انجام می‌شد. از آنجایی که آزمودنی‌ها در فصل مسابقه نبودند، مسابقه شبیه‌سازی شده را دو نفره و به صورت مسابقه رسمی به جای استفاده از میت، اجرا می‌کردند.

اندازه‌گیری میزان لاکتات خون از کیت شرکت بایرکس فارس استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه بیوشیمی BS200 با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ میکرولیتر (ساخت کشور آلمان) و به روش فوتومتریک انجام شد. همچنین از هوگو الکتریکی با سنسورهای قوی جهت ثبت ضربات موفق در دو رنگ هوگو آبی و هوگو قرمز استفاده شد.

با استفاده از ضربان‌سنج در حین اجرای ست‌ها، ضربان قلب سنجیده می‌شد. از طرفی پس از پایان هر ست، میزان درک تلاش (RPE)^۲ بر اساس مقیاس ۱۰ درجه‌ای گرفته شد که در آن، مقیاس شماره صفر به‌عنوان تلاش خیلی خیلی سبک و مقیاس شماره ۱۰ به‌عنوان تلاش خیلی خیلی سخت در نظر گرفته شد [۱۶].

ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر بر اساس رعایت اصول اخلاقی انجام شد و تمامی مراحل تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه به تصویب رسید. از کلیه آزمودنی‌ها رضایتنامه کتبی شرکت در مطالعه گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای اطمینان از نرمال بودن توزیع متغیرها، از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. بعد از این که نرمال بودن توزیع داده‌ها مشخص گردید، برای مقایسه متغیرهای تحقیق از آزمون تحلیل واریانس دو عاملی ۸×۲ (گروه×مرحله) با اندازه‌گیری‌های مکرر، آزمون تی وابسته و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری در همه موارد $p \leq 0/05$ در نظر گرفته شد. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ به اجرا درآمد.

یافته‌ها

نتایج آزمون تی وابسته نشان داد که آزمون شبیه‌سازی

برای تحلیل و بررسی بهتر و سنجش شاخص‌های عملکردی از تمامی مسابقات فیلم‌برداری شد. مسابقه شبیه‌سازی شده به‌گونه‌ای بود که آزمودنی‌ها ضربات بانداک چاگی^۱ را با پای چپ و راست (به طور متناوب) با حداکثر توان اجرا می‌کردند. هر ست معادل دو دقیقه انجام شد و از آنجایی که مسابقه تکواندو حداقل سه ست دو دقیقه‌ای است، این تست در سه مرحله تکرار شد. بین ست‌ها ۱۰ ثانیه رقص پا انجام می‌دادند که البته با توجه به ضربه حریف ممکن بود بیشتر یا کمتر شود. همچنین تشویق کلامی در حین اجرا برای ایجاد انگیزه به آزمودنی‌ها داده شد.

غوطه‌وری در آب سرد

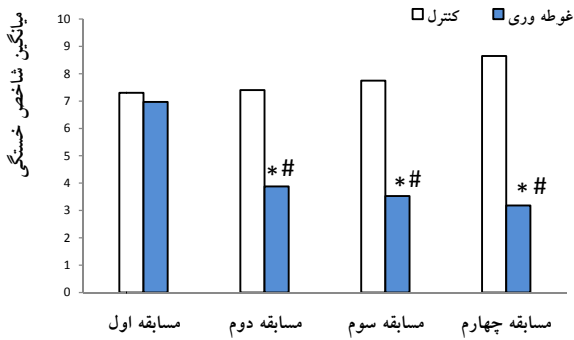
نحوه CWI به صورت غوطه‌وری موضعی پاها در آب سرد با دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۱ دقیقه، انجام شد. آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته بر روی صندلی، پاهای خود را در داخل مخزن آب سرد قرار می‌دادند. پاهای آزمودنی‌ها تا بالای ساق پا (زیر زانو) در داخل آب سرد قرار می‌گرفت. دمای آب توسط دماسنج کنترل می‌شد. پاها در داخل مخزن آب باید به صورت کاملاً راحت قرار گرفته می‌شد که با توجه به زمان ۱۱ دقیقه، خستگی در پاها شکل نگیرد. گروه کنترل در این مدت، ریکاوری غیرفعال داشتند و هیچ گونه فعالیتی انجام نمی‌دادند [۱۵].

نمونه‌گیری خونی و ارزیابی شاخص‌های عملکردی

نمونه‌گیری خونی از آزمودنی‌ها در شرایط استراحتی و در حالت نشسته به مقدار پنج سی‌سی از ورید آنتی‌کوبیتال توسط کارشناس علوم آزمایشگاهی گرفته شد. نمونه‌ها پس از نمونه‌گیری به آزمایشگاه منتقل و در لوله‌های حاوی ماده ضدانعقاد EDTA ریخته شد تا از انعقاد خون جلوگیری شود. سپس نمونه‌های خونی با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید و سرم جدا شد. برای

1. Bandal chagi (dichotomy kick)

2. Rating of perceived exertion



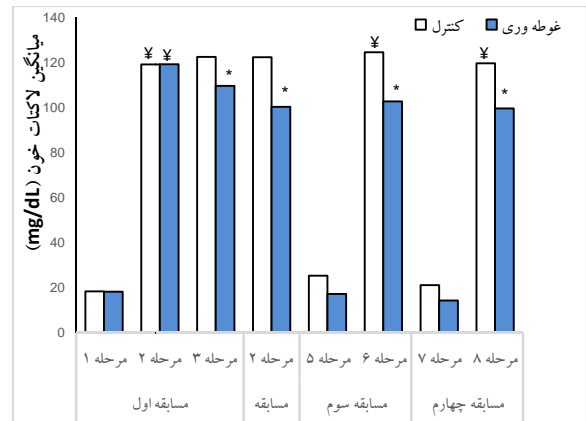
نمودار ۲- میانگین شاخص خستگی در گروه‌های تحقیق در مراحل مختلف

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل.

تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه تجربی مسابقه قبل ($p < 0.05$).

مسابقه تکواندو معنی‌دار بود. همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین شاخص خستگی بعد از مسابقه اول گروه CWI و کنترل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($BCa\ 95\%[-1/0, 0/21]$). $p = 0/278$, CI معنی‌دار شاخص خستگی در مسابقه دوم شد ($[-3/7, -3/3]$). $p = 0/001$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه دوم منجر به کاهش معنی‌دار شاخص خستگی در مسابقه سوم شد ($[-4/4, -4/0]$). $p = 0/001$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه سوم منجر به کاهش معنی‌دار شاخص خستگی در مسابقه چهارم شد ($[-5/6, -5/3]$). $p = 0/001$, $BCa\ 95\% CI$ (نمودار ۲).

نتایج نشان داد که اثر اصلی زمان ($F(3, 30) = 60/9$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/99$)، گروه (تکواندو) ($F(1, 10) = 1024/03$) و تعامل گروه و زمان بر ضربان قلب بعد از مسابقه تکواندو معنی‌دار بود ($F(3, 30) = 136/1$). همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین ضربان قلب بعد از مسابقه اول گروه CWI و کنترل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($BCa\ CI\ 95\% [-8/5, 6/6]$). $p = 0/729$, $BCa\ CI\ 95\%$ بعد از مسابقه اول منجر به کاهش معنی‌دار ضربان قلب مسابقه دوم شد ($[-58/8, -53/6]$). $p = 0/001$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه دوم منجر به کاهش معنی‌دار ضربان قلب مسابقه سوم شد ($[-65/1, -69/6]$). $p = 0/001$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه سوم منجر به کاهش معنی‌دار ضربان قلب مسابقه



نمودار ۱- میانگین لاکتات خون در گروه‌های تحقیق در هشت مرحله

مرحله ۱ (قبل از مسابقه اول)؛ مرحله ۲ (بلافاصله بعد از مسابقه اول)؛ مرحله ۳ (غوطه‌وری در آب سرد بعد از مسابقه اول)؛ مرحله ۴ (غوطه‌وری در آب سرد بعد از مسابقه دوم)؛ مرحله ۵ (قبل از مسابقه سوم)؛ مرحله ۶ (غوطه‌وری در آب سرد بعد از مسابقه سوم)؛ مرحله ۷ (قبل از مسابقه چهارم)؛ مرحله ۸ (غوطه‌وری در آب سرد بعد از مسابقه چهارم).

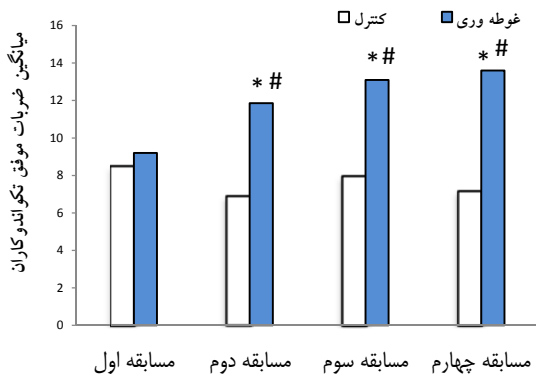
* تفاوت معنی‌دار نسبت به مرحله ۱، ۵ و ۷

‡ تفاوت معنی‌دار نسبت به مرحله ۱

تکواندو منجر به افزایش معنی‌دار لاکتات خون در هر دو گروه شد ($p < 0/001$).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی زمان ($F(7, 70) = 1021/8$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/99$)، گروه (تکواندو) ($F(1, 10) = 125/8$) و تعامل گروه و زمان ($F(7, 70) = 6/5$, $p = 0/029$) بر میزان لاکتات خون بعد از مسابقه تکواندو معنی‌دار بود. همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی با فواصل اطمینان بوت استرپینگ نشان داد CWI بعد از مسابقه اول منجر به کاهش معنی‌دار میزان لاکتات خون شد ($[-7/0, -20/9]$). $p = 0/008$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه دوم منجر به کاهش معنی‌دار میزان لاکتات خون شد ($[-19/0, -26/3]$). $p = 0/001$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه سوم منجر به کاهش معنی‌دار میزان لاکتات خون شد ($[-14/6, -29/5]$). $p = 0/002$, $BCa\ 95\% CI$ بعد از مسابقه چهارم منجر به کاهش معنی‌دار میزان لاکتات خون شد ($[-13/6, -25/1]$). $p = 0/002$, $BCa\ 95\% CI$ (نمودار ۱).

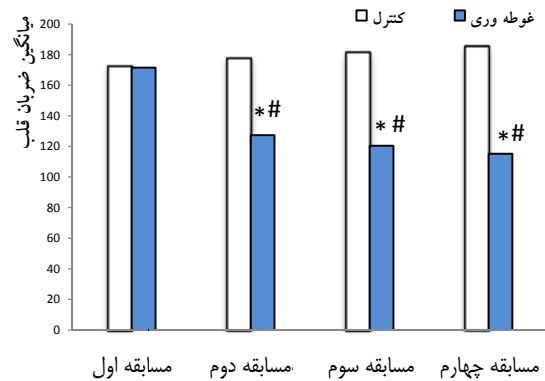
نتایج نشان داد که اثر اصلی زمان ($F(3, 30) = 90/1$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/90$)، گروه (تکواندو) ($F(1, 10) = 1095/6$) و تعامل گروه و زمان ($F(3, 30) = 212/2$, $p < 0/001$) بر شاخص خستگی بعد از



نمودار ۴- میانگین ضربات موفق در گروه‌های تحقیق در مراحل مختلف

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل،
تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه تجربی مسابقه قبل ($p \leq 0.05$)

ضربان قلب و افزایش ضربات موفق نسبت به گروه کنترل همراه بود. CWI زمان رسیدن به واماندگی^۱ را طولانی‌تر می‌کند و سطح لاکتات را کاهش می‌دهد [۱۷]؛ همچنین نشان داده شده است که روش CWI (۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه) پس از تمرین با شدت بالا سطوح لاکتات را سریعتر بازیابی می‌کند [۱۸]. این نتایج با یافته‌های مطالعه ما که نشان می‌دهد با ادامه فرایند تحقیق، تفاوت سطوح لاکتات بین دو گروه بیشتر شده است، به گونه‌ای که در پایان مرحله چهارم، کاهش معنی‌دار میزان لاکتات خون بین دو گروه به بیشترین مقدار رسیده است، همخوان است. روش CWI با افزایش بازگشت وریدی، سبب تسریع برداشت مواد زائد مانند اسیدلاکتیک می‌شود. همچنین، سبب می‌شود که مغز با افزایش فعالیت پمپ عضلانی، جریان خون به عضلات را افزایش داده و از این طریق به برداشت اسیدلاکتیک، سرعت می‌بخشد با این حال، ادامزیک و همکاران در مطالعه‌ای به منظور بررسی اثربخشی ماساژ یخ و CWI بر دمای بافت و مزایای بالقوه برای جلوگیری از DOMS^۲ پس از اعمال روش انتخابی برای حمایت از ریکاوری، سطح لاکتات در گروه ماساژ یخ و کاهش یافت با این حال کاهش غلظت لاکتات در گروه ریکاوری غیرفعال به طور معنی‌داری کمتر از گروه‌های دیگر بود [۱۹]. فشار هیدرواستاتیک باعث جابجایی مایع بدن



نمودار ۳- میانگین ضربات قلب در گروه‌های تحقیق در مراحل مختلف

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل،
تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه تجربی مسابقه قبل ($p \leq 0.05$)

چهارم شد ($p=0.001$, BCa 95% CI [-۷۹/۹, -۷۵/۰۶]) (نمودار ۳).

نتایج نشان داد که اثر اصلی زمان ($F(۲)=۰/۳۴$, $p=0.005$ ، گروه $F(۳, ۳۰)=۵/۳۵$ ، $p<0.001$ ، $F(۱, ۱۰)=۹۶/۸$ و تعامل گروه و زمان ($F(۳, ۳۰)=۱۳/۴۳$ ، $p<0.001$ ، $F(۳, ۳۰)=۱۳/۴۳$ ، $p<0.001$ معنی‌دار بود. همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین میانگین ضربات موفق تکواندوکاران گروه CWI و کنترل در مسابقه اول تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($BCa [-۰/۶۹, ۲/۰]$). CWI بعد از مسابقه اول منجر به بهبود معنی‌دار ضربات موفق تکواندوکاران در مسابقه دوم شد ($p=0.0459$, 95% CI [۴/۰۱, ۵/۸])، CWI بعد از مسابقه دوم منجر به بهبود معنی‌دار ضربات موفق تکواندوکاران در مسابقه سوم شد ($p=0.001$, BCa 95% CI [۳/۴, ۶/۸])، CWI بعد از مسابقه سوم منجر به بهبود معنی‌دار ضربات موفق تکواندوکاران در مسابقه چهارم شد ($p=0.001$, BCa 95% CI [۵/۲, ۷/۷]) (نمودار ۴).

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که رقابت شبیه‌سازی شده منجر به افزایش معنی‌دار میزان لاکتات خون، شاخص خستگی، ضربان قلب و کاهش ضربات موفق پا شد. CWI در کل مراحل پژوهش با کاهش لاکتات خون، شاخص خستگی،

1. Time-to-exhaustion (TTE)
2. Delayed-onset muscle soreness

به سمت بالا و داخل می‌شود و به بازگشت مایع از عضلات به خون کمک می‌کند [۲۰]. حجم خون مرکزی افزایش می‌یابد که به نوبه خود ممکن است شیب انتشار را از طریق رقیق شدن خون بهبود بخشد. هنگامی که در ریکاوری از ورزش استفاده می‌شود، انتقال سوبسترا و متابولیسم مواد زائد ممکن است بهبود یابد، که با دفع سریعتر لاکتات خون پس از غوطه‌وری در آب مشاهده شده است [۲۱]. این مزایا ممکن است پس از ورزش (مانند مسابقات تکراری با تلاش زیاد در شرایط مسابقات) که باعث کاهش شدید ذخایر انرژی عضلات و افزایش متابولیت‌ها می‌شود، مطلوب باشد [۲۰]. نتایج مطالعه ما، نشان داد که میانگین شاخص خستگی گروه CWI به طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل بود که با برخی نتایج مطالعات قبلی همخوان است [۲۲، ۲۳]. در طی CWI پاسخ‌های عصبی-عضلانی کاهش یافته، در نتیجه احساس آرامش عمومی و کاهش میزان خستگی پس از فعالیت ورزشی حاصل می‌شود [۲۴]. همچنین باید در نظر بگیریم که ترکیبی از عوامل فیزیولوژیک و روانشناختی می‌تواند نقش مهمی در ادراک و آگاهی افراد شرکت کننده در پژوهش داشته باشد که در نتیجه به طور بالقوه ریکاوری را تقویت می‌کند [۲۵]. به‌ویژه ممکن است یک مزیت روانی (کاهش احساس خستگی در هنگام CWI) برای ورزشکاران وجود داشته باشد. همچنین باید به تفاوت در ترکیب بدنی مانند چربی بدن و توده بدن، در اثرات فردی پروتکل‌های CWI توجه شود [۲۶]. در تحقیق ما نیز بین شاخص خستگی - گروه غوطه‌وری و کنترل تفاوت اندکی وجود دارد، اما با ادامه فرایند تحقیق، تفاوت بین دو گروه بیشتر شده است، به گونه‌ای که در پایان مسابقه چهارم، کاهش معنی‌دار شاخص خستگی بین دو گروه به بیشترین مقدار رسیده است. یکی دیگر از مزایای بالقوه افزایش فشار هیدرواستاتیک در طول ریکاوری، احساس شناوری گزارش شده است. هنگامی که در آب غوطه‌ور می‌شویم، بدن ما در نتیجه آب جابجا شده، متناسب با عمق غوطه‌وری، یک فشار رو به بالا را تجربه می‌کند. این نیروی خالص رو به بالا بدن را شاداب می‌کند و

ممکن است با کاهش درک خستگی به ریکاوری بعد از ورزش کمک کند [۲۰]، بنابراین به نظر می‌رسد که CWI می‌تواند با کاهش پاسخ‌های عصبی-عضلانی به کاهش احساس خستگی در تکواندوکاران پس از وهله‌های مسابقه تکراری کمک کند. نتایج تحقیق حاضر، نشان داد که در کل مراحل تحقیق، میانگین ضربان قلب گروه CWI به طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل بود. نشان داده شده است که CWI با ضربان قلب اوج کمتر پس از وهله‌های شنای سرعت همراه است [۲۷]. در هنگام فعالیت ورزشی افزایش فعالیت سمپاتیک باعث آزاد شدن آدرنالین و نورآدرنالین و در نتیجه افزایش انقباضات میوکاردیال و افزایش ضربان قلب می‌شود. هنگام CWI، با افزایش فشار متوسط شریانی، گیرنده‌های فشاری در سرخرگ‌ها با ارسال فیدبک منفی، باعث کاهش فعالیت سمپاتیک و در نتیجه افزایش قطر عروق، افزایش حجم خون در دسترس عضلات، کاهش فشار خون و کاهش ضربان قلب شده و برگشت به حالت اولیه سیستم عصبی محیطی را بهبود می‌بخشد [۲۸]. همچنین باید توجه داشت که مزایای مربوط به فشار هیدرواستاتیک ناشی از غوطه‌وری در آب بدون افزایش جبرانی ضربان قلب و مصرف انرژی، همان طور که در ریکاوری فعال با شدت پایین انتظار می‌رود، منتقل می‌شود [۲۱]. مخالف با یافته‌های مطالعه ما، میسو و همکاران اثرات ریکاوری فعال و CWI با پوشیدن لباس نئوپرن پایین تنه را بر عملکرد دوچرخه سواری سرعت تکراری بررسی کردند. آزمودنی‌ها سه تست وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای^۱ را اجرا کردند. تفاوت معنی‌داری بین ریکاوری فعال و CWI از نظر مقادیر لاکتات و میزان درک فشار وجود نداشت [۱۲]. نتایج کروگر و همکاران نیز نشان داد که میزان درک فشار در طول دوره مسابقات ۵ روزه حاکی به طور معناداری بالا رفت. تفاوت معنادار بین دو گروه در میزان درک فشار دیده نشد. غوطه‌وری روزانه آب سرد (۵ دقیقه در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد غوطه‌وری به جز سرد) روزانه بعد از

1. Wingate Anaerobic Test

تمرین میزان درک تلاش را در بازیکنان جوان هاکی بهبود نمی‌بخشد [۱۴]. احتمالاً دلایل این تفاوت‌ها را بتوان با توجه به تفاوت در نوع پروتکل تمرینی و مدت زمان CWI و دمای آب و همچنین پروتکل تحقیق و عملکرد مورد ارزیابی، توجیه نمود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در کل مراحل تحقیق، میانگین ضربات موفق تکواندوکاران گروه CWI به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود. شواهد مربوط به استفاده از CWI برای بهبود ریکاوری در همان روز محدود است، اما دو مطالعه CWI را برای بهبود ریکاوری قدرت/توان [۲۹] و عملکرد ۳۰ دقیقه دوچرخه‌سواری [۳۰] گزارش کرده‌اند. در مطالعه پورنوت و همکاران، CWI (۱۵ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) برای ریکاوری پس از ورزش در مقایسه با ریکاوری غیرفعال استفاده شد و بهبود بیشتر حداکثر قدرت اولیه عضلانی و پرش ارتفاع یک ساعت بعد از تمرین گزارش شد [۲۹]. در مطالعه ما نیز نتایج حاکی از آن است که CWI در تمام مراحل منجر به بهبود معنی‌دار ضربات موفق تکواندوکاران می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که کاهش دمای بافت‌ها ممکن است عملکرد را در فاصله یک مسابقه تا مسابقه بعدی بهبود بخشد، این یافته مربوط به ورزشکارانی است که باید در یک روز چندین بار تمرین کنند. در مقابل، برخی از تحقیقات در مورد اثربخشی CWI بر عملکرد طی یک روز هیچ اثر مفیدی نشان نداده است. برای مثال، دویدن روی تردمیل تا واماندگی [۲۱]، عملکرد تایم تریل دوچرخه‌سواری با تمام تلاش [۱۳] و قدرت ایزومتریک [۲۴]. علی‌رغم این پیشنهاد که شواهد پشتیبانی کمی از اثر مفید CWI در ریکاوری هنگامی که مبارزه بعدی در همان روز است، نشان می‌دهد، پشتیبانی زیادی از استفاده از CWI در ریکاوری از ورزش بین ۷۲-۲۴ ساعت پس از یک دوره تمرین اولیه ارائه شده است [۱۳، ۲۹، ۳۰]. برخی از مطالعات اثرات مضر CWI بعد از تمرین را بر انجام تمرینات بی‌هوازی مکرر در مدت ۱ ساعت نشان داده‌اند، از جمله حداکثر عملکرد دوچرخه‌سواری ۳۰ ثانیه‌ای [۳۱] و شنای ۱۰۰ متر [۲۷]. هر دو اثر ناچیز و مضر CWI بر عملکرد مکرر

در یک دوره ریکاوری کوتاه مدت ممکن است مربوط به کاهش سرعت هدایت عصبی ناشی از سرما و کاهش عملکرد عضلات باشد [۳۲]؛ تأثیری که ممکن است با مدت زمان غوطه‌وری طولانی‌تر تشدید شود [۳۳]. علاوه بر این، مهار ضربان قلب ناشی از سرما و افزایش فعالیت پاراسمپاتیک ممکن است پاسخ قلبی (و در نتیجه تحویل اکسیژن) را در شروع تمرین به خطر اندازد [۲۷]. پاروتی و همکاران بیان کردند که این اثرات مضر را می‌توان با زمان غوطه‌وری کوتاه‌تر و گرم کردن مناسب قبل از تلاش‌های شدید بعدی برطرف کرد، در حالی که مزایای ریکاوری پیشنهادی CWI را حفظ می‌کند [۲۷]. محدودیت‌هایی نیز در تحقیق حاضر وجود داشت که از جمله می‌توان به عدم اندازه‌گیری دیگر شاخص‌های مرتبط با خستگی اشاره کرد. همچنین یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر را می‌توان عدم اندازه‌گیری انتقال‌دهنده‌های عصبی نام برد لذا مطالعه‌ای مشابه با اندازه‌گیری پیام‌رسان‌های عصبی پیشنهاد می‌شود.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که رقابت شبیه‌سازی شده منجر به افزایش معنی‌دار میزان لاکتات خون، شاخص خستگی، ضربان قلب و کاهش ضربات موفق پا شد. CWI در کل مراحل پژوهش با کاهش لاکتات خون، شاخص خستگی، ضربان قلب و افزایش ضربات موفق نسبت به گروه کنترل همراه بود. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که CWI طی وهله‌های مسابقات تکراری می‌تواند به کاهش خستگی و بهبود عملکرد در تکواندوکاران کمک کند. بنابراین توصیه می‌شود تکواندوکاران از این نوع روش ریکاوری بهره ببرند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با تأیید کمیته اخلاق در دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج با شماره IR.IAU.K.REC.1399.037 انجام شد. بدین وسیله از کلیه افرادی که در انجام تحقیق حاضر همکاری داشتند به ویژه آزمودنی‌های تحقیق، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله هیچ گونه تعارض منافی نداشتند.

منابع مالی

این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی نداشته است.

سهام نویسندگان

در مقاله حاضر همه نویسندگان در ایده و اجرای طرح و نگارش و بازنگری سهیم بوده و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت صحت و دقت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

References

1. Rozenfeld E. Korea's "Pushing Hands": the story behind the global cultural expansion of Korean Martial Arts. *Asian studies review*. 2021;45(4):576-593. doi:10.1080/10357823.2020.1862051
2. Arazi H, Hosseinzadeh Z, Izadi M. Relationship between anthropometric, physiological and physical characteristics with success of female taekwondo athletes. *Turkish journal of sport and exercise*. 2016;18(2):69-75.
3. Kim YJ, Cha EJ, Kim SM, Kang KD, Han DH. The effects of taekwondo training on brain connectivity and body intelligence. *Psychiatry investigation*. 2015;12(3):335-340. doi:10.4306/pi.2015.12.3.335
4. Minghelli B, Machado L, Capela R. Musculoskeletal injuries in taekwondo athletes: a nationwide study in Portugal. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2020;66:124-132. doi:10.1590/1806-9282.66.2.124
5. Lystad R, Graham P, Poulos R. Epidemiology of training injuries in amateur taekwondo athletes: a retrospective cohort study. *Biology of sport*. 2015;32(3):213-218. doi:10.5604/20831862.1150303
6. San-Millán I, Brooks GA. Reexamining cancer metabolism: lactate production for carcinogenesis could be the purpose and explanation of the Warburg Effect. *Carcinogenesis*. 2017;38(2):119-133. doi:10.1093/carcin/bgw127
7. Taylor N, Caldwell JN, Van den Heuvel A, Patterson MJ. To cool, but not too cool: that is the question--immersion cooling for hyperthermia. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(11):1962-1969. doi:10.1249/mss.0b013e31817eee9d
8. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, Davison GW. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane database of systematic reviews*. 2012(2):348. doi:10.1002/14651858.CD008262.pub2
9. Malta ES, Dutra YM, Broatch JR, Bishop DJ, Zagatto AM. The effects of regular cold-water immersion use on training-induced changes in strength and endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*. 2021;51(1):161-174. doi:10.1007/s40279-020-01362-0
10. Machado AF, Ferreira PH, Micheletti JK, de Almeida AC, Lemes ÍR, Vanderlei FM, et al. Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2016;46(4):503-514. doi:10.1007/s40279-015-0431-7
11. Petersen AC, Fyfe JJ. Post-exercise cold water immersion effects on physiological adaptations to resistance training and the underlying mechanisms in skeletal muscle: a narrative review. *Frontiers in sports and active living*. 2021;3:1-26. doi:10.3389/fspor.2021.660291
12. Missau E, Teixeira AdO, Franco OS, Martins CN, Paulitsch FdS, Peres W, et al. Cold water immersion and inflammatory response after resistance exercises. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2018;24:372-376. doi:10.1590/1517-869220182405182913
13. Peiffer JJ, Abbiss CR, Watson G, Nosaka K, Laursen PB. Effect of cold water immersion on repeated 1-km cycling performance in the heat. *Journal of science and medicine in sport*. 2010;13(1):112-116. doi:10.1016/j.jsams.2008.08.003
14. Krueger M, Costello JT, Stenzel M, Mester J, Wahl P. The physiological effects of daily cold-water immersion on 5-day tournament performance in international standard youth field-hockey players. *European journal of applied physiology*. 2020;120(1):295-305. doi:10.1007/s00421-019-04274-8
15. Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. *Medicine & science in sports & exercise*. 2014;46(11):2139-2147. doi:10.1249/MSS.0000000000000348
16. 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):565-573. doi:10.1080/02640410802603855
17. Rahmani A, Validi A, Azad A. The effect of cold water immersion on exhaustion time, serum levels of lactate and electrolyte indices of untrained men following an exhaustive exercise in the heat conditions. *Journal of sport biosciences*. 2021;13(2):195-212. [Persian] doi:10.22059/JSB.2021.311971.1439

18. Kusuma MNH, Syafei M, Saryono S, Qohhar W. Pengaruh cold water immersion terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stres pasca latihan intensitas sub maksimal. *Jurnal Keolahragaan*. 2020;8(1):77-87. doi:10.21831/jk.v8i1.30573
19. Adamczyk JG, Krasowska I, Boguszewski D, Reaburn P. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. *Journal of thermal biology*. 2016;60:20-25. doi:10.1016/j.jtherbio.2016.05.006
20. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion. *Sports medicine*. 2006;36(9):747-765. doi:10.2165/00007256-200636090-00003
21. Coffey V, Leveritt M, Gill N. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *Journal of science and medicine in sport*. 2004;7(1):1-10. doi:10.1016/S1440-2440(04)80038-0
22. Abaïdia A-E, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M, et al. Recovery from exercise-induced muscle damage: cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. *International journal of sports physiology and performance*. 2017;12(3):402-409. doi:10.1123/ijsp.2016-0186
23. Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J, Calvo-Lobo C, Córdova A. Cold water immersion as a strategy for muscle recovery in professional basketball players during the competitive season. *Journal of sport rehabilitation*. 2020;29(3):301-309. doi:10.1123/jsr.2018-0301
24. Peiffer JJ, Abbiss CR, Watson G, Nosaka K, Laursen PB. Effect of cold-water immersion duration on body temperature and muscle function. *Journal of sports sciences*. 2009;27(10):987-993. doi:10.1080/02640410903207424
25. Cook CJ, Beaven CM. Individual perception of recovery is related to subsequent sprint performance. *British journal of sports medicine*. 2013;47(11):705-709. doi:10.1136/bjsports-2012-091647
26. Stephens JM, Halson SL, Miller J, Slater GJ, Chapman DW, Askew CD. Effect of body composition on physiological responses to cold water. *International journal of sports physiology and performance*. 13(3):382-389. doi:10.1123/ijsp.2017-0083
27. Parouty J, Al Haddad H, Quod M, Leprêtre PM, Ahmaidi S, Buchheit M. Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. *European journal of applied physiology*. 2010;109(3):483-490. doi:10.1007/s00421-010-1381-2
28. Morton RH. Contrast water immersion hastens plasma lactate decrease after intense anaerobic exercise. *Journal of science and medicine in sport*. 2007;10(6):467-470. doi:10.1016/j.jsams.2006.09.004
29. Pournot H, Bieuzen F, Duffield R, Lepretre P-M, Cozzolino C, Hausswirth C. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *European journal of applied physiology*. 2011;111(7):1287-1295. doi:10.1007/s00421-010-1754-6
30. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *Journal of sports sciences*. 2008;26(5):431-440. doi:10.1080/02640410701567425
31. Crowe M, O'connor D, Rudd D. Cold water recovery reduces anaerobic performance. *International journal of sports medicine*. 2007;28(12):994-998. doi:10.1055/s-2007-965118
32. Algaflly AA, George KP. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *British journal of sports medicine*. 2007;41(6):365-369. doi:10.1136/bjism.2006.031237
33. Coulange M, Hug F, Kipson N, Robinet C, Desruelle AV, Melin B, et al. Consequences of prolonged total body immersion in cold water on muscle performance and EMG activity. *Pflügers Archiv*. 2006;452(1):91-101. doi:10.1007/s00424-005-0013-x