



## تأثیر تمرین HIIT به همراه مکمل کراتین بر پروتئین استرسی سیستمیک: مطالعه نیمه تجربی جنسیت و نوع ریکاوری

سیده زلیخا هاشمی چاشمی: استادیار فیزیولوژی ورزش، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

ولی الله دبیدی روشن: استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (\* نویسنده مسئول)  
vdabidiroshan@yahoo.com

### چکیده

#### کلیدواژه‌ها

پروتئین شوک گرمایی، جنسیت، ریکاوری فعال، کراتین

**زمینه و هدف:** کراتین یکی از محبوب‌ترین و گسترده‌ترین مکمل‌های مورد استفاده ورزشکاران است که باعث افزایش قدرت و توده بدون چربی می‌شود. هدف از این تحقیق تعیین، تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا به همراه مصرف مکمل کراتین و دو نوع ریکاوری فعال داخل و خارج آب بر پروتئین شوک گرمایی زنان و مردان شناگر بود.

**روش کار:** در این مطالعه نیمه تجربی، ۳۲ شناگر (۱۶ مرد و ۱۶ زن) غیرحرفه‌ای دارای سابقه تمرینی حداقل ۶ ماه شنا و مقام در سطح شهر با میانگین توان بی‌هوازی بالاتنه ۴۹۷ وات بر کیلوگرم شرکت کردند. مردان و زنان هر یک بطور تصادفی به دو زیر گروه ریکاوری داخل آب (۸ مرد و ۸ زن) و ریکاوری خارج آب (۸ مرد و ۸ زن) تقسیم شدند. تمام گروه‌ها، ۶ وهله شنای سرعتی ۵۰ متر با فاصله استراحتی ۱۲۰ ثانیه‌ای (با توجه به نوع ریکاوری داخل و خارج آب) را در قبل و پس از ۶ روز مکمل‌گیری کراتین (۴ وعده ۵ گرمی در روز و به مدت ۶ روز) اجرا کردند. داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس دو طرفه با اندازه‌گیری مکرر بررسی شد.

**یافته‌ها:** اگرچه اجرای ۶ وهله فعالیت HIIT منجر به افزایش HSP تاثیر تمرین HIIT و مکمل کراتین با ریکاوری فعال داخل و خارج از آب در برده‌دوگروه شد، اما این تفاوت بین مردان و زنان معنادار نبود. در هر دو گروه، نوع ریکاوری داخل در مقایسه با خارج آب تأثیر معناداری بر مقادیر HSP72 نداشت. همچنین مکمل‌گیری یک هفته‌ای کراتین تأثیر معناداری بر تعدیل مقادیر HSP72 متعاقب اجرای فعالیت HIIT نداشت. با این وجود، اثربخشی مکمل‌گیری کراتین به ویژه در ۳ وهله دوم فعالیت HIIT مشهودتر بود.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از مکمل کراتین به همراه ریکاوری فعال داخل آب به ویژه در وهله‌های پایانی فعالیت‌های شدید تکراری می‌تواند به عنوان یک استراتژی کمکی مورد توجه شناگران در هر دو جنس قرار گیرد.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

**منبع حمایت‌کننده:** حامی مالی ندارد.

شیوه استناد به این مقاله:

Hashemi Chashmi SZ, Dabidi Roshan V. The Effect of HIIT Exercise with Creatine Supplementation on Systemic Stress Protein: A Quasi-experimental Study of Gender and Type of Recovery. Razi J Med Sci. 2023;30(3): 11-22.

\*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با [CC BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/) صورت گرفته است.



Original Article

## The Effect of HIIT Exercise with Creatine Supplementation on Systemic Stress Protein: A Quasi-experimental Study of Gender and Type of Recovery

**Seyede Zolaikha Hashemi Chashmi:** Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Payame Noor University, Tehran, Iran

**Valiollah Dabidi Roshan:** Professor, Department of Sport Physiology, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran (\* Corresponding author) [vdabidiroshan@yahoo.com](mailto:vdabidiroshan@yahoo.com)

### Abstract

**Background & Aims:** Background and Aim: Studies have shown that participation in intense and increasing exercise causes delayed damage to the muscle fiber membrane. Because the best type of recycling is not known between training sessions, using methods such as active recycling or creatine supplementation may have beneficial effects through faster removal of fatigue-related factors or the availability of energy sources such as creatine phosphate. On the other hand, the processes of anemia - re-injection of blood, autoxidation of catecholamines, induction of the activity of inflammatory cells as well as neutrophils due to tissue damage in this active species, intensify this activity. Continuation of this process increases free radicals and consequently oxidative stress, and the body of living organisms needs an antioxidant system to limit the harmful effects of free radicals. The range of active antioxidants in the body includes endogenous enzymatic antioxidants and non-enzymatic antioxidants present in meals. Studies have shown that the production of free radicals during strenuous exercise stimulates the production of heat shock proteins (HSPs). Research shows that under physiological conditions, such as strenuous exercise, in which athletes at competitive levels experience excessive training, such as frequent repetitions of competitions throughout the day, to achieve high levels of performance, endogenous antioxidants cannot be completely eliminated. Prevent oxidative damage. For this reason, in recent years, researchers have been looking for strategies to reduce fatigue and maintain performance for athletes by reducing the factors that affect physical performance during and after intense intermittent exercise. Creatine supplementation is one of the most commonly used strategies by athletes. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of high-intensity interval training with creatine supplementation and two types of active in-water and out-of-water recovery on heat shock protein in men and women swimmers.

**Methods:** In this quasi-experimental study, 32 non-professional swimmers (16 men and 16 women) with at least 6 months of swimming experience and position in the city with an average anaerobic power of 497 watts per kg participated. Men and women were each randomly divided into two subgroups: in-water recovery (8 men and 8 women) and out-of-water recovery (8 men and 8 women). All groups performed 6 50-meter sprints with a 120-second rest interval (depending on the type of recovery in and out of the water) before and after 6 days of creatine supplementation (4 servings of 5 g per day for 6 days). Data were analyzed by two-way analysis of variance with repeated measures.

**Results:** The findings of the combined analysis of variance test showed that the main effect of measurement time was significant. The main effect of recovery was also

### Keywords

Heat shock protein,  
Gender,  
Active recovery,  
Creatine

Received: 08/04/2023

Published: 10/06/2023

significant. In addition, the interaction of measurement time with recovery was significant. The interactive effect (measurement time  $\times$  recovery  $\times$  gender) was not significant. In addition, the results of intragroup analysis of variance test with repeated measures on the measurement factor showed that complementary intervention improves HSP72 in both sexes. Also, differences between groups using two-way analysis of variance test showed that the amount of HSP72 after rest, the third and sixth repetition without creatine was not significant. Also at rest and after the third repetition with creatine was not significant but after the sixth Recurrence with creatine supplementation was significant in both sexes.

**Conclusion:** The results of the present study show that despite the relative decrease in the mean HSP of the groups after the supplementation period, this difference is not significant and there is no interaction between the independent variables in relation to HSP. Regarding the better condition of the in-water group than the out-of-water group, the present study on further reduction of HSP72 also pointed to the possibility of better regulation of body temperature in water during methionine recycling, which leads to removing or reducing the excitatory effect of heat as a production stimulus. HSP70 caused a drop in the group average after recycling. The lack of significant HSP adjustment among research groups after recovery probably led to the indirect inference that HSP was not highly adjusted in athletes following exercise. The researchers explain why HSP decreases in people who train with high repetition. When a muscle trains better progressively, there is a decrease in HSP due to cellular regulatory mechanisms. Also, when people who have not exercised begin to exercise, there is a false increase in their HSP, which will decrease over time and as the exercise progresses. The researchers said that the higher the amount of exercise, the thinner the amount of HSP. Researchers believe that HSP has a negative self-regulatory mechanism that is regulated by its own synthesis. It can probably be said that HSP does not change as much in trained people as it does in the untrained ones. However, in terms of the type of recycling, the in-water group was in a better position than the out-of-water group. In the present study, supplementation had no significant effect on HSP compared to the period without supplementation, and its interaction with the type of recycling did not make a significant difference in HSP. Studies show that 95% of creatine is stored in skeletal muscle, and creatine supplementation also increases muscle creatine content. Research on the effects of creatine supplementation on muscle phosphocreatine has provided evidence of increased creatine vigor. Another issue addressed in this study was the difference in HSP72 response between men and women to exercise, and the issue of gender impact was raised. In this study, it was concluded that the level of HSP72 in male and female athletes is similar on average and there is no significant difference. Although exercise increased HSP72, it was similar in male and female athletes and was not affected by gender. Also, in this study, the positive effects of specialized recovery in the mentioned indicators following high-intensity intermittent swimming were not found.

**Conflicts of interest:** None

**Funding:** None

#### Cite this article as:

Hashemi Chashmi SZ, Dabidi Roshan V. The Effect of HIIT Exercise with Creatine Supplementation on Systemic Stress Protein: A Quasi-experimental Study of Gender and Type of Recovery. *Razi J Med Sci.* 2023;30(3): 11-22.

\*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

## مقدمه

تمرین تناوبی با شدت بالا (High Intensity Interval Training) یکی از انواع روش های تمرینی است که درمقایسه با سایر ورزش ها، می تواند به عنوان یک مداخله موثرتر و کارآمدتر برای بهبود فشارخون و ظرفیت هوازی در نظر گرفته شود (۱،۲). اما مطالعات نشان داده اند که شرکت در فعالیت های ورزشی شدید و فزاینده باعث آسیب تاخیری غشای تار عضله می شود. نیروی مکانیکی زیاد تولید شده هنگام فعالیت های تناوبی شدید می تواند باعث تخریب یا تجزیه پروتئین های ساختاری تارهای عضلانی و بافت همبند شود (۳،۴). دوره بازیافت پس از تمرین یا مسابقه یکی از مسائلی است که همواره مورد توجه ورزشکاران و مربیان بوده است. در این دوره فرایندهای متابولیسمی گوناگونی در بدن رخ می دهد که به اندازه دوره فعالیت اهمیت دارد و همه آنها در جهت بازسازی انرژی از دست رفته و ذخیره سازی آن عمل می کنند (۵) به دلیل مشخص نبودن بهترین نوع بازیافت در بین نوبت های جلسات تمرینی، مطالعه تاثیر بازیافت فعال و غیرفعال به دنبال ورزش هایی با شدت بالا بر سطوح عوامل مرتبط با کوفتگی، خستگی و شرایط استرسزا در برخی از ورزش ها به ویژه در رشته هایی که ورزشکاران مجبور به انجام چند مسابقه در یک روز می باشند، مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. بنابراین بکارگیری روش هایی از قبیل بازیافت فعال و یا مکمل گیری کراتین احتمالاً از طریق برداشت سریع تر عوامل مرتبط با خستگی و یا در دسترس قرار دادن منابع انرژی از قبیل کراتین فسفات می تواند اثرات سودمندی داشته باشد (۶). از سوی دیگر فرایندهای کم خونی - تزریق مجدد خون، اتواکسیداسیون کاتکولامین ها، القاء فعالیت سلول های التهابی همچون نوتروفیلها بر اثر آسیب های بافتی در این فعالیت ها، میزان تولید بیشتر گونه های فعال اکسیژن را تشدید می کند (۷،۸). تداوم این روند باعث افزایش رادیکال های آزاد و در نتیجه استرس اکسایشی شده و بدن موجودات زنده برای محدود کردن اثرات مضر رادیکال های آزاد نیاز به دستگاه آنتی اکسیدانی دارد (۹) دامنه ضداکسایشی فعال در بدن شامل آنتی اکسیدان های آنزیمی درونزا و آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی موجود در وعده های

غذایی می باشد (۱۰). مطالعات نشان دادند تولید رادیکال های آزاد به هنگام اجرای فعالیت های شدید ورزشی باعث تحریک تولید پروتئین های شوک گرمایی (HSP) می شود (۱۱،۱۲). در این راستا، دبیدی و همکاران نشان دادند که آسیب عضلانی به دنبال اجرای تمرینات با وزنه و یا دویدن روی نوارگردان به ویژه در محیط گرم باعث رهایش HSP می شود که ترشح آن با هدف برقراری مجدد هموستاز انجام می شود (۱۱). لیو و همکاران هم گزارش کردند که دنبال تمرینات شدید در قایق رانان حرفه ای تغییر معنی داری در سطوح Hsp70 و ریکاوری بعد از آن مشاهده نگردید (۱۳). تحقیقات نشان می دهد که تحت شرایط فیزیولوژیک از جمله ورزش شدید که ورزشکاران در سطوح رقابتی برای دستیابی به سطوح بالای عملکردی، تمرینات بیش از حدی از قبیل اجرای وهله های مکرر مسابقات را در طی یک روز تجربه می کنند، مواد ضد اکسایشی درونزا نمی توانند به طور کامل از آسیب اکسایشی جلوگیری کنند (۱۰). به همین دلیل در سال های اخیر محققان به دنبال استراتژی هستند تا از طریق کاهش عوامل اثرگذار بر عملکرد بدنی هنگام و پس از اجرای تمرینات تناوبی شدید، کاهش خستگی و حفظ عملکرد را برای ورزشکاران به دنبال داشته باشد. یکی از رایج ترین استراتژی های مورد استفاده ورزشکاران مکمل کراتین است (۱۱). محققین پیشرفت های بدست آمده بعد از مکمل گیری کراتین را با افزایش حضور کراتین که در انباشتگی سریع ADP تولیدی از هیدرولیز ATP مخصوصاً در تارهای نوع دوم نقش بافری ایفا می کند و یا افزایش در میزان دوباره سازی فسفوکراتین طی دوره های بازگشت به حالت اولیه در فعالیت های تناوبی شدید و همچنین سطوح بالای فسفوکراتین در شروع تمرین و کاهش زمان مورد نیاز برای استراحت عضله بعد از انقباض نسبت داده اند (۱۴،۱۵) دمینیس و همکاران نشان دادند که استفاده از مکمل کراتین به مدت ۷ روز بعد از وهله های دوی سرعتی شدید موجب افزایش مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل توان می گردد. علاوه بر این راستا و همکاران نشان دادند که مکمل گیری کراتین باعث اثرات آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی می شود (۱۶). با توجه به موارد ذکر شده، همچنان مطالعات بسیار اندکی به تاثیر تمرین تناوبی

گروه ۸ نفره شامل مردان با ریکاوری داخل آب (In-IRM) مردان با ریکاوری خارج آب (Out-water Recovery Male (ORM)، زنان با ریکاوری داخل آب (In-water Recovery Female (IRF)، زنان با ریکاوری خارج آب (Out-water Recovery Female (ORF) بررسی شدند، لذا طرح جنسیت و نوع ریکاوری به عنوان متغیر مستقل مورد ارزیابی محقق گرفت. بر این اساس، تمام گروه‌های فوق، ۶ وهله شنای سرعتی ۵۰ متر با فاصله استراحتی ۱۲۰ ثانیه‌ای را در قبل و پس از ۶ روز بارگیری کراتین (۴ وعده ۵ گرمی در روز و به مدت ۶ روز) اجرا نمودند. مردان و زنان در گروه‌های ریکاوری داخل آب (IRM و IRF) در حد واسط هریک از وهله‌های شنا به صورت فعال در داخل آب ریکاوری نمودند، در حالی که مردان و زنان در گروه‌های ریکاوری خارج آب (ORM و ORF) در حد واسط هریک از وهله‌های شنا ریکاوری فعال را در خارج آب اجرا نمودند.

همه روش‌های ارزیابی آزمودنی‌های مطالعه حاضر توسط گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه مازندران تایید و بر اساس دستورالعمل هلسینکی شامل رضایت و آگاهی آزمودنی‌ها از چگونگی مراحل اجرای پژوهش، بکارگیری تجهیزات سالم و ایمن برای اجرای پژوهش و محرمانه نگه داشتن اطلاعات شخصی آنان هدایت شد. افراد پس از آشنایی با اهداف و نحوه‌ی اجرای تحقیق، پرسشنامه پزشکی و رضایت نامه کتبی شرکت در پروتکل مطالعاتی را تکمیل کرده و سپس ارزیابی بالینی و کنترل متغیرها انجام شد.

**معیارهای ورود به فرایند تحقیق:** در مطالعه حاضر، از چندین شاخص به عنوان معیاری برای ورود و یا خروج افراد به فرایند تحقیق استفاده شد که برخی از این معیارها عبارتند از: سابقه ۳ جلسه تمرین شنا در هفته برای مدت حداقل ۶ ماه و مقام در سطح شهرستان، عدم ابتلا به هرگونه بیماری، عدم استعمال دخانیات حداقل ۶ ماه قبل از شروع پژوهش، خوداری از مصرف هرگونه دارو و یا مواد نیروزا در طی یک هفته قبل از پروتکل اصلی (۱۹). بعلاوه، عدم مصرف کافئین،

شدید به همراه مکمل گیری کراتین بر پروتئین شوک گرمائی به دنبال وهله‌های مکرر شنای بیشینه در زنان و مردان پرداخته است. از سویی دیگر محققان به دنبال استفاده از روش‌های مختلف ریکاوری هستند تا از بروز خستگی کاسته و عملکرد ورزشی را در طی فعالیت‌های تناوبی شدید حفظ نمایند. انواع روش‌هایی چون: ریکاوری فعال، ماساژ، غوطه‌ور شدن در آب، آب درمانی و غیره همگی برای همین منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این وجود با توجه به تاثیر فشار آب بر جریان خون و مایعات بدن از یکطرف و اجرای ریکاوری متعاقب اجرای شنای سرعتی در خارج آب تاثیر سودمندی بر شاخص مرتبط با پروتئین‌های شوک گرمائی (HSP) و عملکرد ورزشی داشته باشد (۱۷، ۱۵). پژوهش‌هایی که توسط دبیدی و همکاران (۱۷) و بوچیت و همکاران (۱۸) انجام دادند نشان دادند که ریکاوری داخل آب اثر مطلوبتری نسبت به خارج آب در مردان داشته است. بنابراین هدف از این مطالعه با توجه به بالاتر بودن درصد عضلات مردان نسبت زنان و بالاتر بودن کراتین در مردان، مشخص نیست که اجرای بازیافت فعال داخل و خارج آب بین وهله‌های شدید شنا با و بدون مکمل گیری کراتین تاثیری بر تغییرات مقادیر HSP72 بین دو جنس مرد و زن دارد؟ لذا با توجه به تاثیر تمرین تناوبی با شدت بالا در ایجاد استرس اکسایشی و یا تولید مواد زائد متابولیکی و نقش بازیافت فعال در دفع مواد زائد و تاثیر احتمالی آن بر پروتئین استرسی از یکسو، و تاثیر مکمل کراتین در دسترس قرار دادن سوبسترای انرژی و جلوگیری از تجمع مواد زائد در بدن از سوی دیگر، این سوال مطرح است که نوع بازیافت (داخل و خارج آب) به دنبال فعالیت‌های تناوبی شدید و یا مکمل گیری کراتین تاثیری در مقادیر HSP72 زنان و مردان شناگر با توجه به تغییرات هورمونی و فیزیولوژیکی مربوط به جنس می‌تواند داشته باشد؟

## روش کار

**طرح تحقیق و مسایل اخلاقی:** نظر به اینکه در این مطالعه، ۳۲ مرد و زن شرکت داشتند که در قالب ۴

آب هم حداکثر ۱۰ ثانیه پس از اتمام وهله‌های شنای سرعتی از آب خارج شده و با توجه به روش کارونن و با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی از پیش تعیین شده برگشت به حالت اولیه را آغاز کردند. عملکرد افراد در طی اجرای وهله‌های تناوبی شنا با سرعت بالا توسط دو نفر ثبت و میانگین آن به عنوان رکورد هروهله از تکرارها ثبت شد (۱۹،۲۱). سپس همه آزمودنی‌های تحقیق به فاصله یک هفته پس از اجرای آزمون مرحله اول (قبل از مکمل‌گیری کراتین)، مجدداً برنامه مذکور را پس از اتمام دوره مکمل‌دهی کراتین اجرا کردند.

**پروتکل مکمل‌دهی کراتین منوهیدرات:** با توجه به اینکه سهم انرژی بی‌هوازی در عملکرد شنا می‌تواند تا ۸۰٪ برای سرعت ۵۰ متر باشد و از سوی دیگر با توجه به مزایای احتمالی مکمل کراتین بر عملکرد ورزش بی‌هوازی (۲۲)، منطقی است که انتظار داشته باشیم عملکرد شنا به دنبال مصرف مکمل کراتین بهبود خواهد یافت. از اینرو، در مطالعه حاضر از مکمل کراتین برای ارزیابی وهله‌های سنگین‌شنای تناوبی در افراد غیرحرفه‌ای استفاده شد. از سوی دیگر، نظر به اینکه اساساً مکمل‌دهی کراتین به دو روش حاد (بارگیری) و مزمن (حفظ) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۳)، و آزمودنی‌های مطالعه حاضر نیز افراد غیرحرفه‌ای بودند، لذا طرح بارگیری حاد مکمل کراتین اجرا شد که در آن مکمل کراتین منوهیدرات، تولیدی شرکت آمریکایی مسگلوبالو بسته‌بندی توسط شرکت PNC در ایران در مدت ۶ روز متوالی انجام شد. برای این منظور، بسته‌های ۵ گرمی کراتین در قالب بسته‌های ۲۴ تایی تهیه و در یک کیسه پلاستیکی قرار داده شده و در اختیار هر آزمودنی قرار گرفت تا براساس دستورالعمل (۲۴) هر روز ۴ بسته از ۲۴ بسته‌ای که به آنها تحویل داده شده بود را در ۴ وعده (همراه صبحانه، نهار، شام و وعده آخر را قبل از خواب) مصرف نمایند. مکمل‌گیری از صبح روز بعد از آشنایی شرکت‌کنندگان با نحوه اجرای پروتکل تحقیق آغاز شد. به آزمودنی‌ها توصیه شد محتوای هر بسته را در ۲۵۰ سی‌سی (یک شیشه نوشابه) آب ولرم حل کرده و مصرف کنند (۱۹،۲۰).

**نحوه ارزیابی شاخص‌های ترکیب بدنی و**

مولتی‌ویتامین‌ها و یا مصرف بیش از ۳۰۰ گرم گوشت در روز و همچنین عدم اجرای فعالیت شدید در مدت ۲۴ ساعت قبل از اجرای پروتکل پژوهشی (۲۰، ۱۵) و قرارگیری زنان در فاز فولیکولار چرخه قاعدگی (۲۰) نیز در زمره معیارهای ورود به تحقیق بوده است.

**آزمودنی‌ها و نحوه دسته‌بندی آنها:** آزمودنی‌های تحقیق پس از هماهنگی‌های اولیه و طی چند مرحله از جمله بیان اهداف مطالعه و انتظارات محقق از آزمودنی‌ها در طی دوره پژوهش و ارائه توصیه‌های لازم تغذیه‌ای شامل رعایت رژیم غذایی عادی خود را در طی دوره تحقیق، رضایتنامه شرکت در اجرای آزمون از آزمودنی‌ها گرفته شد. یک هفته قبل از اجرای پروتکل پژوهش، آزمودنی‌ها با مراحل اجرای تحقیق آشنا شده و سپس معاینات پزشکی جهت تعیین سلامت انجام شد. آنگاه اطلاعات عمومی و جسمانی آزمودنی‌ها شامل سن، جنس، قد، وزن، شاخص توده بدن (BMI)، توده چربی بدن با استفاده از روش‌های استاندارد از جمله دستگاه ترکیب بدن اندازه‌گیری و ثبت شد. همچنین اطلاعات مربوط به توان بی‌هوازی با استفاده از آزمون وینگیت دریافت شد. سپس بر اساس اطلاعات فوق، ۳۲ شناگران غیرحرفه‌ای شامل ۱۶ مرد و ۱۶ زن انتخاب و به طور تصادفی به ۴ گروه شامل: مردان با ریکاوری داخل آب (IRM= ۸ نفر)، مردان با ریکاوری خارج آب (ORM= ۸ نفر)، زنان با ریکاوری داخل آب (IRF= ۸ نفر) و گروه زنان با ریکاوری خارج آب (ORF= ۸ نفر) تقسیم شدند.

**نحوه اجرای پروتکل شنای سرعت و ریکاوری:**

در مطالعه حاضر، ابتدا آزمودنی‌ها با نحوه ریکاوری در داخل و یا خارج آب آشنا شدند، به گونه‌ای هر شناگر زن و یا مرد می‌بایست پس از اجرای هر یک از دوره‌های ۶ گانه شنای ۵۰ متر سرعت با فاصله استراحتی ۱۲۰ ثانیه‌ای به صورت فعال یا در داخل و یا در خارج آب ریکاوری نماید و برای اجرای بعدی آماده شوند. برای این منظور، به آزمودنی‌ها آموزش داده شد تا ریتم برگشت به حالت اولیه فعال در داخل آب را طبق گزارش توبیکس و همکاران (۲۱) و کازولا و همکاران (۱۹) که برابر ۶۰ درصد بهترین رکورد ۱۰۰ هر فرد است، انجام دهند. آزمودنی‌های گروه‌های ریکاوری خارج

و سوم وهله نیز سه دقیقه پس از آخرین تکرار انجام شد. برای سنجش مقایر سرمی  $HSP_{72}$  از روشی که توسط لی و همکاران (۲۶) و همینطور تیلور و همکاران (۲۷) توصیف شد، استفاده شد. به طور خلاصه، خون وریدی به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق نگه داری شد تا پس از ایجاد لخته و انجام سانتریفوژ، سرم استخراج شده برای سنجش پروتئین شوک گرمایی ( $HSP_{72}$ ) با روش الایزا و با استفاده از کیت محصول شرکت زل بایو آلمان مورد استفاده قرار گرفت.

**روش‌های آماری:** با توجه به اینکه گروه‌های مختلف آزمودنی در مطالعه حاضر مستقل و منفصل از هم بودند و در آن جنسیت (مرد در برابر زن) و نوع ریکاوری (داخل آب در برابر خارج آب) به عنوان دو متغیر مستقل توسط محقق دستکاری شده است و از سوی دیگر تمام آزمودنی پروتکل تمرینی ۶ وهله شنای تناوبی سرعتی را در دو مرحله قبل و بعد از دوره مکمل دهی کراتین تجربه کرده اند، لذا برای بررسی اثر جنسیت و نوع ریکاوری در زمانهای مختلف شنا و مکمل دهی کراتین بر  $HSP_{72}$  از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شد که در قالب یک طرح  $2 \times 2 \times 6$  اجرا شد و در آن به ترتیب دو نوع ریکاوری (داخل و خارج آب)، در دو جنس (زن و مرد) در دو مرحله قبل و بعد از مکمل دهی کراتین و همینطور اجرای ۶ وهله شنای سرعتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پیش فرض اول این آزمون برابری ماتریس کواریانس می‌باشد. با توجه به عدم سطح معنی‌داری آزمون باکس ( $P = 0/577$ )، ماتریس کواریانس داده‌ها برابر می‌باشد. پیش فرض دوم این آزمون اصل تقارن مرکب می‌باشد. برای برقراری این اصل از آزمون کرویت موخلی استفاده گردید. با توجه به عدم معنی دار بودن آزمون کرویت موخلی ( $P = 0/124$ )، شاخص‌های (F) مربوط به اثر فرض کرویت گزارش شد. علاوه بر این پیش از بررسی اثرات بین گروهی، برای برابری واریانس‌های خطا از آزمون لوین استفاده گردید. کلیه تحلیل‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ در سطح  $P \leq 0/05$  انجام شد.

**فیزیولوژیک:** ویژگی‌های ترکیب بدنی افراد با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل In-body system (Medigate Inc., BoCA x1, USA) دانشگاه اندازه گیری شد. کلیه اندازه گیری‌ها با حداقل لباس و بدون داشتن وسایل فلزی و الکتریکی، حالت ایستاده و دست‌های کشیده به سمت جلو و تماس انگشتان دست و پا در محل‌های تعیین شده روی دستگاه انجام شد. بعلاوه، اندازه‌های آنتروپومتریک بر اساس توصیه‌های استاندارد‌های بین المللی برای ارزیابی آنتروپومتري (ISAK) انجام شد (۲۵). همه اندازه گیری‌ها توسط افراد آموزش دیده جهت به حداقل رساندن ضرایب واریانس به دست آمد. بعلاوه، با توجه به اینکه در مطالعه حاضر از کراس سینه به عنوان سریع‌ترین شنا جهت انجام وهله‌های ۶ گانه ۵۰ متری استفاده شد، لذا برای همسان سازی افراد در گروه‌های مختلف از آزمون توان بی‌هوازی وینگیت دستی (alactacid Wingate Anaerobic power test) برای اندازه گیری توان بی‌هوازی بالا تنه آزمودنی‌ها استفاده شد. برای این منظور، بعد از وارد نمودن اطلاعاتی در زمینه سن، جنس و وزن آزمودنی به دستگاه، گرم کردن افراد با پدال دستی به مدت ۳۰ ثانیه به صورت آرام و بدون هیچ‌گونه مقاومتی بر روی دوچرخه اجرا شد. سپس با شمارش معکوس دستگاه از ۵ به صفر، آزمودنی با حداکثر توان خود به مدت ۳۰ ثانیه و با سرعت ۶۰ دور در دقیقه پدال می‌زد. در طول این مدت مقاومتی معادل با ۷/۵ درصد وزن بدن بر چرخ‌ها وارد می‌شد. بعد از اتمام پروتکل، مقادیر توان بی‌هوازی بر حسب وات بر کیلو گرم ثبت شد.

**نحوه خون‌گیری و اندازه‌گیری  $HSP_{72}$ :** قبل از خون‌گیری، ابتدا به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه استراحت کرده و سپس ۵ میلی لیتر خون از ورید پیش بازویی گرفته شد. از هر آزمودنی سه وهله خون‌گیری در مرحله قبل از مکمل دهی کراتین و سه وهله نیز متعاقب ۶ روز مکمل دهی کراتین انجام شد. در هر مرحله (قبل یا بعد از دوره مکمل دهی کراتین)، اولین وهله خون‌گیری در شرایط استراحتی قبل از اولین تکرار شنای سرعتی، دومین وهله خون‌گیری یک دقیقه پس از سومین تکرار

## یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مربوط به آزمودنی‌های زن و مرد پژوهش دردو گروه ریکاوری داخل و خارج آب در جدول ۱ آمده است.

نتایج این آزمون نشان داد که آزمون F برای هیچ یک از عامل‌های درون گروهی معنی‌دار نیست ( $F=0/802$ ) پیش آزمون P،  $P=0/340$  پس آزمون P،  $P=0/702$  پیش آزمون P) و این نشان می‌دهد که مفروضه همگنی واریانس در بین گروه‌های متغیر مستقل برقرار است.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی زمان اندازه‌گیری ( $F=0/699$ )،  $\eta^2=0/010$ ،  $sig=0/001$ ،  $F=64/926$ ) معنادار است. همچنین اثر اصلی

ریکاوری ( $F=90/63/454$ )،  $\eta^2=0/03$ ،  $sig=0/001$ )،  $F=56/1=5/250$ ) معنادار است. علاوه بر این، تعامل زمان اندازه‌گیری با ریکاوری ( $F=56/1=50/058$ )،  $\eta^2=0/03$ ،  $sig=0/001$ ) نیز معنادار است. اثر تعاملی (زمان اندازه‌گیری × ریکاوری) معنادار نیست. در ادامه از یک طرح تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری برای مشخص نمودن تاثیر مکمل در هر یک از گروه‌های تمرینی در زن و مرد متفاوت استفاده شد. علاوه بر این نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری نشان داد که مداخله مکمل باعث بهبود Hsp72 در هر دو جنس می‌گردد. مطابق با جدول ۳ تفاوت‌های بین گروهی با استفاده از آزمون تحلیل

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مشخصات و ویژگی‌های بدنی آزمودنی‌های تحقیق

جنس آزمودنی‌ها	گروه‌ها	سن (سال)	قد (سانتی متر)	درصد چربی بدن (درصد)	وزن بدن (کیلوگرم)	توان بی‌هوازی بالاتنه (وات بر کیلوگرم)
مرد	داخل آب	۱۸/۵±۱/۷۵	۱۸۱±۸	۱۹±۶/۲۲	۷۷/۵±۱۶/۵۱	۴۷۳/۳۷±۶۸
	خارج آب	۱۹±۲/۶۲	۱۷۶±۶	۱۷±۳/۶۹	۷۳/۵±۹/۴۵	۴۸۱/۵۰±۶۳
زن	داخل آب	۲۵/۴±۳	۱۶۴/۴±۴/۳	۲۶/۳±۳/۵	۵۸/۸±۸/۹	۵۶۲/۰±۵۵
	خارج آب	۲۵/۲±۳/۷	۱۵۹/۷±۷/۹	۲۷/۸±۶/۴	۵۴/۶±۶/۷	۴۷۳/۰±۴۵/

جدول ۲- یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب برای متغیر Hsp72

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجزورات
مراحل اندازه‌گیری	۷۱۹۵۳/۶۷۳	۱	۷۱۹۵۳/۶۷۳	۶۴/۹۲۶	*/۰۰۱	۰/۶۹۹
ریکاوری	۹۰۶۳/۴۵۴	۱	۹۰۶۳/۴۵۴	۵/۲۵۰	*/۰۰۳	۰/۱۵۸
جنسیت	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۰۷	۰/۲۶	۰/۹۹۸	۰/۱۲۱
مراحل × جنسیت	۰/۰۱۴	۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۹۹۷	۰/۰۱۲
مراحل × ریکاوری	۵۶۰۵/۹۷۵	۱	۵۶۰۵/۲۹۷۵	۵۰/۰۵۸	*/۰۰۳	۰/۱۵۳
جنسیت × ریکاوری	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۹۹۸	۰/۰۹۱
مراحل × جنسیت × ریکاوری	۰/۰۱۸	۱	۰/۰۱۸	۰/۲۸	۰/۹۹۷	۰/۱۵۸

جدول ۳- یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس یک راهه در متغیر Hsp72 طی هر یک از مراحل اندازه‌گیری

مراحل	منبع تغییرات	مجموع مجزورات	میانگین مجزورات	مقدار F	مقدار p
مراحل اندازه‌گیری	استراحت بدون کراتین	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۹۹
	پس از سومین بدون کراتین	۱۳۲۹/۷۳۲	۱۳۲۹/۷۳۲	۱/۵۳۶	۰/۲۲
مراحل اندازه‌گیری	پس از ششمین بدون کراتین	۷۷۹/۹۲۸	۷۷۹/۹۲۸	۰/۴۸۹	۰/۴۸۶
	استراحت با کراتین	۱۲/۵۶۳	۱۲/۵۶۳	۰/۰۰۷	۰/۹۳
پس از سومین با کراتین	پس از سومین با کراتین	۲۳۱۱/۴۹۰	۲۳۱۱/۴۹۰	۱/۳۵۷	۰/۲۵
	پس از ششمین با کراتین	۱۵۴۸۵/۸۰۰	۱	۱۵۴۸۵/۸۰۰	*/۰۰۲

بی‌تمرین بالاتر بود. آنها در توجیه اختلاف سطح HSP72، با اندازه‌گیری تغییرات دمایی در گروه‌ها نشان دادند که این تغییرات دمایی در افراد بی‌تمرین بیشتر بوده یعنی ورزشکاران زنده با استفاده از تعریق تنظیم دمایی بهتری نسبت به گروه بی‌تمرین داشتند و این افزایش کم در دمای بدن منجر به سطوح پایین‌تر HSP72 در آنها می‌شود. همچنین سازگاری ورزشکاران و کمتر تحت تاثیر قرار گرفتن آنان در شدت و مدت یکسان تمرینات در مقایسه با غیر ورزشکاران در میزان تولید HSP72 را نیز با بررسی و کنترل شاخص‌های سیستم ایمنی نشان دادند. بالاتر بودن بیان ژنی HSP70mRNA در ورزشکاران نسبت به غیر ورزشکاران را در ارتباط با ویژگی منحصر به فرد HSP70mRNA آنان در اثر ورزش می‌دانند که در شرایط معمول فیزیولوژیک ناپایدار است و در شرایط استرس‌زا ثبات پیدا می‌کند (۳۳).

یکی دیگر از مسائلی که در این پژوهش به آن پرداخته شد دوره بازیافت پس از تمرین است. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در مجموع با وجود کاهش نسبی میانگین HSP گروه‌ها پس از دوره مکمل‌گیری، این اختلاف معنی داری نیست و هیچ‌گونه تعاملی نیز بین این متغیرهای مستقل در رابطه با HSP وجود ندارد. نتیجه کلی در مورد بازیافت تقریباً همسو با نتیجه تحقیق لیو یوفی (۲۰۰۴) در جهت کاهش HSP است (۳۴). درباره بهتر بودن و وضعیت گروه داخل آب نسبت به خارج آب در پژوهش حاضر در کاهش بیشتر HSP70 نیز به امکان تنظیم بهتر دمای بدن در داخل آب حین بازیافت می‌تون اشاره داشت، که این موضوع منجر به برداشتن یا کاهش اثر تحریکی گرما به عنوان محرک تولید بیشتر HSP70 باعث افت میانگین این گروه پس از اعمال بازیافت شده است. البته بحث تنظیم فیدبک منفی HSP70 در ورزشکاران نیز در راستای درک بهتر این فرایند مفید است. البته با توجه به نتایج ضد و نقیضی که بین ساخت HSP70 و علائمی برای رونویسی آن وجود دارد، در حد بالایی HSP70mRNA افزایش یافته و تحریک شده در غیر ورزشکاران و ورزشکاران در ساخت این پروتئین‌ها متناسب یا یکپارچه نشده است

واریانس دو طرفه نشان داده است که مقدار HSP72 پس از استراحت، سومین و ششمین تکرار بدون کراتین معنادار نبوده است همچنین در حالت استراحت و پس از سومین تکرار با کراتین نیز معنادار نبوده است ولی پس از ششمین تکرار با مکمل کراتین در هر دو جنس معنادار بوده است (جدول ۳).

## بحث

در تحقیق حاضر مشخص شد پس از تمرین HIIT مقادیر HSP72 افزایش یافت و میزان آن در بین مراحل دوم و سوم نسبت به حالت استراحت هم در زنان و هم در مردان افزایش یافته یعنی درون هر یک از گروه‌ها اختلاف معنی داری وجود داشت ( $P \leq 0.01$ ). این یافته همسو با نتایج تحقیقات دنیل و همکاران و شیرین بیان و همکاران و اسمودر و همکاران در خصوص استرس‌زا بودن ورزش و به دنبال آن افزایش HSP است (۳۰-۲۸) البته نتایج ضد و نقیضی درباره اثر تمرین با شدت‌های مختلف در تحقیقات انسانی و حیوانی که منجر به افزایش سطوح HSP می‌شود، گزارش شده است مثلاً در پژوهشی که توسط دانیل انجام شده نشان داده شد که فعالیت دویدن روی نوارگردان بدون شیب با شدت ۶۰ یا ۸۵ درصد  $VO_2MAX$  یعنی تمرین با شدت بالا نسبت به شدت متوسط آن اثر بیشتری بر افزایش تولید HSP72 (در تمرین متوسط ۳۰٪ و در تمرین شدید ۱/۳ برابر) دارد، در حالی که در بعضی پژوهش‌ها تغییرات معنی داری گزارش نشد (۳۰). تناقض در این نتایج احتمالاً تفاوت در نوع ورزش‌ها، سطح آزمودنی‌ها و تنوع پروتکل‌ها است برای مثال می‌توان به پژوهش یونگ و همکاران (۲۰۰۴) اشاره‌ای داشت که ۱۰ نفر دوندۀ ماهر و گروه بی‌تمرین پس از ارزیابی‌های اولیه به مدت یک ساعت با ۷۰ درصد ضربان قلب بیشنه‌شان بر روی تردمیل دویدند. نتایج حاکی از آنست که سطوح HSP72 در ورزشکاران دوندۀ تمرین کرده معمولاً از آزمودنی‌های بی‌تمرین پایین‌تر است و گروه بی‌تمرین حتی بعد از ورزش سطح HSP72 در آنها نسبت به گروه تمرین کرده بالاتر باقی می‌ماند، اما بیان ژن HSP72 اساساً در دوندۀ‌های تمرین کرده نسبت به گروه

(۱۱،۱۴،۳۶). احتمالاً بتوان عنوان کرد که HSP در افراد تمرین کرده به اندازه افراد بی‌تمرین، دچار تغییر و تعدیل زیاد نمی‌شود و پژوهش‌های بیشتری در این باره نیاز است. به هر حال در مورد نوع بازیافت، گروه داخل آب وضعیت بهتری نسبت به خارج آب داشتند و شاید در صورت اندازه‌گیری در ساعات متوالی پس از انجام ورزش، امکان بحث بیشتری فراهم شود. موضوع دیگری که در تحقیق حاضر بررسی شد اثر مکمل کراتین بر این شاخص‌ها به دنبال وهله‌های مکرر شنای سرعتی بود. در پژوهش حاضر، مکمل‌گیری اثر معنی‌داری بر میزان HSP نسبت به دوره بدون مصرف مکمل نداشت، همچنین تعامل آن با نوع بازیافت نیز تفاوت معنی‌داری در میزان HSP ایجاد نکرد. مطالعات نشان می‌دهد ۹۵٪ کراتین در عضلات اسکلتی ذخیره می‌شود (۳۷) و مکمل‌سازی کراتین نیز منجر به افزایش محتوای کراتین عضلات می‌شود. فسفوکراتین شکل فسفریله شده کراتین است که در هزینه انرژی ورزش درگیر می‌باشد. تحقیقات روی تاثیرات مصرف مکمل کراتین بر فسفوکراتین عضلات، شواهدی را در رابطه با افزایش نیروزایی کراتین بوجود آورده است (۳۸،۳۹). از دیگر مسائلی که در این پژوهش به آن پرداخته شد تفاوت پاسخ HSP<sub>72</sub> در زنان و مردان به تمرین بود و موضوع تاثیر جنسیت در آن مطرح شد. در این مطالعه چنین نتیجه‌گیری شد که میزان HSP<sub>72</sub> به طور میانگین در ورزشکاران زن و مرد مشابه بوده و تفاوت معناداری وجود ندارد. ورزش باعث افزایش HSP<sub>72</sub> می‌شود ولی این میزان افزایش در زنان و مردان ورزشکار مشابه بوده و تحت تاثیر جنسیت قرار نگرفت. در مطالعه‌ای که توسط دکتر سالت انجام گرفت نیز نشان داد اگرچه مردان نسبت به زنان از توده عضلانی بیشتری برخوردارند اما این تفاوت جنسیتی منجر به اختلاف معنادار در بین زنان و مردان ورزشکار نمی‌شود (۴۰) در این مطالعه تاثیرات مثبت ریکواری تخصصی در شاخص‌های مذکور متعاقب شنای تناوبی با شدت بالا یافت نشد. نتایج ممکن است به دلیل زمان مطالعه، دوز استفاده شده تحت تاثیر قرار گرفته باشد. بنابراین مطالعات بیشتری به منظور بررسی مکمل یاری کوتاه

یعنی تمامی mRNA قادر به رونویسی HSP<sub>70</sub> نیستند، محرک‌های زیادی می‌توانند باعث تحریک و تولید mRNA با توان بالقوه رونویسی پروتئینی شوند ولی وضعیت استرس و ظرفیت تحمل ورزشکار در مقابل آنها می‌تواند ساخت پروتئین‌ها را به تاخیر بیندازد و یا تعدیل کند. ملکول‌های HSP به نظر نقش مهمی در بازسازی ساختار میوفیبریلی، بدنال وضعیت‌های استرسی و تخریبی دارند. از این‌رو بطور ویژه در فرایند ریکواری، به دنبال تخریب عضلانی ناشی از ورزش فعال می‌باشند. احتمال دارد پروتئین‌های Hsp<sub>70</sub> و Hsp<sub>60</sub> هنگام ورزش به وسیله سیگنال‌های اکسیداتیو، حرارتی، متابولیکی و سایتوکینی بیشتر تعدیل شوند. ملکول‌های HSP نسبت به استرس‌های مکانیکی ناشی از انقباض، پاسخ بیشتری می‌دهند (۳۵).

از طرف دیگر آزمودنی‌های این پژوهش مردان و زنان با سابقه تمرینی حداقل ۶ ماهه تشکیل می‌دادند و عدم تعدیل معنی‌دار HSP بین گروه‌های این تحقیق پس از ریکواری احتمالاً استنباط غیر مستقیمی مبنی بر عدم تعدیل زیاد HSP در ورزشکاران به دنبال ورزش داشت، در این ارتباط ترزه و همکاران اثر ۸ هفته تمرین با وزنه و بی‌تمرینی بر بیان پروتئین شوک گرمایی در عضله دو سر بازویی در ۴۰ مرد و زن تمرین نکرده را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از این بود، افرادی که تمرینات با وزنه را با تعداد تکرار بیشتری انجام دادند مقادیر HSP کمتری نسبت به افرادی داشتند که تمرینات با وزنه را با تکرار کمتری انجام داده بودند (۳۵). محققان دلیل کاهش HSP در افرادی که با تکرار بالا تمرین کرده بودند را این‌گونه بیان می‌کنند موقعی که یک عضله به طور پیشرونده‌ای بهتر تمرین می‌کند، کاهش HSP ناشی از مکانیسم‌های تنظیم سلولی بوجود می‌آید. موقعی که افراد تمرین نکرده شروع به تمرین می‌کنند افزایش کاذب در میزان HSP آنها روی می‌دهد که با گذشت زمان و پیشرفت تمرین از میزان آن کاسته خواهد شد. این محققان اظهار داشتند هر قدر میزان تمرین افزایش پیدا کند میزان HSP رقیق‌تر خواهد شد، به نظر محققان HSP دارای مکانیسم خود تنظیمی منفی می‌باشد که توسط سنتز خودش تنظیم می‌شود

Wong HR, Lentsch AB. Role of heat shock protein 70 in hepatic ischemia-reperfusion injury in mice. *Am J Physiol*. 2007;G1141-1149.

8. Zhuang M, Fang Y, Wu LR, Lei DW. Protective effects of metallothionein induced by dexamethasone against ischemia/reperfusion injury of myocardium of isolated rat heart. *Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2008;20(4):223-226.

9. Leu JI, Pimkina J, Frank A, Murphy ME, George DL. A Small Molecule Inhibitor of Inducible Heat Shock Protein 70 (HSP70). *Mol Cell*. 2009;36(1):15-27

10. Ghasemzadeh Khorasani N, Hosseini M, Divkan B, Riyahi Malayeri Sh. Interactive Effect of High Intensity Interval Training with Vitamin E Consumption on the Serum Levels of Hsp70 and SOD in Male Wistar Rats. *Iranian J Nutr Sci Food Technol*. 2019;13(4):21-28.(in Persian)

11. Abdi Hamzehkolai H, Dabidi Roshan V, Hosseinzadeh M. The interactive effects of exercise type and environment temperature on HSP72 in active females. *J Sports Med Phys Fitness*. 2013;53:80-7

12. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*. 81(Suppl). 2002:S52-S69.

13. Liu Y, Lormes W, Wang L, Reissnecker S, Steinacker JM. Different skeletal muscle Hsp70 responses to high intensity strength training and low-intensity endurance training. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(2-3):330-5.

14. Kedia AW, Hofheins JE, Habowski SM, Ferrando AA, Gothard Lopez HL. Effects of a preworkout Supplement on lean mass, muscular performance, subjective workout experience and biomarkers of safety. *Int J Med Sci*. 2014;11:116

15. Dabidi Roshan V, Babaei H, Hosseinzadeh M, Arendt-Nielsen L. The effect of creatine supplementation on muscle fatigue and physiological indices following intermittent swimming bouts. *J Sports Med Phys Fit*. 2013 Jun 1;53:232-9.

16. Bassit R, Curi R, Rosa L C. Creatine supplementation reduces plasma levels of proinflammatory cytokines and PGE2 after a half-ironman competition. *Amino Acids*. 2008;35:425-431.

17. Berzenje P, Dabidi roshan V. Effects of two types of active recovery with and without creatine on inflammatory markers and physical function Young women following maximum swimming positions. *Sci J Kurdistan Univ Med Sci*. 2016:100-112

18. Buchheit M, Al Haddad H, Chivot A, Leprêtre PM, Ahmaidi S, Laursen PB. Effect of in versus out-of-water recovery on repeated swimming sprint performance. *Eur J Appl Physiol* 2010;108:321-327

19. Cazorla G, Dufort C, Cervetti J. The influence of

مدت کراتین داخل و خارج آب متعاقب شنای تناوبی شدید در مردان و زنان لازم است تا نتایج این پژوهش تایید شود.

## نتیجه گیری

بنابراین با توجه به تاثیر مثبت پروتئین های شوک حرارتی در بدن مربیان می توانند از استراتژی مکمل گیری کراتین در طی تمرینات با شدت بالا (HIIT) استفاده کنند. با این وجود هنوز مطالعات بیشتری برای تایید تاثیر مکمل گیری کراتین و ریکاوری بر عملکرد ورزشی نیاز است. هرچند در این پژوهش از تمرینات غیربرونگرایی استفاده شد، اما اثربخشی انواع بازیافت ها به همراه مکمل کراتین و یا بدون آن بر تغییرات شاخص مورد نظر در تحقیق حاضر مشخص نیست و می تواند مورد توجه محققان قرار گیرد. این پژوهش توسط کمیته اخلاق مصوب شورای پژوهشی دانشگاه مازندران با کد اخلاق IR.UZM.REC.1220837 ثبت شده است.

## References

1. Irandoust KH, Taheri M. Effect of a High Intensity Interval Training (HIIT) on Serotonin and Cortisol Levels in Obese Women With Sleep Disorders. *Women's Health Bull*. 2018:1-5.
2. Luan X, Tian X, Zhang H, Huang R, Li N, Chen P, Wang R. Exercise as a prescription for patients with various diseases. *J Sport Health Sci*. 2019;8:422-441.
3. Bloomer, Richard J. The Role of Nutritional Supplements in the Prevention and Treatment of Resistance Exercise-Induced Skeletal Muscle Injury. *Sports Med*. 2007;37(6):519-532.
4. Gjovaag Terje F, Vikne Harald and Dahl Hans A. Effect of concentric or eccentric weight training on the expression of heat shock proteins in m. biceps brachii of very well trained males. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96:355-362
5. Green HJ. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *J Sports Sci*. 1997;15(3):247-56.
6. Arazi H, Garazhian Y. The effects of dietary creatine ethyl ester supplementation and resistance training on the body composition and muscular strength in underweight non-athlete males. *Iranian J Nutr Sci Food Technol*. 2011;6(3):59-66.(in Persian)
7. Kuboki S, Schuster R, Blanchard J, Pritts TA,

active recovery on blood lactate disappearance after supramaximal swimming. In: Hollander P, Huijing P, Groot G (eds) *Biomechanics and medicine in swimming*. Int Series Sport Sci. 1983;14:244–250

20. Abbie E Smith-Ryan, Hannah E Cabre, Joan M Eckerson, Darren G Candow. Creatine Supplementation in Women's Health: A Lifespan Perspective. *Nutrients*. 2021 Mar;13(3):877.

21. Toubekis AG, Douda HT, Tokmakidis SP. Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *Eur J Appl Physiol* 2005;93(5-6):694-700

22.

23. Melissa J. Hopwood, Kenneth Graham, Kieron B. Rooney. Creatine Supplementation and Swim Performance: A Brief Review. *J Sports Sci Med*. 2006 Mar;5(1):10–24

24. Jose Antonio, Darren G. Candow, Scott C. Forbes, Bruno Gualano, Andrew R. Jagim, Richard B. Kreider, Eric S. Rawson, Abbie E. Smith-Ryan, Trisha A. VanDusseldorp, Darryn S. Willoughby, Tim N. Ziegenfuss. Common questions and misconceptions about creatine supplementation: what does the scientific evidence really show?. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18:13.

25. Melissa J. Hopwood, Kenneth Graham, Kieron B. Rooney. Creatine Supplementation and Swim Performance: A Brief Review. *J Sports Sci Med*. 2006 Mar;5(1):10–24

26. Ellis KJ, Bell SJ, Chertow GM, Chumlea WC, Knox TA, Kotler DP, Lukaski HC, Schoeller DA. Bioelectrical impedance methods in clinical research: a follow-up to the NIH Technology Assessment Conference. *Nutrition*. 1999 Nov 1;15(11-12):874-80.

27. Ben J Lee, Emma L Emery-Sinclair, Richard WA Mackenzie, Afthab Hussain, Lee Taylor, Rob S James, C Douglas Thake. The impact of submaximal exercise during heat and/or hypoxia on the cardiovascular and monocyte HSP72 responses to subsequent (post 24 h) exercise in hypoxia. *Extrem Physiol Med*. 2014;3:15.

28. Taylor L, Midgley AW, Christmas B, Hilman AR, Madden LA, Vince RV, McNaughton LR. Daily hypoxia increases basal monocyte HSP72 expression in healthy human subjects. *Amino Acids*. 2011 Feb;40(2):393-401.

29. Daniel J. Peart a, Lars R. McNaughton a, c, Adrian W. Midgley a, Lee Taylor a, Christopher Towlson, Leigh A. Madden, Rebecca V. Vince. Pre-exercise alkalosis attenuates the heat shock protein 72 response to a single-bout of anaerobic exercise. *J Sci Med Sport*. 14. 2011;435–440.

30. Shirinbayan V, Dabidi Roshan V, Mahjoub S. The Therapeutic Effect of Endurance Training on Adriamycin-induced Cardiac Stress in Rats. *Iran J Health Physic Act*. 2013;4(2):8-17.

31. Smuder A J, Morton A B, Hall S E, Wiggs M P,

Ahn B, Wawrzyniak N R, Sollanek K J, Min K, Kwon O S, Nelson W B, Powers S K. Effects of exercise preconditioning and HSP72 on diaphragm muscle function during mechanical ventilation. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019;10:767–781.

32. Young-Oh Shin, Jae-Keun Oh, Hyun-Sik Sohna, Jun-Sang Bae, Mi-Young Lee, Jeong-Beom Lee, Hun-Mo Yang, Young-Ki Min, Ho-Yeon Song, Kwang-Kyune Ko, Takaaki Matsumoto. Expression of exercise-induced HSP70 in long-distance runner's leukocytes. *J Thermal Biol*. 2004;29:769–774.

33. Liu Yuefei , Lormes Werner , Wang Liangli , Reissnecker Susanne and Steinacker Jürgen M. Different skeletal muscle HSP70 responses to high-intensity strength training and low-intensity endurance training. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:330-335.

34. James P. Morton, Don P. M. MacLaren, Nigel T. Cable, Thomas Bongers, Richard D. Griffiths, Iain T. Campbell, Louise Evans, Anna Kayani, Anne McArdle, and Barry Drust. Time course and differential responses of the major heat shock protein families in human skeletal muscle following acute nondamaging treadmill exercise. *J Appl Physiol*. 2006;101:176-182.

35. Noble E G., Shen G X. Impact of Exercise and Metabolic Disorders on Heat Shock Proteins and Vascular Inflammation. *Autoimmune Dis*. 2012;ID 836519:1-13.

36. Catherine G. Ratzin Jackson. *Nutr Strength Athlete*. 2001;8493–898.

37. Bird S P. Creatine Supplementation And exercise performance: A brief review. *J Sports Sci Med*. 2003;2:123-132.

38. Forbes SC, Candow DG, Smith-Ryan AE, Hirsch KR, Roberts MD, VanDusseldorp TA, et al. Supplements and Nutritional Interventions to Augment High-Intensity Interval Training Physiological and Performance Adaptations—A Narrative Review. *Nutrients*. 2020;12(390):1-22.

39. Yazdankhah S, Majidi S, Hasan Adel S M, Nikjoofar T, khaled Hamid Kardoni, A. Comparison of the Exercise Training on the Echocardiographic Finding between Elite Female and Male Professional Athletes. *Jundishapur Sci Med J*. 2016;14(6):613-621.