

تاثیر غوطه وری در آب سرد و معتدل بر تغییرات قدرت و وزن عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی در موش های صحرائی

محسن محمدنیا احمدی^{۱*}، حمید رجبی^۲

۱. استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: غوطه وری در آب سرد روشی برای بازگشت به حالت اولیه از مسابقه یا تمرین می باشد. اثربخشی کوتاه مدت غوطه وری بر بازگشت به حالت اولیه در مطالعات بسیاری بررسی شده و نتایج متفاوتی گزارش شده است؛ با این حال ابعاد سازش گونه آن تا حد زیادی مورد غفلت واقع شده است. بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی اثرات غوطه وری در آب با دمای سرد و معتدل طولانی مدت پس از تمرین، بر سازگاری های تمرین مقاومتی می باشد. **روش تحقیق:** ۳۲ موش صحرائی نر نژاد اسپراگ - داوولی (۸ هفته ای) به طور تصادفی به چهار گروه مساوی شامل کنترل (۲۰۸/۵۰±۲۲/۵۰ گرم)، تمرین مقاومتی (۲۰۸/۸۷±۲۶/۷۰ گرم)، تمرین مقاومتی و غوطه وری در آب با دمای ۱۴°C (۲۱۸/۷۵±۳۳/۲۰ گرم) تقسیم شدند. تمرین به مدت ۸ هفته، ۳ روز در هفته، با ۳ نوبت ۵ تکراری بالا رفتن از نردبان اجرا شد و مقاومت از طریق اتصال کیسه محتوی وزنه به دم حیوان اعمال گردید. در انتهای هر جلسه، موش های گروه ۳ و ۴ به ترتیب درون استخر آبی با دمای ۲۷°C و ۱۴°C به مدت ۶ دقیقه قرار گرفتند. حداکثر قدرت بالا رفتن موش از نردبان در شروع و در جلسه آخر اندازه گیری شد. ۲۴ ساعت پس از جلسه تمرینی آخر و پس از بی هوشی، عضله نعلی و خم کننده دراز انگشتان (FHL) موش ها برداشته و وزن شد. بافت چربی زیر جلدی شکمی - کشاله ای نیز به سرعت جدا و بلافاصله وزن شد. داده ها با استفاده از روش تحلیل واریانس یک طرفه و در سطح معنی داری $p < 0/05$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. **یافته ها:** نتایج نشان داد که میزان وزن چربی زیر جلدی - شکمی ($p = 0/01$)، وزن نسبی عضلات نعلی و FHL ($p = 0/01$) و حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان ($p = 0/001$) در گروه ها به طور معنی داری از نظر آماری با یکدیگر متفاوت هستند؛ به گونه ای که در تمامی موارد، این شاخص ها در گروه تمرین مقاومتی و غوطه وری در آب معتدل، بهبودی بیشتری دارد. **نتیجه گیری:** غوطه وری در آب معتدل (با دمای ۲۷°C) می تواند بر سازگاری های طولانی مدت تمرین مقاومتی در موش ها اثرگذار باشد؛ استفاده از این دما برای مداخلات غوطه وری ورزشکاران پیشنهاد می گردد.

واژه های کلیدی: غوطه وری در آب، تمرین مقاومتی، هایپرتروفی عضلانی.

*نویسنده مسئول، آدرس: بیرجند، بلوار شهید آوینی، انتهای بلوار دانشگاه، پردیس دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم ورزشی؛

مقدمه

بازگشت به حالت اولیه از فعالیت ورزشی، یکی از اجزای مهم برنامه‌های تمرینی و رقابتی ورزشکاران محسوب می‌گردد. در واقع، استراتژی‌های بازگشت به حالت اولیه متعددی همچون آب درمانی (سرما یا گرما درمانی)، لباس‌های چسبان، ماساژ و بازگشت به حالت اولیه فعال که اصولاً توسط ورزشکاران در هر سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ اثرات خستگی فعالیت شدید را به حداقل می‌رساند. تسریع فرآیند بازگشت به حالت اولیه ممکن است عملکرد جلسات بعدی را بهبود بخشیده، کمیت و کیفیت تمرین را افزایش داده و از آسیب دیدگی یا بیماری پیشگیری می‌نماید (والی^۱، ۲۰۱۱؛ نورثی^۲ و دیگران، ۲۰۱۶). در سال‌های اخیر، غوطه‌وری در آب سرد^۳ (CWI) به عنوان روشی مناسب برای بازگشت به حالت اولیه از مسابقه یا نوبت‌های تمرینی شدید در ورزش‌های حرفه‌ای مورد توجه قرار گرفته است (هایگینز^۴ و دیگران، ۲۰۱۱؛ لیدر^۵ و دیگران، ۲۰۱۱). مطالعات متعددی اثرات بازگشت به حالت اولیه CWI را بررسی کرده‌اند، اما در کل نتایج همسویی گزارش نشده است (پاپندیک^۶ و دیگران، ۲۰۱۳). برخی مطالعات تأثیر مفید CWI را بر عملکرد و تکامل قدرت تایید کرده‌اند (بروفی - ویلیامز^۷ و دیگران، ۲۰۱۱؛ ورسای^۸ و دیگران، ۲۰۱۲)، در حالی که سایر مطالعات یا تأثیر مثبت خیلی کم و یا بی تأثیری این روش را گزارش نموده‌اند (هوواتسون^۹ و دیگران، ۲۰۰۹؛ کوربت^{۱۰} و دیگران، ۲۰۱۲). طبق مطالعه فراتحلیلی که اخیراً انجام شده است، CWI طی بازگشت به حالت اولیه، توانایی بالقوه‌ای در تقویت عملکرد قدرتی و توانی داشته و در مقایسه با شرایط کنترل، کوفتگی و آسیب عضلانی را کاهش می‌دهد. لیدر و دیگران (۲۰۱۲) نشان داده‌اند که CWI استراتژی اثربخشی برای کاهش علائم کوفتگی عضلانی تأخیری طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از فعالیت ورزشی (به ویژه فعالیت برون‌گرا یا پر شدت) محسوب می‌شود. با این وجود، مکانیسم‌های فیزیولوژیکی این رخداد، کمتر شناخته شده است (ویلکاک^{۱۱} و دیگران، ۲۰۰۶). به علاوه، اعتقاد بر آن است که

CWI تأثیر مستقیمی بر بازگشت به حالت اولیه قدرت عضلانی ندارد، اما در بهبود بازگشت به حالت اولیه توان عضلانی مؤثر است. در این رابطه، لیدر و دیگران (۲۰۱۲) اشاره کرده‌اند که CWI تأثیر منفی اساسی بر بازگشت به حالت اولیه از فعالیت ورزشی شدید ندارد، اما دانش ما درباره اثرات کاربرد طولانی‌مدت آب سرد بر سازگاری به تمرین، خیلی محدود است.

مطالعات بسیاری که از CWI برای بازگشت به حالت اولیه استفاده کرده‌اند، دوره‌های کوتاه حداکثر یک هفته‌ای را تجزیه و تحلیل نموده‌اند. در حالی که دوره‌ها یا کمپ‌های تمرینی شدید، معمولاً در زمان بیش از ۲ یا چندین هفته‌ای برگزار می‌شوند. مطالعات بسیاری بر بازگشت به حالت اولیه متمرکز شده‌اند و توجه به ابعاد سازگاری CWI تا حد زیادی مورد غفلت واقع شده است (هوواتسون و دیگران، ۲۰۰۹). جالب توجه است که یامانه^{۱۲} و دیگران (۲۰۰۶)، سازگاری به تمرین مقاومتی (فعالیت ورزشی ساعد) و استقامتی (دوچرخه‌سواری) را در افراد بدون تمرین در ۴ حالت آزمایشگاهی و به مدت حداقل ۴ تا ۶ هفته بررسی نموده‌اند. بعد از هر جلسه تمرین مقاومتی یا استقامتی، یکی از اندام‌های تمرین کرده به ترتیب در دمای ۵°C یا ۱۰°C و آب سرد قرار گرفت، در صورتی که اندام دیگر چنین شرایطی را نداشت. سازگاری‌های قدرت و استقامت در محیط سرد در مقایسه با محیط کنترل، در معرض خطر قرار گرفت؛ در حالی که قدرت بیشینه تحت تأثیر هیچ‌یک از آزمایش‌ها قرار نگرفت.

تغییرات ناشی از تمرین در سطوح هورمونی و سلولی و آسیب تارچه‌ای عضلانی، محرک‌های اساسی سازگاری‌های تمرین می‌باشند. یامانه و دیگران (۲۰۰۶) بر این باورند که CWI ممکن است این فرآیندها را سرکوب نماید و بنابراین، سازگاری‌های تمرینی مورد نظر هنگام استفاده منظم از CWI پس از تمرین، ممکن است به خطر بیافتد (هوواتسون و دیگران، ۲۰۰۹). در مطالعه‌ای دیگر، فروهلیچ^{۱۳} و دیگران (۲۰۱۴)، تأثیر سرد کردن تکراری پس از جلسات تمرینی (CWI) را بر سازگاری به تمرین مقاومتی بررسی کردند. در این مطالعه یکی از اندام‌های تحتانی

- | | | |
|-------------------------|--------------------|--------------|
| 1. Vaile | 6. Poppendieck | 10. Corbett |
| 2. Northey | 7. Brophy-Williams | 11. Wilcock |
| 3. Cold Water Immersion | 8. Versey | 12. Yamaneh |
| 4. Higgins | 9. Howatson | 13. Frohlich |
| 5. Leeder | | |

تمرین مقاومتی با غوطه‌وری در آب با دمای سرد (وزن $20/33 \pm 218/75$ گرم)؛ تقسیم شدند. دما ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) و چرخه روشنایی/ تاریکی (۱۲:۱۲) برای همه گروه‌ها ثابت نگهداشته شد و همه حیوانات دسترسی آزاد به آب و غذا داشتند. پس از یک هفته آشناسازی با محیط آزمایشگاه (دما، رطوبت، نور و قفس آزمایشگاه)، برنامه مورد نظر اجرا شد.

برنامه تمرین مقاومتی: تمرین مقاومتی بر روی یک نردبان به طول ۱۲۰ سانتی‌متر بدین صورت انجام شد که طی یک هفته آشناسازی ابتدا موش‌ها با نحوه بالا رفتن از نردبان (بدون بالا بردن وزنه) آشنا شدند. پس از آشناسازی، گروه‌های تجربی در ۳ نوبت ۵ تکراری، وزنه‌ای معادل ۵۰ درصد وزن بدن خود را از نردبان بالا بردند. اجرای منظم این نوع فعالیت به عنوان مدلی برای بررسی هایپرتروفی در پاسخ به تمرین مقاومتی پیشنهاد شده است (لی و فارار^۲، ۲۰۰۳). وزنه درون کیسه پارچه‌ای قرار می‌گرفت و بوسیله چسب لوکوپلاست به دم موش متصل می‌شد. فاصله استراحتی بین تکرارها و نوبت‌ها براساس فعالیت مقاومتی مرسوم، به ترتیب ۳۰ ثانیه و ۴ دقیقه در نظر گرفته شد. این برنامه توسط گروه‌های تجربی به مدت ۸ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه بین ساعت ۱۲-۸ صبح انجام شد. در هفته اول، وزنه بسته شده به دم موش، ۵۰ درصد وزن حیوان بدن بود و با یک افزایش تدریجی، به حدود ۲۰۰ درصد وزن بدن در هفته پایانی رسید (جدول ۱). این شیوه تمرینی با اندکی تغییرات از منابع معتبر خارجی اخذ شده است و اثربخشی این نوع تمرین مقاومتی در آمادگی عضلانی نیز در پژوهش‌های قبلی به تأیید رسیده است (لی و فارار، ۲۰۰۳؛ بنائی‌فر و دیگران، ۲۰۱۱). در این مدت، موش‌های گروه کنترل هیچ فعالیتی نکردند و فقط در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند.

در فواصل ۳ تا ۴ دقیقه‌ای پس از تمرین مقاومتی (۵ هفته‌ای) در آب با دمای 12°C قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که CWI می‌تواند تأثیر منفی بر سازگاری‌های تمرین مقاومتی طولانی‌مدت (1RM) در افراد تمرین‌کرده داشته باشد. هرچند میزان تأثیر اندک بود و ارتباط عملی نسبت به اثرات احتمالی بازگشت به حالت اولیه و دمای مورد استفاده جهت غوطه‌وری، به بررسی بیشتری نیازمند است.

از سوی دیگر، تمرین مقاومتی علاوه بر قدرت عضلانی، سازگاری‌های دیگری همچون بهبود توده عضله (نشان‌گر کمی هایپرتروفی) و ترکیب بدنی (از طریق افزایش توده بدون چربی و کاهش توده چربی) را به دنبال دارد (کلی و کلی^۱، ۲۰۰۹). با توجه به نتایج محدود و البته ناهمسو در رابطه با سازگاری‌های تمرین مقاومتی (همچون قدرت بیشینه) همراه با استفاده طولانی مدت از CWI، و از آنجا که قدرت بیشینه عضله ارتباط مستقیمی با توده عضلانی درگیر و ترکیب بدنی دارد، بررسی سازگاری طولانی مدت CWI بر عملکرد قدرتی، توده عضلانی و ترکیب بدنی ضروری به نظر می‌رسد. لذا مطالعه حاضر تأثیر غوطه‌وری در آب پس از فعالیت مقاومتی (در یک دوره ۸ هفته‌ای) را بر قدرت حداکثر، توده عضلانی و ترکیب بدنی موش‌های نر سالم بررسی نمود.

روش تحقیق

روش پژوهش حاضر از نوع تحقیقات تجربی است که با سه گروه تجربی و یک گروه کنترل در آزمایشگاه حیوانات دانشکده علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی تهران انجام شد. ۳۲ موش صحرایی نر ۸ هفته‌ای نژاد اسپراگ-داولی^۲ به طور تصادفی به ۴ گروه ۸ تایی شامل ۱. گروه کنترل (وزن $22/5 \pm 208/5$ گرم)، ۲. گروه تمرین مقاومتی (وزن $26/7 \pm 208/87$ گرم)، ۳. گروه تمرین مقاومتی با غوطه‌وری در آب معتدل (وزن $16/3 \pm 208/37$ گرم) و ۴. گروه

1. Kelley & Kelley
2. Sprag-Dawley
3. Lee & Farrar

جدول ۱. تمرینات مقاومتی در ۳ دوره ۵ تکراری روی نردبان

هفته ها	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
بار (درصد وزن)	۵۰	۸۰-۷۰	۱۰۰	۱۳۰-۱۲۰	۱۵۰-۱۴۰	۱۷۵-۱۷۰	۱۹۰-۱۸۰	۲۰۰
مقدار وزنه (گرم)	۱۰۰	۱۵۰	۲۳۰	۲۹۰	۳۵۰	۴۵۰	۴۸۰	۵۵۰

انگشتان^۴ (FHL)، بیشترین میزان درگیری را دارند (لی و فارار، ۲۰۰۳). به منظور اندازه‌گیری وزن این عضلات، ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، ابتدا حیوانات در فضای ویژه نمونه برداری (محیط استریل) با ترکیبی از کتامین (۵۰-۳۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) و زایلازین (۵-۳ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن)، بی‌هوش شدند. پس از تأیید بی‌هوشی، از طریق عدم عقب کشیدن پا توسط لمس، برشی به طول پنج تا شش سانتی‌متر در ناحیه شکمی بدن موش ایجاد گشت و بافت چربی زیر جلدی اینگوینال^۵ (شکمی-کشاله‌ای) به سرعت جدا گردید و بلافاصله وزن شد. عضله نعلی و FHL موش‌ها نیز از طریق شکاف قسمت پشتی و جانبی ساق پا، چسبیده به استخوان نازک نی برداشته شده و وزن گردید (بنائی فر و دیگران، ۲۰۱۱). جهت وزن‌کشی از ترازوی دیجیتالی (شرکت Want، کشور کانادا) با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. وزن نسبی عضلات نیز از تقسیم وزن عضله بر وزن هفته آخر موش حاصل گردید و جهت مقایسه مورد استفاده قرار گرفت.

روش های آماری: ابتدا از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۶ به منظور بررسی توزیع طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. سپس آزمون لون^۷ برای بررسی تجانس واریانس‌ها اجرا گردید و پس از مشخص شدن نتایج این آزمون‌ها، از روش‌های آمار پارامتریک شامل آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. محاسبات آماری با نرم افزار SPSS ویرایش ۱۶ به اجرا درآمدند و سطح معنی‌داری $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

مداخله دمایی: در مرحله آشناسازی، موش‌ها با غوطه وری در استخر آب نیز آشنا شدند. در انتهای هر جلسه تمرین مقاومتی، موش‌های گروه‌های تمرین مقاومتی و غوطه وری (گروه‌های ۳ و ۴) به مدت ۶ دقیقه درون استخر آب قرار می‌گرفتند و بلافاصله با دستمال پارچه‌ای خشک می‌شدند. زمان کلی قرارگیری در استخر آب معادل زمان مورد استفاده در مطالعات قبلی بود (گائینی و دیگران، ۲۰۱۳). دمای آبی که موش‌ها در آن قرار گرفتند، برای این دو گروه به ترتیب 14°C (در دامنه 15°C - 13°C که در مداخلات عملکردی مورد استفاده قرار گرفته است؛ بوچهایت^۱ و دیگران، ۲۰۰۹) و 27°C (در دامنه 28°C - 26°C و نزدیک به دمای داخلی بدن؛ موروت^۲ و دیگران، ۲۰۰۸) در نظر گرفته شد. گروه تجربی تمرین مقاومتی در این مدت استراحت می‌کرد. گروه کنترل در کل دوره ۸ هفته‌ای هیچ فعالیتی نداشت.

آزمون حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان: حداکثر قدرت بالا رفتن موش از نردبان (نشان‌گر قدرت بیشینه) در شروع کار (۵ روز قبل از جلسه اول) و در جلسه آخر اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ابتدا وزنه‌ای معادل ۵۰ درصد وزن بدن به دم موش متصل شد و پس از صعود موفق و استراحت ۱ دقیقه‌ای، هر بار ۳۰ گرم به وزنه افزوده شد تا وقتی که موش قادر به صعود از نردبان نباشد. آخرین وزنه حمل شده به عنوان حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان آزمودنی منظور گردید (گائینی و دیگران، ۲۰۱۳).

اندازه‌گیری وزن بافت چربی و عضلات درگیر در فعالیت: در بالا رفتن موش از نردبان، عضلات نعلی^۳ و خم‌کننده دراز

1. Buchheit
2. Mourot
3. Soleus

4. Flexor Hallucis Longus (FHL)
5. Inguinal
6. Kolmogorov-Smirnov

7. Levene

یافته‌ها

در ارتباط با تغییرات مربوط به ترکیب بدنی، وزن موش‌ها در پیش‌آزمون ($p=0/81$) و پس‌آزمون ($p=0/21$) تفاوت معنی‌داری در آغاز و پایان دوره مداخله نداشت؛ هر چند میانگین افزایش وزن در سه گروه مورد مداخله نسبت به گروه کنترل کمتر بود. به علاوه، میانگین کمترین وزن پس‌آزمون، به ترتیب متعلق به گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل و گروه تمرین مقاومتی بود. از طرف دیگر، نتایج آزمون LSD نشان داد که گروه‌های مورد مطالعه از نظر میزان وزن چربی زیرجلدی - شکمی، با یکدیگر متفاوت هستند ($p=0/01$).

همان‌طور که در جدول ۲ آورده شده است، میزان چربی زیرجلدی - شکمی گروه‌های تمرین مقاومتی ($p=0/002$)، تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل ($p=0/01$) کمتر از گروه کنترل است. علیرغم این که میزان چربی زیرجلدی - شکمی در گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد بیشتر از دو گروه تجربی دیگر است؛ با این حال گروه‌های مداخله تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

در ارتباط با نشانگرهای هایپرتروفی، در مورد وزن نسبی عضله FHL، تفاوت معنی‌داری در گروه‌های مورد مطالعه مشاهده شد ($p=0/01$). نتایج آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد که این شاخص در گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد ($p=0/04$) و گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل ($p=0/009$) به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل می‌باشد؛ حال آن که تفاوت معنی‌داری بین گروه کنترل و گروه تمرین مقاومتی وجود ندارد ($p=0/80$). میانگین وزن عضله FHL در گروه تمرین مقاومتی نیز تفاوتی با گروه‌های تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد ($p=0/20$) و آب معتدل ($p=0/30$) نداشت.

در رابطه با وزن نسبی عضله نعلی نیز موش‌های گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل در مقایسه با موش‌های گروه کنترل ($p=0/01$) و گروه تمرین مقاومتی ($p=0/03$)، افزایش معنی‌داری را تجربه کردند؛ حال آن که تفاوتی بین سایر گروه‌ها مشاهده نشد (جدول ۲).

علاوه بر این‌ها، در مورد متغیر حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان، تفاوت معنی‌داری در گروه‌های مورد مطالعه مشاهده شد ($p=0/001$). نتایج آزمون تعقیبی LSD نیز حاکی از بهبود معنی‌دار این شاخص در گروه تمرین مقاومتی ($p=0/001$)، گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد ($p=0/001$) و گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل ($p=0/001$) بود (جدول ۲). از طرف دیگر، علیرغم افزایش حداکثر قدرت در گروه‌های مداخله آب سرد ($p=0/90$) و معتدل ($p=0/80$) نسبت به گروه تمرین مقاومتی، این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. دو گروه مداخله غوطه‌وری در آب نیز تفاوت معنی‌داری ($p=0/90$) را در رابطه با قدرت حداکثر نشان ندادند.

بحث

نتایج نشان داد که در اثر مداخله ۸ هفته‌ای تحقیق حاضر، بافت چربی سفید زیرجلدی در دو گروه تمرین مقاومتی و گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل، به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. علاوه بر این، در مقایسه با گروه کنترل، میانگین افزایش وزن گروه‌های تمرینی پس از ۸ هفته کمتر بود. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد تمرینات هوازی و مقاومتی می‌توانند ترکیب بدن را از طریق افزایش توده بدون چربی و یا کاهش چربی بدن، بهبود بخشند (اورمسبی^۱ و دیگران، ۲۰۰۷؛ کلی و کلی، ۲۰۰۹).

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس و آزمون توکی در مورد مقایسه گروه های شرکت کننده در تحقیق

آزمون LSD		آزمون واریانس		نتایج توصیفی		گروه ها	اطلاعات آزمون متغیرها
p	محل دقیق تفاوت	p	F	پس آزمون	پیش آزمون		
۰/۱۴	کنترل - تمرین مقاومتی	۰/۲۱	۱/۲۳	۳۰۶±۳۰/۹۱	۲۰۸/۵±۲۲/۵۰	کنترل	وزن (گرم)
۰/۱۳	کنترل - تمرین+آب معتدل			۲۷۷/۵۰±۲۵/۰۴	۲۰۸/۸۷±۲۶/۷۰	تمرین مقاومتی	
۰/۱۹	کنترل - تمرین+آب سرد			۲۷۷±۱۷/۹۶	۲۰۸/۳۷ ±۱۶/۳۰	تمرین+آب معتدل	
۰/۷۰	تمرین مقاومتی - تمرین+آب سرد			۲۸۶/۵۰±۴۱/۹۵	۲۱۸/۷۵±۳۳/۲۰	تمرین+آب سرد	
۰/۰۰۲	کنترل - تمرین مقاومتی	۰/۰۱	۳/۳۷	۱/۷۷±۰/۱۸	-----	کنترل	چربی زیر جلدی - شکمی (گرم)
۰/۰۱	کنترل - تمرین+آب معتدل			۱/۴۰±۰/۲۵	-----	تمرین مقاومتی	
۰/۱۴	کنترل - تمرین+آب سرد			۱/۴۹۱۷±۰/۱۸	-----	تمرین+آب معتدل	
۰/۲۵	تمرین مقاومتی - تمرین+آب سرد			۱/۶۱۴۲±۰/۲۲	-----	تمرین+آب سرد	
۰/۰۱	تمرین+آب معتدل - کنترل	۰/۰۲	۵/۲۴	۰/۰۳±۰/۰۰۴	-----	کنترل	وزن نسبی عضله نعلی (میلی گرم)
۰/۰۳	تمرین+آب معتدل - تمرین مقاومتی			۰/۰۳±۰/۰۰۳	-----	تمرین مقاومتی	
۰/۱۵	کنترل - تمرین مقاومتی			۰/۰۴±۰/۰۰۵	-----	تمرین+آب معتدل	
۰/۱۲	کنترل - تمرین+آب سرد			۰/۰۳±۰/۰۰۲	-----	تمرین+آب سرد	
۰/۰۰۹	کنترل - تمرین+آب معتدل	۰/۰۱	۴/۲۹	۱/۳۱±۰/۱۰	-----	کنترل	وزن نسبی عضله FHL (میلی گرم)
۰/۰۴	کنترل - تمرین+آب سرد			۱/۵۲±۰/۳۳	-----	تمرین مقاومتی	
۰/۸۰	کنترل - تمرین مقاومتی			۱/۶۶±۰/۱۲	-----	تمرین+آب معتدل	
۰/۳۰	تمرین مقاومتی - تمرین+آب معتدل			۱/۵۹±۰/۰۹	-----	تمرین+آب سرد	
۰/۰۰۱	کنترل - تمرین+آب معتدل	۰/۰۰۱	۱۲۳/۶۹	۲۲۲/۵۹±۳۵/۸۰	-----	کنترل	حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان (گرم)
۰/۰۱	کنترل - تمرین+آب سرد			۶۸۱/۶۶±۷۱/۳۴	-----	تمرین مقاومتی	
۰/۰۰۱	کنترل - تمرین مقاومتی			۷۰۴/۵۵±۶۲/۶۴	-----	تمرین+آب معتدل	
۰/۸۰	تمرین مقاومتی - تمرین+آب معتدل			۶۹۹/۶۵±۶۵/۹۲	-----	تمرین+آب سرد	

است. در پژوهشی که توسط اورمسبی و دیگران (۲۰۰۷) انجام شد، اکسیداسیون چربی بلافاصله قبل و پس از تمرین مقاومتی از طریق کالری متر غیر مستقیم برای ۴۵ دقیقه اندازه گیری شد. در این مطالعه، غلظت گلیسرول در طول فعالیت (۲۰۰ در مقابل ۱۱۲ میلی مول / لیتر) و بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی (۱۸۴ در مقابل ۱۰۵ میلی مول / لیتر)، در مقایسه با دوره زمانی مشابه در روز کنترل، بالاتر بود. هزینه انرژی نیز در ۴۵ دقیقه پس از

برخی از مطالعات نشان داده اند که به دنبال تمرینات مقاومتی، ذخایر تری گلیسرید درون عضلانی کاهش می یابد و چنین فرض شده است که تری گلیسرید به عنوان سوخت در طول دوره فعالیت استفاده می شود (اورمسبی و دیگران، ۲۰۰۷). به دنبال این تمرینات، نسبت تبادل تنفسی استراحتی^۱ (RER) نیز بلافاصله و در ۱۵ ساعت پس از فعالیت در مقایسه با گروه کنترل، کاهش می یابد که نشان دهنده افزایش اکسیداسیون چربی پس از فعالیت

1. Respiratory exchange ratio

اجزای هزینه انرژی را هم افزایش می‌دهد. نشان داده شده است که فعالیت بدنی افراد چاق نیز در نتیجه افزایش قدرت ناشی از تمرین مقاومتی (به عبارتی افزایش توده عضله)، بالا می‌رود (دانلی و دیگران، ۲۰۰۴)؛ و این امر به نوبه خود در افزایش هزینه انرژی روزانه کلی و کنترل و کاهش وزن سهیم است. هیل^۷ و دیگران (۲۰۰۳) برآورد کرده‌اند که تقریباً معادل ۱۰۰ کیلو کالری انرژی در روز می‌تواند باعث افزایش وزن بیش از ۹۰ درصد مردم آمریکا گردد. کاهش یا حذف این میزان انرژی، ممکن است افزایش وزن را کاهش داده و یا از آن جلوگیری کند. از طرفی، به طور معمول افزایش در توده عضلانی به میزان تقریباً یک تا دو کیلوگرم به دنبال برنامه‌های تمرینی مقاومتی، گزارش شده است (هیل و دیگران، ۲۰۰۳)؛ بنابراین، افزایش دو کیلو گرمی در توده عضله، هزینه انرژی روزانه را تقریباً ۵۰ کیلو کالری بالا می‌برد؛ وضعیتی که می‌تواند نیمی از انرژی مورد نیاز برای افزایش وزن را کم کند. تمرین مقاومتی علاوه بر افزایش هزینه انرژی روزانه، موجب افزایش مصرف چربی از ذخایر چربی نیز می‌شود؛ در همین راستا، تریو^۸ و دیگران (۱۹۹۵) گزارش کرده‌اند که به دنبال ۱۶ هفته تمرین مقاومتی در زنان مسن، RER در طول ۲۴ ساعت به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. این کاهش در RER، منجر به اکسایش ذخایر چربی تقریباً از ۴۲ تا ۸۱ گرم در روز، برآورد شده است. از این رو، به نظر می‌رسد تمرین مقاومتی سهم مهمی در کنترل وزن داشته باشد (لی و فارار، ۲۰۰۳)، هر چند توجه به وزن چربی زیرجلدی - شکمی نشان می‌دهد که استفاده از غوطه‌وری در آب سرد پس از تمرین مقاومتی در طولانی مدت، مانع از کاهش معنی‌دار چربی زیرجلدی - شکمی در مقایسه با گروه کنترل می‌گردد. البته گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل نیز شرایط محیطی را تجربه کرده بودند، اما با توجه به کاهش معنی‌دار چربی زیرجلدی - شکمی در این گروه به مثابه گروه تمرین مقاومتی، دمای مورد استفاده در غوطه‌وری احتمالاً می‌تواند به عنوان عامل تعیین‌کننده تفاوت وزن چربی زیرجلدی - شکمی در گروه‌های غوطه‌وری در نظر گرفته شود. در مجموع، نتایج مطالعه حاضر یافته‌های مطالعات گذشته را تأیید

فعالیت مقاومتی در مقایسه با روز کنترل (۱۰۴ در مقابل ۹۴ کیلو کالری) افزایش یافته بود. همچنین، اکسیداسیون چربی نیز به دنبال تمرین مقاومتی در مقایسه با روز کنترل بیشتر بود (اورمسی و دیگران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین ۴۵ دقیقه تمرین مقاومتی در مردان جوان سالم و فعال باعث افزایش رهاشدن اسیدهای چرب از شکم در طول فعالیت و حداقل ۴۰ دقیقه پس از فعالیت می‌شود. به هر حال، در مطالعه مذکور بخشی از سازوکار بهبود ترکیب بدن به دنبال تمرینات مقاومتی، به افزایش لیپولیز بافت چربی زیر جلدی - شکمی، بهبود اکسیداسیون چربی کل بدن و هزینه انرژی در پاسخ به فعالیت نسبت داده شده است (اورمسی و دیگران، ۲۰۰۷). شایان ذکر است که ارتباط معنی‌داری بین ترکیب بدنی و سطوح چربی خون، خصوصاً لیپوپروتئین پرچگال^۱ (HDL-C) وجود دارد (لکلرک و دیگران، ۱۹۸۳)؛ شاخصی که تأثیر تمرین مقاومتی بر روی آن بررسی شده است. به عنوان نمونه در یک مطالعه فراتحلیلی در این زمینه، ۲۹ مقاله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمرینات مقاومتی باعث کاهش کلسترول تام^۲ (TC)، نسبت TC/HDL، nonHDL^۳، لیپوپروتئین کم‌چگال^۴ (LDL) و تری‌گلیسرید^۵ (TG) در افراد بالغ (۱۸ تا ۷۵ سال) می‌شود. علاوه بر این، یافته‌های این فراتحلیل نشان داد که درصد چربی بدن کاهش معنی‌داری پیدا کرده است؛ اما در مقابل توده بدون چربی، افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد؛ در حالی که وزن بدن و BMI تغییری نداشته است (کلی و کلی، ۲۰۰۹). بر مبنای این نتایج، می‌توان گفت که تمرین مقاومتی موجب بهبود ترکیب بدنی و کنترل وزن می‌گردد.

به نظر می‌رسد تمرین مقاومتی با افزایش در توده عضله، هزینه انرژی را نیز افزایش می‌دهد. توده عضلانی روزانه نیاز به هزینه انرژی استراحتی تقریباً معادل ۱۵ تا ۲۵ کیلو کالری به ازای هر کیلوگرم وزن بدن دارد (دانلی^۶ و دیگران، ۲۰۰۴). این انرژی مربوط به متابولیسم پایه است؛ بنابراین، اگرچه هزینه انرژی تمرین مقاومتی نسبتاً پایین است؛ اما انباشت این هزینه در طول ۲۴ ساعت ممکن است به اندازه کافی برای حفظ وزن مهم باشد. علاوه بر این، تمرین مقاومتی، فعالیت بدنی روزانه (یکی دیگر از

1. High-density lipoprotein cholesterol
2. Total cholesterol
3. (Total cholesterol) - (HDL)=non- HDL
4. Low-density lipoprotein

5. Triglyceride
6. Donnelly
7. Hill
8. Treuth

کنترل، افزایش یافت (گروه تمرین مقاومتی ۳/۰۶ برابر؛ گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد ۳/۱۴ برابر؛ گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب معتدل ۳/۱۶ برابر). افزایش قدرت ایجاد شده در نتیجه ۸ هفته تمرین مقاومتی در مطالعه یاد شده، به حرکات انتخابی، ترتیب تمرین، مقدار استراحت بین نوبت‌ها، تعداد تکرار و شدت هر حرکت بستگی دارد (هایگنز^۱ و دیگران، ۲۰۰۴). از طرف دیگر، کسب قدرت در نتیجه تمرین مقاومتی معمولاً به دو عامل سازگاری‌های عصبی و هایپرتروفی عضلانی نسبت داده می‌شود. تا چندی پیش عقیده بر این بود که نقش سازگاری‌های عصبی در هفته‌های آغازین تمرین (۶ تا ۷ هفته) غالب است و در این مدت نقش هایپرتروفی عضلانی ناچیز محسوب می‌شد. اما شواهد اخیر نشان می‌دهند هایپرتروفی خیلی سریع‌تر از این اتفاق می‌افتد، به طوری که تارهای عضلانی حتی پس از ۲ هفته تمرین، دچار هایپرتروفی می‌شوند (سالی^۲ و دیگران، ۲۰۰۳)، یا این که مقدار کل عضله بین ۳ تا ۵ هفته تمرین مقاومتی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (تسج^۳ و دیگران، ۲۰۰۴). مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند فرآیند هایپرتروفی خیلی سریع و در ۶ هفته ابتدایی تمرین، شروع شده و پس از آن با سرعت کمتری ادامه می‌یابد (ورنبوم^۴ و دیگران، ۲۰۰۷).

غوطه‌وری در آب سرد غالباً در تمرینات ورزشی برای حمایت از بازگشت به حالت اولیه استفاده می‌شود. پاپندیک و دیگران (۲۰۱۳) در این باره دریافته‌اند که میانگین تأثیر سرد کردن بر بازگشت به حالت اولیه قدرت در ورزشکاران تمرین کرده، ۲/۴ درصد است. این میزان، مشابهت زیادی با تفاوت‌های مشاهده شده در سازگاری‌های مطالعه حاضر دارد. هر چند در شرایط مناسب (سرد کردن کل بدن، بازگشت به حال اولیه از فعالیت ورزشی سرعتی)، به نظر می‌رسد سرد کردن پس از فعالیت ورزشی، آن قدر تأثیر مثبت داشته باشد که برای ورزشکاران رقابتی هم مناسب باشد (پاپندیک و دیگران، ۲۰۱۳). از سوی دیگر، نتیجه مطالعه حاضر با نتایج فروهلیچ و دیگران (۲۰۱۴) همسو نیست. در تحقیق مورد اشاره، سازگاری‌های تمرینی در دانشجویان ورزشکار حرفه‌ای پس از ۵ هفته تمرین مقاومتی (که در آن پای تمرین کرده به طور منظم و مستقیماً پس از تمرین،

می‌کند. براساس یکی دیگر از نتایج پژوهش حاضر، تفاوت معنی‌داری بین وزن نسبی عضله FHL در گروه کنترل با گروه‌های تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد و معتدل وجود داشت، حال آن که تفاوتی بین گروه کنترل و گروه تمرین مقاومتی مشاهده نشد. این در حالی بود که میانگین وزن نسبی عضله FHL در گروه تمرین مقاومتی، بسیار بالاتر از گروه کنترل بود. به علاوه، عضله نعلی به جز گروه تمرین مقاومتی، در سایر گروه‌های مداخله به طور معنی‌داری افزایش یافت. برنامه تمرینی مورد استفاده در این مطالعه بر اساس اصل اضافه بار تدریجی فعالیت مقاومتی اجرا شد. تعداد نوبت‌ها، دوره‌های استراحتی و توالی تمرینی مورد استفاده در این مطالعه، مشابه با برنامه‌های تمرینی انسانی بود. در این مدل، عضله FHL به محرک تمرینی به ترتیب با افزایش ۱۶٪، ۲۲٪ و ۲۷٪ در گروه تمرین مقاومتی و گروه‌های تمرین مقاومتی و غوطه‌وری آب سرد و معتدل نسبت به سطح کنترل، پاسخ داد. حال آن که افزایش وزن عضله نعلی در پاسخ به محرک تمرینی در گروه تمرین مقاومتی و غوطه‌وری در آب سرد و معتدل به ترتیب ۲/۵ و ۷/۵ درصد بود؛ گرچه این پاسخ در گروه تمرین مقاومتی با کاهش ۴ درصدی مواجه شد. در مجموع، نتایج تأثیر ناچیز غوطه‌وری در آب بر هایپرتروفی عضلانی نشان می‌دهد. نتیجه تحقیق حاضر نتایج مطالعه لی و فارار (۲۰۰۳) را مورد تأیید قرار می‌دهد. به عقیده این محققین، هایپرتروفی انتخابی عضله FHL، به واسطه بکارگیری الگوهای فعالیت بالا رفتن از نردبان می‌باشد. طی مرحله بالا رفتن از نردبان، عضله FHL از طریق یک مرحله برون‌گرا و سپس یک مرحله درون‌گرا عمل می‌نماید؛ و از آنجا که مشخص گردیده فعالیت برون‌گرا در بهبود توده و قدرت عضله، مؤثرتر از فعالیت درون‌گرا می‌باشد، احتمالاً مرحله برون‌گرا مهم‌تر است (هیگبی^۱ و دیگران، ۱۹۹۶). در مدل تمرینی مطالعه لی و فارار (۲۰۰۳) مسأله شگفت‌انگیز این بود که عضلات خم‌کننده مثل نعلی، خم‌کننده مچ پا و دو قلو از تمرین متأثر نگردید؛ وضعیتی که با نتیجه مطالعه حاضر در رابطه با عضله نعلی، ناهمسو است. همچنین، حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان موش در هر سه گروه تجربی به طور معنی‌داری پس از دوره ۸ هفته‌ای نسبت به گروه

1. Higbie
2. Huygens
3. Sale

4. Tesch
5. Wernbom

باشد که CWI می‌تواند به طور منفی بر نفوذپذیری مویزگی، رهایش هورمون‌های گردش خون (همچون فاکتور رشد شبه انسولین شماره-۱^۵، تستوسترون و هورمون رشد) و جریان خون اثرگذار باشد (هوواتسون و دیگران، ۲۰۰۹). مکانیسم بالقوه دیگر برای هایپرتروفی عضلانی ممکن است افزایش محتوای آب درون عضلانی باشد. این پدیده که به تورم سلولی^۶ موسوم است، فرآیندهای آنابولیکی را در هر دو جهت افزایش سنتز و کاهش تجزیه پروتئین، تحریک می‌نماید (استون و پیترز^۷، ۱۹۹۹). در مجموع، این پدیده ممکن است تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای را آغاز نموده و اتصال آن‌ها به تارچه‌های هایپرتروفی شده را تسهیل نماید. غوطه‌وری در آب سرد ممکن است بر این فرآیندها نیز تأثیر منفی داشته باشد (سلوود^۸ و دیگران، ۲۰۰۷)، با این حال، افزایش مثبت ناچیز در قدرت بالا رفتن از نردبان و نیز افزایش وزن نسبی عضلات FHL و نعلی در گروه‌های غوطه‌وری مطالعه حاضر، فرضیات مورد اشاره را به چالش می‌کشد و تأثیرات مفید احتمالی گزارش شده توسط ال‌حداد^۹ و دیگران (۲۰۱۲) را تقویت می‌نماید. این محققین مشاهده نموده‌اند که غوطه‌وری ۵ دقیقه‌ای روزانه در آب سرد، به بهبود فعالیت استراحتی پاراسمپاتیک، بهبود کیفیت خواب و نیز بهبود خوشی ذهنی در شناگران سطح بالا، منجر می‌شود. تأثیرات مفید احتمالی بر شمرده شده، در طول ۲۴ تا ۷۲ ساعت پس از مداخله روی می‌دهد. به علاوه، غلظت لاکتات خون پس از CWI، پایین‌تر بود. محققین فرض کرده‌اند که این تأثیرات ممکن است به واسطه افزایش گردش خون در ساختار عضلانی باشد که به طور مثبت بر تخلیه لاکتات اثر می‌گذارد. اخیراً نیز این فرضیه مطرح شده است که لاکتات می‌تواند به عنوان یک محرک تمرینی در سطح سلول، عمل نماید (اسپوری و واکرهنگ^{۱۰}، ۲۰۰۶).

یکی از دلایلی که احتمالاً در افزایش قدرت مشاهده شده در مطالعه حاضر دخیل است، کاربرد فشار هیدروستاتیک بر پای غوطه‌ور شده در آب می‌باشد. در واقع، به واسطه فشار هیدروستاتیک، غوطه‌وری بدن یا عضوی از آن به افزایش انتقال فرآورده‌های سوخت و سازی (مثل لاکتات) از بافت عضله، کاهش

سرد می‌شد در حالی که پای دیگر چنین حالتی نداشت)، حدود ۱ تا ۲ درصد کاهش یافت. میزان تأثیر، اندک بود و احتمال اثرگذاری عملی آن، زیر ۴۰ درصد بود. با این وجود، این نتیجه هنگامی باید مورد توجه قرار گیرد که CWI در ورزش‌های سنگین برای حمایت از بازگشت به حالت اولیه از نوبت‌های تمرینی شدید با هدف هایپرتروفی عضلانی، بکار گرفته می‌شود. تمرین مقاومتی در دانشجویان ورزشکار حرفه‌ای به افزایش عملکرد معنی‌داری در میزان یک تکرار بیشینه^۱ (1RM) و مقدار بار در آزمون ۱۲ تکرار بیشینه (12RM) منجر می‌گردد. در شرایط سرد کردن منظم، 1RM نسبت به پیش‌آزمون، حدود ۸/۲ درصد افزایش یافت، در صورتی که میزان پیشرفت در شرایط کنترل، حدود ۱۰/۳ درصد بود. اختلاف دو شرایط، برای 1RM، ۲/۷ درصد و برای 12RM، حدود ۱/۴ درصد بود. نتایج مطالعه حاضر با مشاهدات یامانه و دیگران (۲۰۰۶) مبنی بر اثر منفی استفاده از CWI پس از تمرین بر سازگاری‌های تمرینی ناهمسو است. این محققین بیان کرده‌اند که گرچه به نظر می‌رسد CWI وسیله مناسبی برای حمایت از بازگشت به حالت اولیه است، سرد کردن پس از فعالیت ممکن است در چشم‌انداز تمرینی، به عنوان یک مداخله مضر در نظر گرفته شود. فرض یامانه و دیگران (۲۰۰۶) بر این بوده که آسیب‌های ریز ناشی از تمرین و فرآیندهای هورمونی و سلولی در ساختار عضله اسکلتی، پیش شرطی برای فرآیندهای ترمیم، دوباره‌سازی تارهای عضله، فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای و مانند این؛ محسوب می‌شود. کاهش دمای عضله در نتیجه CWI، ممکن است این فرآیندهای سازشی را مختل یا سرکوب نماید و بهبود در عملکرد عضلانی در تمرین هایپرتروفی را به تأخیر اندازد (یامانه و دیگران، ۲۰۰۶؛ الیاس^۲ و دیگران، ۲۰۱۳؛ وی‌یرا^۳ و دیگران، ۲۰۱۳). بارتنت^۴ (۲۰۰۶) به این موضوع اشاره کرده است که در مرحله بازگشت به حالت اولیه، فرآیندهای التهابی نقشی محوری در سازگاری و ترمیم ساختار عضلانی آسیب دیده ایفا نموده و از این رو، باید از اقداماتی که این فرآیندها را سرکوب می‌کند، ممانعت به عمل آید. توضیح دیگر برای سازگاری تمرینی کمتر پای غوطه‌ور شده در آب سرد، ممکن است بر این واقعیت استوار

1. One repetition maximum (1RM)
2. Elias
3. Vieira
4. Barnett
5. Insulin like growth factor-I (IGF-I)

6. Cell swelling
7. Estone & Peters
8. Sellwood
9. Al-Haddad
10. Spurway & Walkerhang

به سختی قابل حذف شدن هستند. مطالعه حاضر اگر چه به دلیل استفاده از نمونه حیوانی تا حد زیادی کنترل شد، برای تعمیم نتایج آن به مطالعات انسانی باید مطالعه‌ای کاملاً مشابه انجام شود. محدودیت دیگری که در مطالعات ناهمسو با مطالعه حاضر به آن اشاره شده، ویژگی بالای محرک تمرینی، ایزوله بودن و ماهیت غیر عملکردی کار مقاومتی می باشد. مطالعاتی که تأثیر کاربرد سرما بر بازگشت به حالت اولیه قدرت را بررسی نموده‌اند، معمولاً از برنامه‌های برون‌گرای شدید بهره گرفته‌اند (پاپندیک و دیگران، ۲۰۱۳). در روش تمرینی بکار گرفته‌اند مطالعه حاضر، جزء برون‌گرای تمرین برجسته‌تر بود و شاید یکی از دلایل بروز نتایج مثبت در مطالعه حاضر همین باشد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی از نتایج مطالعه حاضر می‌توان چنین استنباط نمود که غوطه‌وری در آب معتدل پس از تمرین مقاومتی، موجب بهبود ترکیب بدنی موش‌های آزمایشگاهی از طریق افزایش توده بدون چربی (وزن نسبی عضلات نعلی و FHL) و کاهش توده چربی (وزن چربی زیرجلدی - شکمی) می‌شود؛ ضمن آن که این مداخله باعث افزایش حداکثر قدرت بالا رفتن از نردبان نیز می‌گردد. این یافته‌ها حاکی از این است که غوطه‌وری در آب معتدل می‌تواند بر سازگاری‌های طولانی‌مدت تمرین مقاومتی در موش‌ها اثرگذار باشد. ضرورت دارد که برای تعمیم نتایج به ورزشکاران و نیز مشخص نمودن مکانیسم‌های فیزیولوژیکی درگیر در سازگاری‌های ناشی از غوطه‌وری در آب، پژوهش‌های مشابهی بر روی نمونه‌های انسانی علی‌الخصوص ورزشکاران قدرتی، انجام شود.

قدردانی و تشکر

بدین‌وسیله مراتب قدردانی خود را از مرکز طب برفکی مؤسسه سرم‌سازی رازی (دکتر مهروانی) به جهت همکاری صمیمانه، ابراز می‌داریم. نتایج ارائه شده در مقاله پیش رو، بخشی از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی مصوب دانشگاه خوارزمی می‌باشد.

مقاومت محیطی و کاهش فعالیت عصبی-عضلانی منجر می‌شود (کوربت و دیگران، ۲۰۱۲). مضرات مشاهده شده در تأثیرات تمرینی در پای سرد شده در مطالعات قبلی (فروهلیچ و دیگران، ۲۰۱۴)، اندک هستند. تفاوت ۱ تا ۲ درصدی در طی دوره ۵ هفته‌ای، قابل چشم‌پوشی است. با این‌وجود تا به امروز، اکثر مطالعاتی که اثرات بازگشت به حالت اولیه را بررسی کرده‌اند، حداکثر یک هفته طول کشیده‌اند و اثرات بازگشت به حالت اولیه در مقایسه با شرایط کنترل غیر فعال، نیز ناچیز (حداکثر ۱/۸ تا ۴/۳ درصد که به فاصله زمانی تجزیه و تحلیل عملکرد آزمودنی پس از CWI) بوده است (پاپندیک و دیگران، ۲۰۱۳). در مجموع، استراتژی‌های بازگشت به حالت اولیه دیگری وجود دارند (مثل استفاده از حوضچه‌های آب سرد و گرم^۱ یا جکوزی، بازگشت به حالت اولیه فعال، حمام داغ) که اختلاف ناچیزی با CWI دارند (الیاس و دیگران، ۲۰۱۳). اگرچه این مطالعات تأثیر بازگشت به حالت اولیه کوتاه مدت را در یک دوره حداکثر یک هفته‌ای بررسی کرده‌اند؛ با این حال، بازگشت به حالت اولیه تاکنون در دوره‌های طولانی‌تر ارزیابی نشده است. اثرات بازگشت به حالت اولیه مشاهده شده و کاهش احتمالی سازگاری‌های تمرینی ممکن است در ارتباط با ورزش‌های حرفه‌ای مورد توجه قرار گیرد. بنابراین از دیدگاه عملی ورزش، استفاده غیر بحرانی از CWI در جریان برگزاری اردوهای تمرینی طولانی، باید با دقت انجام گیرد و تأکید بر آن باشد که بین اثرات بازگشت به حالت اولیه کوتاه‌مدت در مقابل کاهش سازگاری‌های احتمالی طولانی‌مدت، تعادل برقرار شود.

در مطالعه حاضر، محدودیت‌هایی زیاد وجود داشته که باید مورد توجه قرار گیرد. ما از نمونه انسانی استفاده نکردیم؛ بنابراین، تعمیم نتایج به ورزشکاران حرفه‌ای جای سؤال دارد. مطالعات کنترل شده برای تجزیه و تحلیل اثرات مرتبط احتمالی هر چند ویژه و ناچیز در ورزشکاران، از پیچیدگی‌هایی برخوردار است، بخاطر این که برنامه تمرینی آن‌ها چارچوب مطالعات علمی را تحت تأثیر قرار داده و عوامل مخدوش‌کننده

منابع

- Al Haddad, H., Parouty, J., & Buchheit, M. (2012). Effect of daily cold water immersion on heart rate variability and subjective ratings of well-being in highly trained swimmers. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 7(1), 33-38.
- Banaeifar, A. A., Gorzi, A., Hedayati, M., Nabiollahi, Z., Neda, R. M., & Khantan, M. (2011). Effect of an 8-week resistance training program on acetylcholinesterase activity in rat muscle. *Feyz Journals of Kashan University of Medical Sciences*, 15(4). [Persian]
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Medicine*, 36(9), 781-796.
- Brophy-Williams, N., Landers, G., & Wallman, K. (2011). Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(4), 665.
- Buchheit, M., Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2009). Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 296(2), H421-H427.
- Corbett, J., Barwood, M. J., Lunt, H. C., Milner, A., & Tipton, M. J. (2012). Water immersion as a recovery aid from intermittent shuttle running exercise. *European Journal of Sport Science*, 12(6), 509-514.
- Donnelly, J. E., Smith, B., Jacobsen, D. J., Kirk, E., DuBose, K., Hyder, M., ... Washburn, R. (2004). The role of exercise for weight loss and maintenance. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18(6), 1009-1029.
- Elias, G. P., Wyckelsma, V. L., Varley, M. C., McKenna, M. J., & Aughey, R. J. (2013). Effectiveness of water immersion on postmatch recovery in elite professional footballers. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 8(3), 243-254.
- Eston, R., & Peters, D. (1999). Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, 17(3), 231-238.
- Fröhlich, M., Faude, O., Klein, M., Pieter, A., Emrich, E., & Meyer, T. (2014). Strength training adaptations after cold-water immersion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2628-2633.
- Gaeini, A., Fayazmilani, R., & Khaledi, N. (2013). Role of cooling recruitment on skeletal muscle hspb1 gene expression during recovery from eccentric contractions. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences and Health Services*, 35(4), 66-73. [Persian]
- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2173-2181.
- Higgins, T. R., Heazlewood, I. T., & Climstein, M. (2011). A random control trial of contrast baths and ice baths for recovery during competition in u/20 rugby union. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(4), 1046-1051.
- Hill, J. O., Wyatt, H. R., Reed, G. W., & Peters, J. C. (2003). Obesity and the environment: where do we go from here? *Science*, 299(5608), 853-855.

- Howatson, G., Goodall, S., & Van Someren, K. (2009). The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 105(4), 615-621.
- Huygens, W., Thomis, M. A., Peeters, M. W., Aerssens, J., Janssen, R., Vlietinck, R. F., & Beunen, G. (2004). Linkage of myostatin pathway genes with knee strength in humans. *Physiological Genomics*, 17(3), 264-270.
- Kelley, G. A & Kelley, K. S. (2009). Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine*, 48(1), 9-19.
- Leclerc, S., Bouchard, C., Talbot, J., Gauvin, R., & Allard, C. (1983). Association between serum high-density lipoprotein cholesterol and body composition in adult men. *International Journal of Obesity*, 7, 555-561.
- Lee, S., & Farrar, R. P. (2003). Resistance training induces muscle-specific changes in muscle mass and function in rat. *Journal of Exercise Physiology Online*, 6(2), 80-87.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W., & Howatson, G. (2011). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 233-240.
- Mourot, L., Bouhaddi, M., Gandelin, E., Cappelle, S., Dumoulin, G., Wolf, J. P., & Regnard, J. (2008). Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and cool head-out immersion. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 79(1), 14-20.
- Northey, J., Rattray, B. A., Christos, E. N., & Driller, M. (2016). Vascular occlusion and sequential compression for recovery after resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 533-539.
- Ormsbee, M. J., Thyfault, J. P., Johnson, E. A., Kraus, R. M., Choi, M. D., & Hickner, R. C. (2007). Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. *Journal of Applied Physiology*, 102(5), 1767-1772.
- Poppendieck, W., Faude, O., Wegmann, M., & Meyer, T. (2013). Cooling and performance recovery of trained athletes: A meta analytical review. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 8(3), 227-242.
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 135-145.
- Sellwood, K. L., Brukner, P., Williams, D., Nicol, A., & Hinman, R. (2007). Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: A randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 392-397.
- Spurway, N., & Wackerhage, H. (2006). *Genetics and Molecular Biology of Muscle Adaptation: Elsevier Health Sciences*.
- Tesch, P., Ekberg, A., Lindquist, D., & Trieschmann, J. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180(1), 89-98.
- Treuth, M. S., Hunter, G. R., Weinsier, R. L., & Kell, S. H. (1995). Energy expenditure and substrate utilization in older women after strength training: 24-h calorimeter results. *Journal of Applied Physiology*, 78(6), 2140-2146.
- Vaile, J. (2011). Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 825-829.

Versey, N. G., Halson, S. L., & Dawson, B. T. (2012). Effect of contrast water therapy duration on recovery of running performance. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 7(2), 130-140.

Vieira, A., Oliveira, A., Costa, J., Herrera, E., & Salvini, T. (2013). Cold modalities with different thermodynamic properties have similar effects on muscular performance and activation. *International Journal of Sports Medicine*, 34(10), 873-880.

Wegmann, M., Faude, O., Poppendieck, W., Hecksteden, A., Fröhlich, M., & Meyer, T. (2012). Pre-cooling and sports performance. *Sports Medicine*, 42(7), 545-564.

Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, 37(3), 225-264.

Yamane, M., Teruya, H., Nakano, M., Ogai, R., Ohnishi, N., & Kosaka, M. (2006). Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *European Journal of Applied Physiology*, 96(5), 572-580.

Abstract**Effect of moderate and cold-water immersion on strength and muscular weight changes following resistance training in rats****Mohsen Mohammadnia Ahmadi^{1*}, Hamid Rajabi²**

1. Assistant Professor, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Background and Aim: Nowadays, cold-water immersion (CWI) has been established as a promising means to support recovery in high performance sports after highly intensive training bouts or competitions. There are many studies about effectiveness of acute CWI to support recovery after strenuous exercise, but the overall results seem to be conflicting. However, adaptational aspect has been widely neglected. Therefore, we analyzed the effects of immersion in cold and moderate water after resistance training on the some adaptations of strength training. **Materials and Methods:** In all, 32 male Sprague- Dawley rats (8-weeks) were assigned randomly into 4 equal groups including control (208.50 ± 22.50 g), resistance training (208.87 ± 26.70 g), resistance training + moderate water immersion (208.37 ± 16.30 g) and resistance training + cold water immersion (218.75 ± 33.20 g) groups. The resistance training consisted of climbing (5 reps/3 sets) a ladder (120 cm) carrying load (equal to a percent of body weight) suspended from the tail. At last set (during 6 minute), rats in immersion water groups, immersed within container consisted water with 27°C and 14°C respectively. This process repeated 3 times a day during 8 weeks. At the first and last session, ladder climbing strength maximal was measured. Immediately after euthanasia (24 h after final training session), the flexor hallucis longus (FHL) and soleus muscles and subcutaneous-inguinal fat tissue was exposed and weighed. The data was analyzed with the one-way ANOVA method and significance level considered if $p < 0.05$. **Results:** Results showed that subcutaneous-inguinal fat ($p = 0.01$), FHL and soleus weight ($p = 0.01$) and maximal strength of ladder climbing ($p = 0.001$) were significantly different in all studied group; so the best improvement was obvious at the resistance + moderate water immersion group. **Conclusion:** It is concluded that immersion in moderate water have a better impact on the strength training adaptations in rats.

Keywords: Water immersion, Resistance training, Muscle hypertrophy.

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, vol. 6, no. 11, Spring & Summer 2018

Received: Aug 13, 2016

Accepted: Jul 3, 2017

*Corresponding Author, Address: Faculty of Sport Sciences, Pardis Campus, University of Birjand, Avini Blvd, Birjand, Iran;
Email: m.m.ahmadi2005@birjand.ac.ir