پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷
ص ص : ۱۱۰- ۹۹

# تأثیر فعالیت ورزشی تناوبی شدید در آب و خشکی بر فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی و التهابی در ورزشکاران مرد اسکواش

**مهدی کیانی[۱] – فرزانه تقیان*[۲]**

***۱.مهدی کیانی، کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)،اصفهان، ایران ۲. فرزانه تقیان، دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان ایران***

**(تاریخ دریافت : ۱۲ / ۱۲ / ۱۳۹۶، تاریخ تصویب : ۱۴ / ۰۵ / ۱۳۹۷**

**چکیده**

**هدف از تحقیق حاضر مقایسهٔ تأثیر فعالیت ورزشی تناوبی شدید در آب و خشکی بر برخی از فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی و التهابی در ورزشکاران مرد اسکواش بود. به این منظور ۲۴ بازیکن اسکواش ( سن ۴/۰۵±۲۳/۹۰ سال، قد ۶/۴۰±۱۷۶/۴۶سانتی‌متر و وزن ۷/۳۵±۷۴/۸۰ کیلوگرم) که دارای ۳ سال عضویت باشگاهی و فعالیت مستمر ورزشی بودند، به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرین در آب (۱۲ نفر) و تمرین در خشکی (۱۲ نفر) تقسیم شدند. سپس برنامهٔ تمرین تناوبی شدید (HIT) در آب و خشکی با شدت ۸۰ تا ۹۰ در صد ماکزیمم ضربان قلب در قالب ۸ تمرین و در دو بخش ۴ دقیقه‌ای و به مدت یک جلسه انجام گرفت. در هر دو گروه تمرین در آب و تمرین در خشکی نمونهٔ خونی، قبل و بلافاصله پس از تمرین تناوبی شدید در آب و خشکی به‌منظور اندازه‌گیری سطوح اینترلوکین ۶، پروتئین واکنشی C، اسید اوریک و بیلی‌روبین تام گرفته شد. برای محاسبهٔ نتایج از آزمون t همبسته و t دو نمونهٔ مستقل استفاده شد. کلیهٔ نتایج در سطح P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در مقایسهٔ بین‌گروهی در مورد سطح سرمی اینتر لوکین۶ (P=۰/۱۸)، بیلی‌روبین (P=۰/۱۵) و اسید اوریک (P=۰/۱۴) تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین در آب و تمرین در خشکی مشاهده نشد، اما در مورد پروتئین واکنش‌دهندهٔ C (P=۰/۰۲) تفاوت بین دو گروه معنادار بود. یافته‌ها نشان داد که یک جلسه تمرین HIT در آب به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی آب می‌تواند بر کاهش سطح CRP در بازیکنان اسکواش مؤثر باشد.**

**واژه‌های کلیدی**

**آب و خشکی، آنتی‌اکسیدانی، اسکواش، تمرین، فاکتور التهابی.**

*- نویسنده مسئول : تلفن: ۰۹۱۳۳۰۸۰۲۴۱

Email : F_taghian@yahoo.com

**مقدمه**

یکی از رشته‌های ورزشی که بازیکنان تحت فشار تمرینی و رقابتی‌اند، اسکواش[1] است. موفقیت در این ورزش اساساً به مهارت‌های بدنی بستگی دارد که خود به فعالیت عضلانی شدید نیاز دارد. تجزیه‌وتحلیل نیازهای حرکتی اسکواش نشان می‌دهد که این ورزش فعالیت تناوبی با شدت بالا و جابه‌جایی‌های انفجاری و کوتاه‌مدت است و برای حفظ آمادگی جسمانی در این ورزش چه در مرحلهٔ پیش‌فصل و چه در مرحلهٔ مسابقه نیاز به تمرینات با شدت بالا ضروری به‌نظر می‌رسد (۱)، اما فشار زیاد در این‌گونه تمرینات موجب افت عملکرد بدنی ورزشکار خواهد شد. افت عملکرد ممکن است زودگذر باشد یا چند ساعت یا چند روز ادامه یابد. افت عملکرد طولانی‌مدت احتمالاً به‌دلیل تضعیف وضعیت آنتی‌اکسیدانی و التهابی است (۲). در سال‌های گذشته ارتباط مهمی بین فعالیت انقباض عضله و تغییرات ایمنی به‌وجود آمده و این تصور که ورزش موجب تحریک در افزایش سایتوکین‌ها می‌شود، به اثبات رسیده است. در بین تحقیقات بیست سال گذشته اثبات شده است که تمرین موجب تغییرات چشمگیری در سیستم ایمنی می‌شود و اینکه سایتوکین‌ها در تنظیم تغییرات متابولیکی ناشی از تمرین نقش بسزایی دارند (۳). در فرایند التهاب بسیاری از سایتوکین‌ها از جمله اینترلوکین-۶ (IL-6) و پروتئین واکنشگر C (CRP) شناخته‌شده‌اند (۴). اینترلوکین ۶ به‌دلیل ماهیت گیرنده‌های خود اثر متفاوتی در انواع سلول‌ها دارد. در بیشتر سلول‌ها نقش پیش‌التهابی از خود نشان می‌دهد، اما در بعضی بافت‌ها ممکن است موجب اختلال در عملکرد TNF-α نیز شود که نقش ضدالتهابی ایفا می‌کند (۵). یکی دیگر از سایتوکین‌ها که در فرایند التهاب دخیل است، پروتئین واکنشگر c است. مولکول CRP یک پروتئین سرمی فاز حاد است که توسط کبد تولید می‌شود. این ماده بهترین جزء پاسخ سندروم التهابی و رایج‌ترین شاخص مورد استفاده برای شناسایی شرایط التهاب مانند عفونت، بیماری‌های التهابی و بدخیمی‌ها در بدن است (۶). یکی از روش‌های بهبود اجرا، تمرینات تناوبی شدیدHIIT است که رویکردی مؤثر برای بهبود ظرفیت‌های سیستم‌های هوازی و بی‌هوازی در کوتاه‌مدت است (۷). نشان داده شده است سازوکار این‌گونه تمرینات به این شرح است که یک وهله فعالیت شدید نیاز به میزانی از بازسازی ATP از هر یک از دستگاه‌های انرژی دارد (۸). حال با افزایش تواتر تکرارهای شدید و اجرای آن به‌صورت متناوب با بازگشت به حالت اولیه بین وهله‌های فعالیت، نیاز سلول عضلانی و مسیرهای متابولیکی را تغییر می‌دهد، به‌گونه‌ای که همزمان دستگاه‌های تولید انرژی هوازی و بی‌هوازی را درگیر بازسازیATP می‌کند (۹). انرژی موردنیاز زیستی از طریق فرایند متابولیسم هوازی فراهم می‌شود، اما در کنار این فرایند متابولیکی، محصولات مخرب فرعی خطرناکی نیز شامل رادیکال‌های آزاد تولید می‌شوند. در حین تمرین ورزشی متناسب با زمان و مسافت اجرا، اکسیژن ۱۲ تا ۴۲ برابر افزایش می‌یابد و جریان اکسیژن به سمت عضلات فعال تا ۱۲۲برابر و متابولیسم آنها تا ۴۲۲ برابر افزایش می‌یابد (۱۰). بنابراین، انتظار می‌رود که تولید گونه‌های رادیکالی در حین فعالیت ورزشی نسبت به استراحت افزایش یابد. استرس اکسیداتیو همان غلبهٔ رادیکال‌های آزاد بر دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن است و به‌نوعی به‌عنوان عامل برهم‌زنندهٔ تعادل میان تولید رادیکال‌های آزاد و دفاع‌های آنتی‌اکسیدانی تعریف می‌شود (۱۱). اسید اوریک از آنتی‌اکسیدآن‌های غیرآنزیمی است و عملکرد آن به‌عنوان پاک‌کنندهٔ مهم رادیکال‌های آزاد موجود در پلاسما مورد تأکید قرار گرفته است (۱۰). اسید اوریک و

1. squash

بیلی‌روبین دو آنتی‌اکسیدان اصلی در جریان خون‌اند که با ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی ارتباط معناداری دارند (۱۳،۱۲).

با توجه به تأثیرات تمرینات HIT، تمرین‌های تناوبی شدید (HIT) در آب و خشکی مورد توجه قرار می‌گیرند. HIT به وهله‌های تکراری با فعالیت‌های تناوبی به نسبت کوتاه با شدت تمام یا شدتی نزدیک به شدتی که حداکثر اکسیژن مصرفی به‌دست می‌آید، نسبت داده می‌شود. با توجه به شدت تمرینات، یک تلاش HIT ممکن است چند ثانیه تا چندین دقیقه طول بکشد و با وهله‌های گوناگون به‌وسیلهٔ چند دقیقه استراحت یا فعالیت با شدت کم از هم جدا می‌شوند (۱۳). مطالعات انجام‌گرفته نشان می‌دهند که تمرینات در محیط آبی مشابه با تمرینات در خشکی نتایج مشابهی را در پی دارد، اما میزان کوفتگی عضلانی و احتمال آسیب‌دیدگی در این تمرینات نسبت به تمرینات در خشکی کمتر است (۱۴). البته روش تمرینی موجود در این تحقیقات بیشتر از نوع پلایومتریک هستند و در زمینهٔ تمرینات HIT مطالعات زیادی مشاهده نشد.

در پژوهشی لاوانات[1] و همکاران به مقایسهٔ میزان تأثیر تمرینات پلیومتریک در آب و خشکی بر پرش عمودی پرداختند، پروتکل تمرینی به‌صورت مشابه برای هر دو دروه در آب و خشکی به‌صورت دو جلسه در هفته و به مدت ده هفته برنامه‌ریزی شد. میزان پرش عمودی پس از ده هفته نسبت به گروه کنترل معنادار بود، ولی تفاوت معناداری در میزان پرش عمودی بین دو گروه مشاهده نشد. نتایج حاکی از این بود که با وجود پیشرفت یکسان، استرس و فشار ناشی تمرینات در طول تحقیق در گروه تمرین در آب کمتر بود (۱۵). یکی از مطالعات انجام‌گرفته در خصوص تمرینات HIT در آب و خشکی را ایوبی در سال ۱۳۹۵ انجام داد. هدف از این پژوهش مقایسهٔ فعالیت تداومی با شدت بالا در آب و تناوبی با شدت بالا در خشکی بر سطوح آیریزین سرمی در زنان فعال بود که به‌صورت تصادفی در سه گروه کنترل، تمرین تداومی با شدت بالا در آب، تمرین تناوبی با شدت بالا در خشکی قرار انجام گرفت. نتایج نشان داد هشت هفته تمرین تداومی با شدت بالا در آب می‌تواند سبب افزایش بیشتر آیریزین در زنان فعال در مقایسه با تمرین تناوبی شدید در خشکی شود (۱۶). شافر[2] در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک در آب و خشکی بر توان انفجاری، چابکی و کوفتگی عضلانی در پسران دانشجو پرداخت.

نتایج نشان داد که گروه خشکی نسبت به گروه تمرین در آب در کوفتگی عضلانی اختلاف معناداری داشت، اما اختلاف معناداری در توان و چابکی بین دو گروه مشاهده نشد (۱۷). همچنین میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی مقایسهٔ اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی بر ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، بیلی‌روبین و اسید اوریک خون بین مردان سالمند ورزشکار و غیرورزشکار پرداختند.

نتایج نشان داد که فعالیت مقاومتی تغییر معناداری در هیچ‌یک از شاخص‌های مورد مطالعه ایجاد نکرد، اما مقادیر پایهٔ بیلی‌روبین تام و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی به‌طور غیرمعناداری در گروه ورزشکار بالاتر بود (۱۸). در نتیجه نیاز به یک روش تمرینی جهت بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی و التهابی، در بازیکنان اسکواش ضروری به‌نظر می‌رسد. ازاین‌رو، با توجه به نتایج متناقض و دسترسی نداشتن به مطالعات مدون در زمینهٔ تأثیرات احتمالی تمرین HIT در آب و خشکی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و التهابی ناشی از انجام تمرینات با شدت بالا در رشتهٔ ورزشی اسکواش، پژوهش حاضر به مقایسهٔ یک جلسه تمرین HIT در آب و خشکی بر برخی از

1. Lavanat

2. Shaffer

فاکتورهای وضعیت آنتی‌اکسیدانی و التهابی در ورزشکاران مرد اسکواش می‌پردازد.

**مواد و روش‌ها**

این تحقیق به‌صورت نیمه‌تجربی با دو گروه تجربی به‌صورت پیش‌آزمون پس‌آزمون انجام گرفت. ۲۴ نفر از بازیکنان مرد اسکواش به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی ساده به دو گروه تمرین در آب (۱۲ نفر) و تمرین در خشکی (۱۲ نفر) تقسیم شدند. شرایط ورود به مطالعهٔ آزمودنی‌ها شامل داشتن سه سال سابقهٔ فعالیت در رشتهٔ اسکواش، داشتن حداقل سه جلسه تمرین در هفته، عدم ابتلا به هر گونه بیماری عفونی و ایمنی، عصبی عضلانی(مثل دیستروفی، کاشکسیا)، التهابی، قلبی-عروقی، تیروئید، چاقی و... بود. همچنین هیچ‌یک از آزمودنی‌ها تحت درمان با مصرف داروهایی مانند هورمون‌های آنابولیک، مکمل‌های غذایی ( اسید آمینه، کراتین، آنتی‌اکسیدآن‌ها، مولتی‌ویتامین‌ها و داروهای التهابی) نبودند. آزمودنی‌های آسیب‌دیده و همچنین مبتلا به سرماخوردگی حذف شدند. همچنین از عدم مصرف مشروبات الکی و استعمال دخانیات در چند روز منتهی به اجرای تحقیق اطمینان لازم حاصل شد. از ملاک‌های خروج از مطالعه می‌توان به بروز و تشخیص هر گونه بیماری توسط پزشک در روز آزمون، ضعف جسمانی، آسیب‌دیدگی و عدم تنظیم فشار خون و تپش قلب در روز آزمون اشاره کرد. یک هفته پیش از مراحل تمرین و خون‌گیری، جلسات توجیهی برای آزمودنی‌ها برگزار شد.

پیش از شروع پژوهش از آزمودنی‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی شرکت در آزمون، پرسشنامه‌های اطلاعات فردی و سابقهٔ پزشکی گرفته شد. به‌منظور کنترل تأثیر مواد غذایی بر نتایج به‌دست‌آمده، به آزمودنی‌ها توصیه شد رژیم غذایی معمول خود را طی دورهٔ پژوهش حفظ کنند. ویژگی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱. مشخصات عمومی آزمودنی‌ها**

| متغیر | انحراف معیار± میانگین |
|---|---|
| **سن (سال)** | ۲۳/۹۰±۴/۰۵ |
| **وزن بدن (کیلوگرم)** | ۷۴/۸۰±۷/۳۵ |
| **قد (سانتی‌متر)** | ۱۷۶/۴۶±۶/۴۰ |
| **شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم/متر مربع** | ۲۴/۱۶±۳/۰۵ |

**اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک**

قد آزمودنی‌ها بدون کفش توسط قدسنج سکا ساخت آلمان با دقت یک میلی‌متر برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن بدن، شاخص تودهٔ بدنی و درصد چربی آزمودنی‌ها از ترازوی دیجیتال آنالیز امرن BF212 (برحسب کیلوگرم ) با دقت ۱۰۰ گرم، ساخت ژاپن استفاده شد.

اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی: خون‌گیری در دو مرحله، قبل از شروع فعالیت ورزشی (پیش‌آزمون) و بلافاصله پس از فعالیت ورزشی و هر بار به مقدار ۵ میلی‌لیتر در وضعیت نشسته از ورید قدامی دست چپ آزمودنی‌ها انجام گرفت. خون گرفته‌شده در لوله‌های استریل وارد شده و سپس با روش سانتریفیوژ ( به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه) سرم از پلاسما جدا شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها در مرحلهٔ پس‌آزمون و مطابق پیش‌آزمون، کلیهٔ آزمایش‌های لازم در همان روز در آزمایشگاه طبق پروتکل مربوطه اجرا شد. برای اندازه‌گیری سطح اینترلوکین۶ از کیت اورجنیم ساخت فنلاند به روش ارزیابی الایزا و

پروتئین واکنش‌دهندۀ C با استفاده از کیت مخصوص آن مربوط به شرکت پارس آزمون ساخت ایران به روش ایمونوتوربیدیمتریک اندازه‌گیری شد.

برای تعیین سطح سرمی اسید اوریک خون از کیت Uric Acid ساخت شرکت DiaSys Diagnostic Systems آلمان استفاده شد. همچنین برای تعیین سطح سرمی بیلی‌روبین تام از کیت Bilirubin(Total) ساخت شرکت Systems DiaSys Diagnostic آلمان استفاده شد. برای تعیین ضربان استراحت آزمودنی‌ها در شرایط استراحت در حالت نشسته بر روی صندلی به مدت ۵ دقیقه قرار گرفتند، سپس ضربان استراحت توسط ضربان‌سنج پولار که به مچ دست افراد بسته شده بود، اندازه‌گیری شد. در طول تمرین تعداد ضربان قلب تمرین آزمودنی‌ها در محدودۀ ۸۰ تا ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب مشخص شد که به‌وسیلۀ ضربان‌سنج پولار به‌طور دقیق کنترل شد. از هر دو گروه ابتدا نمونۀ خونی گرفته شد. سپس گروه تمرین در آب به اجرای تمرینات HIT در آب پرداختند و گروه تمرین در خشکی تمرینات HIT را در خشکی انجام دادند. بلافاصله پس از اتمام فعالیت ورزشی در هر دو گروه، نمونۀ خونی دوم گرفته شد.

برنامۀ تمرینی: در روز اجرای تحقیق از ۲۴ آزمودنی مرد رشتۀ اسکواش که شرایط موردنظر برای شرکت در تحقیق را داشتند و از سلامتی و عدم کوفتگی و گرفتگی عضلانی آنها اطمینان لازم حاصل شد، برای حضور در استخر محل اجرای پروتکل تمرینی دعوت به‌عمل آمد. در این مطالعه از دو پروتکل تمرینی یکسان، با پیروی از الگوی TABATA به‌عنوان تمرین دایره‌ای شدید در آب و خشکی استفاده شد. TABATA از انواع تمرینات HIT کم‌حجم است. یک محقق ژاپنی به نام ایزومی تاباتا و گروه پژوهشگران مؤسسۀ ملی فیتنس و ورزش در توکیو (۱۹۹۶) گونه‌ای از تمرینات HIIT را معرفی کردند که در آنها تمرین با حداکثر شدت در ست‌های ۲۰ ثانیه‌ای با فواصل ۱۰ ثانیه‌ای انجام می‌گیرد. پس از مرحلۀ سنجش ضربان استراحت آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه آب و خشکی به‌طور مساوی تقسیم شدند. سپس ده دقیقه فرصت گرم کردن و انجام حرکات کششی در محیط در نظر گرفته‌شده برای آنها به ایشان داده شد.

آزمودنی‌ها درون آب در عمقی تا قفسۀ سینه تمرینات را انجام دادند و به‌همراه آزمودنی‌ها در خشکی آمادۀ فرمان هادی شدند. شروع و توقف تمامی زمان‌ها توسط هادی انجام گرفت و آزمودنی‌ها موظف بودند تا فرمان بعدی هادی به فعالیت حداکثری یا توقف ادامه دهند. این پروتکل شامل فعالیت در قالب هشت فعالیت ورزشی با شدت حداکثر در دو بخش چهاردقیقه‌ای بود که هر بخش به چهار وهلۀ یک‌دقیقه‌ای تقسیم شد. در هر بخش چهار تمرین مختلف در چهار وهلۀ پشت سر هم اجرا شد. هر تمرین در هر وهله با حداکثر شدت به مدت ۲۰ ثانیه انجام گرفت و پس ۱۰ ثانیه وقفه دوباره تکرار شد. تمرین بعدی نیز پس از ۱۰ ثانیه وقفه در یک دقیقۀ بعدی مانند وهلۀ اول انجام گرفت. دو بخش به‌وسیلۀ یک دقیقه استراحت غیرفعال از یکدیگر جدا شد. برنامۀ فعالیت ورزشی تناوبی شدید به مدت یک جلسه و با شدت ۸۰ تا ۹۰ در صد ماکزیمم ضربان قلب در آب و خشکی طبق جدول ۲ انجام گرفت. ضربان آزمودنی‌ها به‌وسیلۀ ضربان‌سنج پولار به‌طور دقیق در حین تمرین اندازه‌گیری شد. پروتکل تمرینی در داخل استخر درون آب در عمق ۱/۱ تا ۱/۳ متر و در حاشیۀ کنار استخر در فضای ایمن‌شده به‌وسیلۀ تاتامی‌های به ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر انجام گرفت.

**جدول ۲. زمان‌بندی پروتکل تمرین HIT**

| | تمرینات بخش اول | فعالیت | توقف | فعالیت | | تمرینات بخش دوم | فعالیت | توقف | فعالیت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | زانو بلند | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه | ۵ | پروانه زدن | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه |
| | | ۱۰ ثانیه توقف | | | | ۱۰ ثانیه توقف | | | |
| ۲ | اسکی | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه | ۶ | دویدن درجا سرعتی | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه |
| | | ۱۰ ثانیه توقف | | | | ۱۰ ثانیه توقف | | | |
| ۳ | لانگ پرشی تناوبی | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه | ۷ | پرش به طرفین | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه |
| | | ۱۰ ثانیه توقف | | | | ۱۰ ثانیه توقف | | | |
| ۴ | رژه | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه | ۸ | لانگ پرشی + پرش با زانوی خم | ۲۰ ثانیه | ۱۰ ثانیه | ۲۰ ثانیه |

یک دقیقه استراحت

## روش آماری

برای مقایسهٔ درون‌گروهی از آزمون t همبسته و به‌منظور مقایسهٔ بین دو گروه از t مستقل استفاده شد.

نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف تعیین شد. کلیهٔ عملیات آماری توسط نرم‌افزارSPSS نسخهٔ ۲۱ و در سطح معناداری کوچک‌تر از ۰/۰۵محاسبه شد.

## یافته‌ها

در جدول ۲ اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف معیار متغیرهای اندازه‌گیری‌شده قبل و بعد از یک جلسه تمرین در آب و خشکی ارائه شده است.

**جدول ۲. میانگین و انحراف معیار(±)متغیرهای پژوهش**

| متغیر | مراحل | تمرین در آب | تمرین در خشکی | Pبین‌گروهی |
|---|---|---|---|---|
| | | انحراف معیار±میانگین | انحراف معیار±میانگین | |
| اینترلوکین ۶ (pg /ml) | پیش‌آزمون | ۷/۱۵±۱/۹۴ | ۵/۹۸±۱/۸۵ | ۰/۱۸ |
| | پس‌آزمون | ۹/۷۰±۲/۴۰ | ۸/۷۰±۲/۲۶ | |
| | P درون‌گروهی | $\hat{\mathbf{Y}}$۰/۰۰ | $\hat{\mathbf{Y}}$۰/۰۰ | |
| CRP (mg /l) | پیش‌آزمون | ۳/۹۰±۲/۹۷ | ۳/۱۸±۰/۸۹ | ❋۰/۰۲ |
| | پس‌آزمون | ۵/۱۶±۱/۶۰ | ۳/۲۷±۰/۹۳ | |
| | P درون‌گروهی | ۰/۲۶ | ۰/۸۱ | |
| بیلی روبین (mg /dl) | پیش‌آزمون | ۰/۹۰±۰/۴۵ | ۱/۰۳±۰/۳۹ | ۰/۱۵ |
| | پس‌آزمون | ۱/۶۵±۱/۳۱ | ۰/۷۹±۰/۴۳ | |
| | P درون‌گروهی | ۰/۱۵ | ۰/۰۷ | |
| اسید اوریک (mg /dl) | پیش‌آزمون | ۱۳/۶۹±۲۰/۵۲ | ۶/۱۲±۰/۷۱ | ۰/۱۴ |
| | پس‌آزمون | ۸/۷۰±۱/۷۰ | ۶/۷۱±۰/۷۴ | |
| | P درون‌گروهی | ۰/۴۷ | $\hat{\mathbf{Y}}$۰/۰۱ | |

مقادیر به‌صورت انحراف معیار ±میانگین نشان داده شده‌اند

❋ آزمون t دو نمونه مستقل تغییرات بین‌گروهی معنادار است (۰/۰۵).

$\hat{\mathbf{Y}}$ آزمون t وابسته تغییرات درون‌گروهی معنادار است (۰/۰۵).

با توجه به جدول ۲، نتایج تحقیق نشان داد که سطح معناداری اینترلوکین ۶، پروتئین واکنش‌دهندۀ C، اسید اوریک و بیلی‌روبین در گروه تمرین در آب برای اینترلوکین ۶ (P=۰/۰۰)، پروتئین واکنش‌دهندۀ C (P=۰/۲۶)، اسید اوریک (P=۰/۴۷) و بیلی‌روبین (P=۰/۱۵) مشاهده شد. در گروه تمرین در خشکی برای اینترلوکین۶ (P=۰/۰۰)، پروتئین واکنش‌دهندۀ C (P=۰/۸۱)، اسیداوریک (P=۰/۰۱) و بیلی‌روبین (P=۰/۰۷) مشاهده شد که نشان داد یک جلسه تمرین HIT در خشکی و آب بر سطح اینترلوکین ۶ و در خشکی بر سطح اسید اوریک تأثیر معنادار دارد، اما بین دو گروه تجربی بر سطح اینترلوکین ۶ (P=۰/۱۸)، اسید اوریک (P=۰/۱۴) و بیلی‌روبین (P=۰/۱۵) تفاوت معناداری مشاهده نشد، درحالی‌که تفاوت معناداری بین دو گروه تجربی بر سطح پروتئین واکنش‌دهندۀ C (P=۰/۰۲) مشاهده شد (P≤۰/۰۵).

## بحث

نتایج تحقیق حاضر در مقایسۀ درون‌گروهی نشان داد که سطح اینترلوکین ۶ در گروه برنامۀ فعالیت ورزشی تناوبی شدید در آب و تمرین در خشکی افزایش معناداری یافت، اما در مقایسۀ بین‌گروهی تغییرات معناداری نشان داده نشد. در مورد متغیرCRP در مقایسۀ درون‌گروهی تغییرات در گروه فعالیت ورزشی تناوبی شدید در آب و تمرین در خشکی معنادار نبود، اما مقایسۀ تغییرات بین‌گروهی معنادار است. فشار مکانیکی- متابولیکی ناشی از انجام فعالیت ورزشی ممکن است با فعال‌سازی عامل نسخه‌برداری کاپابی (NF-kB) و افزایش سایر عوامل پیش‌التهابی مانند عامل نکروز آلفا و اینترلوکین-۶ عضلانی و خارج‌سلولی و پروتئین واکنشیC تولیدی کبد شود (۱۹). افزایش اینترلوکین ۶ ممکن است ریشه در آسیب‌های ماکروفاژها داشته باشد. همچنین می‌توان به تخلیۀ گلیکوژن کبدی اشاره کرد. افزایش میزان اینترلوکین ۶ بعد از فعالیت ورزشی احتمالاً به‌سبب تغییر تعداد مونوسیت‌هاست (۲۰). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق ترتیبیان و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی دارد. آنها نشان دادند یک جلسه فعالیت ورزشی تناوبی شدید می‌تواند سطح اینترلوکین ۶ را در زنان ورزشکار افزایش دهد (۲۱). از عوامل احتمالی همخوانی نتایج این تحقیق با تحقیق حاضر، می‌توان به سطح بالای آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها در تحقیق اشاره کرد. مطالعات نشان می‌دهد سطح آمادگی جسمانی و تودۀ عضلانی در تغییرات اینترلوکین ۶ ناشی از تمرین مؤثر است (۲۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد افراد ورزشکار و فعال که به‌طور مستمر در فعالیت‌های ورزشی شرکت دارند، از سطح پایین‌تر یا تقریباً مشابهی از سایتوکاین‌های اینترلوکین ۶ در مقایسه با افراد کم‌تجربه برخوردارند (۲۲). ریهمانه و همکاران (۲۰۱۳) نیز به یافته‌های تقریباً مشابهی دست یافتند. آنها نشان دادند که یک جلسه تمرین شدید بر روی عضلات پا موجب افزایش معناداری در سطح اینترلوکین ۶ می‌شود (۲۳). سازوکارهای ترشح اینترلوکین ۶ هنگام ورزش پیچیده است. عضلۀ اسکلتی در حال انقباض، منبع اصلی اینترلوکین ۶ در گردش در پاسخ به ورزش است. در عضلۀ اسکلتی در حال استراحت محتوای mRNA اینترلوکین ۶ بسیار پایین است؛ با این حال مقادیر اندکی از اینترلوکین ۶ قابل اندازه‌گیری در پاسخ به ورزش است. در پاسخ به ورزش، افزایش اینترلوکین ۶ عضلۀ اسکلتی در حال انقباض ۳۰ دقیقه پس از ورزش دیده می‌شود و افزایش ۱۰۰ برابری mRNA اینترلوکین ۶ ممکن است در پایان دورۀ ورزش دیده شود (۲۴). تمرین HIT در آب به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی از جمله اثرات فشار هیدرواستاتیک بر بدن موجب افزایش جابه‌جایی جریان مایعات بدن از محیط به مرکز و افزایش در جابه‌جایی

سوبسترا، برون‌ده قلبی،کاهش ضربان قلب و افزایش مایع برون‌سلولی می‌شود. این تغییرات موجب افزایش بازگشت مواد حاصل از متابولیسم و افزایش پتانسیل بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت شدید می‌شود (۲۵).

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق گایینی و همکاران (۱۳۹۰) (۲۶) در مورد افزایش CRP پس از فعالیت شدید مخالف بود. در تحقیق گایینی تأثیر یک جلسه فعالیت شدید بر سطح CRP زنان لاغر، معمولی و چاق بررسی شد. افزایش در گروه چاق بیشتر از دیگر گروه‌ها بود. دلیل بالاتر بودن این فاکتور در گروه چاق را در اختلاف میزان چربی دانست. به‌نظر می‌رسد پاسخ التهابی در سلول‌های چربی شروع می‌شود. از سازوکارهای فعال شدن مسیرهای التهابی با افزایش تودهٔ چربی، افزایش گیرندهٔ استرس و سازوکار استرس اکسیداتیو در افراد چاق است (۲۷). همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق شجاعی و همکاران (۱۳۹۱) (۱۹ ) که به بررسی پاسخ آزمون آستراند بر سطح CRP سرم مردان غیرفعال پرداخته بود، مخالف است. از دلایل احتمالی مخالفت با نتایج تحقیق حاضر می‌توان به نوع آزمودنی‌ها اشاره کرد. سطح آمادگی جسمانی با افزایش سطح CRPپس از فعالیت ورزشی رابطه دارد (۲۲). بازیکنان اسکواش از سطح آمادگی جسمانی بالاتری نسبت به مردان غیرفعال برخوردار بودند.

CRP از پروتئین‌های فاز حاد است که در حین عفونت، آسیب بافتی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. اغلب از طریق کبد در پاسخ به میانجی‌های التهابی خونی ساخته و در خون ترشح می‌شود. به‌دنبال فعالیت بدنی تولید سایتوکین‌ها التهابی مانند CRP افزایش می‌یابد. در کل، رهایش سیتوکین‌های پیش‌التهابی به‌ویژه عامل نکروز توموری آلفا، اینترلوکین یک و اینترلوکین ۶ در حین و پس از ورزش‌های برون‌گرا و غیرمرسوم یک واکنش التهابی را ایجاد می‌کند. یکی از مهم‌ترین سایتوکین‌های پیش‌التهابی مؤثر بر التهاب ناشی از فعالیت سنگین، عامل نکروز توموری آلفاست (۲۸). عامل نکروزتوموری آلفا بیشتر توسط لنفوسیت‌های تی فعال ساخته می‌شود. فعالیت اصلی آن تأثیر روی آندوتلیوم، گلبول‌های سفید خون محیطی، فیبروبلاست‌ها و القای واکنش‌های مرحلهٔ حاد التهاب است. عامل نکروز توموری آلفا سبب تجمع و آماده‌سازی نوتروفیل‌ها شده و موجب ترشح آنزیم‌های پروتئولیتیک از سلول‌های مزانشیمی و تخریب بافتی می‌شود. از طرفی، افزایش سطوح عامل نکروز توموری آلفا و اینترلوکین یک بتا در ورزشکارانی که در فعالیت‌های طولانی همراه با تحمل فشار شرکت می‌کنند، با غلظت بالای سایر عوامل التهابی و آسیب عضلانی مثل پروتئین واکنش‌گر C همراه است (۲۲).

نتایج تحقیق حاضر در مقایسهٔ درون‌گروهی نشان داد که سطح بیلی‌روبین در گروه تمرین در آب (P=۰/۱۵) و تمرین در خشکی (P=۰/۰۷) تغییر معناداری نشان نداد. همچنین در مقایسهٔ بین‌گروهی تغییرات معنادار نبود (P=۰/۱۵). در مورد متغیر اسید اوریک در مقایسهٔ درون‌گروهی تغییرات در گروه تمرین در آب (P=۰/۴۷) غیرمعنادار و تمرین در خشکی (P=۰/۰۱) معنادار بود و مقایسهٔ تغییرات بین‌گروهی غیرمعنادار است (P=۰/۱۴).

میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به مقایسهٔ اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی بر ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، بیلی‌روبین و اسید اوریک خون بین مردان سالمند ورزشکار و غیرورزشکار پرداختند (۱۳). فعالیت مقاومتی تغییر معناداری در هیچ‌یک از شاخص‌های مورد مطالعه ایجاد نکرد، اما مقادیر پایهٔ بیلی‌روبین تام و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی به‌طور غیرمعناداری در گروه ورزشکار بالاتر بود. نتایج این تحقیق با تحقیق حاضر موافق بود. مطالعات حاکی از آن است که تغییر بیلی‌روبین نیاز به تمرینات

بلندمدت دارد (۱۳). ازاین‌رو هم در مطالعهٔ میرزایی و هم تحقیق حاضر فعالیت ورزشی یک‌جلسه‌ای بوده است.

شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) اثر مصرف کوتاه‌مدت HMB و کراتین بر شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی در افراد تمرین‌کرده پس از فعالیت مقاومتی حاد را بررسی کردند. نتایج نشان داد در گروهی که فقط تمرین مقاومتی انجام داده بودند، سطح بیلی‌روبین و اسید اوریک تغییر معناداری نشان نداد که با تحقیق حاضر همخوانی دارد. نشان داده شده است که میزان تأثیرپذیری سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن، به نوع، مدت و شدت فعالیت ورزشی بستگی دارد (۲۹). شدت تمرین هم در تحقیق حاضر و هم تحقیق شیخ‌الاسلامی در سال ۱۳۹۶ بالا بوده است و تا حدودی نتایج به‌دست‌آمده توجیه‌پذیر است. بیلی‌روبین به‌عنوان بهترین آنتی‌اکسیدان فیزیولوژیک در نظر گرفته می‌شود و محصول نهایی کاتابولیسم هموگلوبین است. بیلی‌روبین آنتی‌اکسیدان قوی در مقابله با رادیکال‌های پروکسیل است و نشان داده شده است که سلول را از اثرات سمیِ هیدروژن پراکسید حفظ می‌کند (۳۰). تغییر در میزان بیلی‌روبین تام نیازمند تمرینات طولانی‌مدت است. مطالعات نشان داده‌اند که سطوح پایین بیلی‌روبین تام (کمتر از ۰/۸ -۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر) احتمال بالا رفتن خطرهای قلبی-عروقی را در پی دارد. در مورد مکانیزم احتمالی بالا بودن بیلی‌روبین تام در ورزشکاران، شواهد علمی نشان داده است افرادی که درصد چربی بالایی دارند و در معرض خطر بیماری‌هایی همچون دیابت نوع۲ و سندروم متابولیک هستند، فعالیت آنزیم هموآکسیژناز-۱(Ho-1) پایین‌تری دارند (۱۳). این آنزیم محدودکننده و مسئول تبدیل بیلی‌ورین به بیلی‌روبین است. با توجه به کمتر بودن درصد چربی گروه ورزشکار، احتمالاً این موضوع با افزایش پایهٔ میزان بیلی روبین در ارتباط است (۱۲). دیگر مکانیزم احتمالی که ممکن است در این افزایش نقش داشته باشد، افزایش میزان همولیز در اثر برخورد پاشنه با زمین، دمای مرکزی بالاتر و فشار اکسایشی ناشی از ورزش است که ممکن است به تولید بیلی‌روبین بیشتر منجر شود (۱۳).

براساس پژوهش هانگ و همکاران (۲۰۱۰) تعریق هنگام تمرینات ورزشی در شرایط آب‌وهوایی خیلی گرم موجب کاهش میزان اسید اوریک می‌شود (۳۱). بنابراین افرادی که تمرینات قدرتی شدید انجام می‌دهند یا در معرض محیط‌های گرم قرار دارند، باید به‌منظور جلوگیری از دهیدراته شدن بدن، مایعات کافی بنوشند که این مایعات باید دارای سدیم کافی باشد تا از افزایش اسید اوریک سرم جلوگیری کند (۳۰). نتایج مطالعهٔ هازار و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان می‌دهد که سطح اورهٔ سرم بازیکنان حرفه‌ای فوتبال قبل، بلافاصله و یک ساعت بعد از تمرین سرعتی تغییر نمی‌کند، ولی سطح اسید اوریک آنها افزایش می‌یابد (۳۲). تعادل بین میزان تولید و دفع اورات تعیین‌کنندهٔ غلظت اسید اوریک در مایعات بدن است. در ورزش‌هایی که در آنها گروه‌های بزرگ عضلانی فعال می‌شوند، میزان بالای متابولیزم آدنوزین تری فسفات و افزایش تولید اورات به افزایش غلظت اسید اوریک و هایپر اوریسمی منجر می‌شود. افزایش اسید اوریک سرم ممکن است در نتیجهٔ کاهش دفع آن از ادرار باشد (۳۱). ازاین‌رو احتمالاً از علل کاهش اسید اوریک سرم، افزایش دفع ادراری آن بوده است. در واقع، میزان دفع ادراری اسید اوریک توسط کلیه‌ها در افراد سالم بالاست و تمرین HIT با تحریک هورمون ضدادراری موجب کاهش دفع این ماده از خون می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکی از سازگاری‌هایی که در اثر تمرین HIT رخ می‌دهد، کاهش هورمون سطوح ضدادراری است که موجب افزایش دفع اسید اوریک و کاهش اسید اوریک سرم و متعاقب آن کاهش خطر آترواسکلروز شده است.

مکانیسم دیگر،کاهش میزان فشار اکسایشی ناشی از سازگاری‌های تمرین است که موجب افزایش بیان ژن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شده و نیاز به اسید اوریک را به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان کاهش داده است (۱۲) که با توجه به موارد ذکرشده انتظار می‌رود تمرین HIT موجب کاهش سطح اسید اوریک و بیلی‌روبین شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که بین یک جلسه تمرین HIT در آب و خشکی بر سطوح اینتر لوکین ۶، اسید اوریک و بیلی‌روبین به‌غیر از سطح پروتئین واکنش‌دهندهٔ C تفاوت معناداری وجود ندارد. اگرچه یک جلسه تمرین HIT در آب موجب تغییرات معناداری بر میزان سطوح اسید اوریک، بیلی‌روبین و پروتئین واکنش‌دهندهٔ C نشد که یکی از دلایل آن ممکن است حاکی از نوع سیستم تمرینی و بالا بودن وضعیت آنتی‌اکسیدانی پایه در ورزشکاران مرد اسکواش باشد و دلیل دیگر سازگاری زودهنگام به تمرین کاملاً مشهود و حائز اهمیت بود. نکتهٔ شایان توجه دیگر استفاده از پروتکل تمرین به مدت یک جلسه بود که این میزان تا حدودی از تحقیقات انجام‌گرفتهٔ دیگر پایین‌تر بود و همهٔ این عوامل موجب شد که نتایج ارزشمندی روی همهٔ متغیرهای وابسته از این پژوهش حاصل نشود.

## منابع و مآخذ


1. Girard, o., p. Sciberras, m. Habrard, r. Chevalier, p. Hot, and g. P. Millet. Game analysis and energy requirements of elite squash. journal of strength and conditioning research. 2007 ; 21(3): 909–914.
2. Siddhartha S. Angadi, Farouk Mookadam, Chong D. Lee, Wesley J. Tucker, Mark J. Haykowsky, and Glenn A. Gaesser,High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study.J Appl Physiol.2015;119: 753–758 .
3. Gray S.R,Clifford M,Lancaster R,Leggate M,Davis M, Nimmo M.,A. The response of circulating levels of the interleukin -6/interleukin -6 receptor compex to exercise in young men.Cytokin. 2009 ;47:93-102.
4. Ouchi N, Kihara S, Funahashi T, Nakamura T, Nishida M, Kumada M. Reciprocal association of C-Reactive protein with adiponectin in blood stream and adipose tissue. Circulation. 2003;107:671-4.
5. Bente K. Pedersen and Chrstian P. Fischer.Benefic health effects of exercise-the role of IL-6 as a myokin. Trends in Pharmacological Sciences. 2007; 28(4):152-6.
6. Arsenault BJ, Earnest CP, Després JP, Blair SN, Church TS. Coffee consumption and CRP levels in postmenopausal overweight/obese women: importance of hormone replacement therapy use. European journal of clinical nutrition.2009; 5(63): 1419-24.
7. Bayat M, Gharakhanlou R, Agha-Alinejad H, Farzad B. The Effect of 4 Weeks of High-intensity Interval Training on selected Physiological and Metabolic Indices in Active Men. J Appl Sport Physiol. 2010;6(11): 124-107. (in Persian)

8. Billaut F, Bishop D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. Sports Med. 2009;39(4):257-78.
9. Hamzezadeh Boroujeni E, Nazar Ali P, Naghibi S. The effect of four weeks of intensive interval training (HIT) on some indicators of aerobic and anaerobic women's national basketball team. J Sports Biol Sci. 2014;5(4):48-35. (in Persian)
10. Masuda K, Tanabe K, Kunn S. Exercise and reactive oxygen species in elderly exercise as prevention of oxidative stress. J Sport Health Sci.2006 ;4: 348-59.
11. Radak Z. Free radicals in exercise and aging. Hu Kinetics.2000 ; 5:1-29.
12. Ghahremani Moghadam, Mehdi, Hejazi, Saturn."The Effect of 8-Week Aerobic Exercise on Reactive C Levels, Urea and Ruby Rub in Total Inactive Elderly Women." The Horizons of Knowledge Horticulture.2013; 21 (2): 86-89.
13. Afzalpour ME, Saghebjoo M, Zarban A, Jani M. Comparison of the effects of an acute resistance and aerobic exercise session on the antioxidant defense system and lipid peroxidation of healthy young me.Journal of Sport in Biomotor Sciences.2013 ; 6(2):126-134.
14. Oudzadeh, Hoda, Behpoor, Nasser. "The Effects of a Severe Short-Term Interval Training Course (HIT) on the Aerobic and Anaerobic Power of Girl Runners". Research Papers in the Life Sciences.2015; 4 (15): 89-97.
15. Lavanant AJ, Cruz JRA, Blanco FP, Romero CM, Rosell DR, García JCF. Effects of land vs. aquatic plyometric training on vertical jump. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fisica y del Deporte.2014; 39(1):24-31.
16. Ayyoubi Fatemeh.The Effect of Highly Intensity Continuous Exercises in Highly-Highly-Induced Water (HIT) on Serum Irisin Levels, Master's Thesis, Al-Zahra University.2016. (in Persian)
17. Shaffer. Joseph D.The effect of a sixweek land-based and aquatic-based plyometric training program on power, peak torque, agility, and muscle soreness. School of Physical Education Morgantown, West Virginia. 2007
18. Mirzai, Bahman.Rahmani Nia, Farhad.Rashid Lamir, Amir.Ghormani Moghaddam, Mehdi. Comparison of the effect of a session of resistance activity on total antioxidant capacity, bilirubin and blood urea among elderly men of athletes and non- athletes. Biochemical and Sports Activity.2013; 3 (2) :129-139. (in Persian)
19. Shojaei vEA, Farajov A, Jafari A. Effect of moderate aerobic cycling on some systemic inflammatory markers in healthy active collegiate men. Int J Gen Med 2011; 4: 79-84. (in Persian)
20. Jurimae j , Purge P, Jurimae T Adiponectin is altered after maximal exercise in highly trained male rowers Accepted: Published online. Eur J Appl Physiol 2005; 93(4): 502-505.
21. Tartibian Bakhtyar. Response of interleukin 6, necrosis factor alpha and cortisol to intensive exercise in athlete’s women. Razi Journal of Medical Sciences.2015; 22(133):1-7. (in Persian)

22.Calle MC, Luz Fernandez M. Effects of resistance training on the inflammatory response. Nutr Res Pract. Aug. 2010;4(4): 259–269.
23.Reihmane D, Hansen AV, Gram M, Kuhlman AB, Nørregaard J, Nørregaard J, et al. Immobilization increases interleukin-6, but not tumour necrosis factor-α, release from the leg during exercise in humans. J Exp Physiol. 2013;98(3):778-83.
24.Agha Alinejad H , Molanouri Shamsi M. Exercise Induced Release of Cytokines From Skeletal Muscle: Emphasis on IL-6, Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism 2010;12 (2):181-190 (in Persian)
25.Wiewelhove T, Fernandez-Fernandez J, Raeder C, Kappenstein J, Meyer T, Kellmann M, Pfeiffer M, Ferrauti A. Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. J Sports Med Phy Fitness. 2016; 56(5):606-15.
26.Gaini Abbasali. Effect of a session of acute exercise on plasma levels of acute phase-reactive tumor protein, alpha-necrosis factor and 6-interleukin in obese and immature obese boys, Journal of the University of Medical Sciences and Health Services.2011; 21 (83):74-78. (in Persian)
27.Woo KS, Chook P, Yu ChW, Sung RYT, Qiao M, Leung SSF, et al. Effects of Diet and Exercise on Obesity-Related Vascular Dysfunction in Children. Circulation. 2004; 109(6): 1981-1986.
28.Brasil AR, Norton RC,Rosseti MB, Leao E, Mendes RP.C-reactive protein as an indicator of low intensity inflammation in children and adolescents with and without obesity. J Pediatr. 2007; 83: 477-480.
29.Sheykholeslami d. The Effect of Acute Consumption of HMB and Creatine Supplement on Oxidative and Antioxidant Indices After Resistance Exercise in Trained Men. Journal of Physiology of Exercise and Physical Activity. 2017; 10 (1), 71-78. (in Persian)
30.Leaf DA, Kleinman MT, Hamilton M, and Deitrick RW.The exercise induced oxidative stress paradox: the effects of physical exercise training. Am J Med Sci.2005; 317: 295-300.
31.Huang LL, Huang CT, Chen ML, Mao IF.Effects of profuse sweating induced by exercise on urinary uric acid excretion in a hot environment. Chin J Physiol.2010;53(4):254-61.
32.Hazar S, Korkmaz S, Bayil S, Gurkan AC.The effect of graded maximal aerobic exercise on some metabolic hormones, muscle damage and some metabolic end products in sportsmen. Sci Res Essays.2011;6(6):1337-43.