علوم زیستی ورزشی ° زمستان ۱۳۹۲
دورهٔ ۵، شمارهٔ ۴، ص ۳۵- ۴۸
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۰۴

# تأثیر چهار هفته تمرین تناوبی شدید (HIT) بر برخی شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی زنان تیم ملی بسکتبال ایران

**الهام حمزه‌زاده بروجنی[۱]- پروانه نظرعلی - سعید نقیبی**
*کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه الزهرا- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه الزهرا- استادیار گروه فیزیولوژی ورزش پژوهشکدهٔ تربیت بدنی*

## چکیده

تمرینات تناوبی شدید (HIT) رویکرد مؤثری در بهبود آمادگی در کوتاه‌مدت است. اثر این گونه تمرینات بر سازگاری‌های عملکردی، فیزیولوژیکی در ورزشکاران نخبه هنوز نامشخص است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر چهار هفته اجرای HIT بر برخی متغیرهای عملکردی و فیزیولوژیکی انجام گرفت. بدین منظور ۱۴ نفر از بازیکنان داوطلب تیم ملی زنان بسکتبال ایران (با میانگین سن=۳/۲۴ ع ۲۳/۰ سال، وزن=۸/۵۰ ع ۶۳/۶ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی= ۳/۱۵ ع ۲۱/۸ کیلوگرم بر متر مربع) انتخاب و به گونهٔ تصادفی به دو گروه تجربی (n=۷) و کنترل (n=۷) تقسیم شدند. پیش و پس از تمرینات ،آزمودنی‌ها،۱. آزمون فزاینده همراه با تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی برای تعیین برخی از متغیرهای فیزیولوژیکی و ۲. یک وهله آزمون وینگیت را برای تعیین حداکثر توان (PPO ) و میانگین توان (MPO) اجرا کردند. هر دو گروه، برنامهٔ تمرین بسکتبال مشابهی را به مدت چهار هفته دنبال کردند، درحالی‌که گروه تجربی در کنار برنامهٔ تمرین بسکتبال، پروتکل دویدن سرعتی بی‌هوازی (RAST) را به‌عنوان یک پروتکل HIT، دو جلسه در هفته اجرا کردند. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز کوواریانس (ANCOVA )، در سطح معناداری$p<۰/۰۵$ و با نرم‌افزار Spss16، انجام گرفت. نتایج آزمون ANCOVA نشان داد گروه تجربی افزایش معناداری در $VO_2max$(p=۰/۰۰۱)،$vLT$(p=۰/۰۱۱)،$vVO_2max$( p=۰/۰۰۱ ) و حداکثر نبض اکسیژن (p=۰/۰۰۱) داشتند. اجرای HIT نیز موجب افزایش معنادار حداکثر توان (p=۰/۰۳) و میانگین توان (p=۰/۰۲) شد. یافته‌های حاضر نشان داد، برنامهٔ تمرینات تناوبی شدید با دوره‌های استراحت کوتاه می‌تواند موجب افزایش اجرای هوازی و بی‌هوازی در کوتاه‌مدت شود.

## واژه‌های کلیدی

تمرین تناوبی شدید، توان هوازی و بی‌هوازی، زنان تیم ملی بسکتبال.

۱. نویسنده مسئول : ۰۹۱۳۸۸۱۷۴۰۵ Email: elham.hamzehzadeh@yahoo.com

## مقدمه

کارایی تمرینات ورزشی به شدت، حجم، زمان و تواتر تمرینات و توانایی ورزشکار بستگی دارد، بنابراین تلاش‌های بسیاری انجام گرفته است، به گونه‌ای که بتوان تعادل بین بار تمرینات و تحمل ورزشکار را کمی کرد. مربیان تلاش می‌کنند این عوامل ضروری را تعدیل کنند تا سازگاری‌های مطلوب را به حداکثر برسانند (۲۴). از طرف دیگر، ورزشکاران اغلب به یک برنامهٔ تمرینی برای رسیدن به حداکثر آمادگی در یک دورهٔ زمانی کوتاه به‌ویژه پس از دوره‌های کم‌تمرینی و بی‌تمرینی نیاز دارند (۲۸). در چنین شرایطی، اجرای تمرین تناوبی شدید[1] (HIT) مورد توجه قرار گرفته است. محققان تأثیر اجراهای مختلفی از HIT را در بهبود سریع ظرفیت ورزشی و متابولیسم انرژی عضلهٔ اسکلتی بررسی کرده‌اند (۸،۱۲،۱۹،۲۲). گونه‌های مختلفی از اجرای HIT مانند شکل‌های متفاوتی از فعالیت بر دوچرخهٔ کارسنج (۲۸،۲۲،۸،۱۹،۲۱) یا وهله‌های تکراری روی نوار گردان (۵،۱۱،۱۳) برای بررسی تأثیرات HIT بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی استفاده شده است، ولی آزمون دویدن سرعتی بی‌هوازی[2] (RAST) که شامل شش وهله ۳۵ متر دویدن با حداکثر سرعت با ۱۰ ثانیه استراحت بین هر وهله به‌عنوان اجرایی از HIT روی بازیکنان بسکتبال که به ماهیت اجرای این ورزش نزدیک است، مطالعه نشده است. رقابت بسکتبال، فعالیت جسمانی با شدت بالاست که به سطح بالایی از آمادگی هوازی و بی‌هوازی نیاز دارد و به همین دلیل اظهار شده است ورزش بسکتبال، بازی شدید دارای تعداد زیادی حرکت تند و ناگهانی، کوتاه و سریع است که با تعداد زیادی حرکت در زمان کوتاه (دویدن آرام، پیاده‌روی و ایستادن) ترکیب شده است و ماهیت تناوبی دارد. براساس این یافته‌ها در ورزش بسکتبال نیاز به تمرینات خاص برای هر دو سیستم بی‌هوازی (بدون لاکتیک/لاکتیک) از طریق ورزش‌های تناوبی و سیستم هوازی به‌دلیل نیاز به این سیستم برای ریکاوری بین وهله‌های کار با شدت بالاست (۲۳). به‌علاوه برنامهٔ RAST که اغلب مسیرهای بی‌هوازی را برای تولید انرژی درگیر می‌کند و موجب افزایش زیاد لاکتات خون می‌شود (۳۷)، ممکن است تحمل لاکتات را در ورزشکاران افزایش دهد، لذا برای آن دسته از ورزش‌هایی که تحمل لاکتات برای اجرای توان و قدرت بهینه در طول تمرینات و مسابقه مهم است مفید خواهد بود.

1.High Intensity Interval Training (HIT)
2.Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST)

دامنهٔ وسیعی از سازگاری‌ها پس از اجرای HIT نشان داده شده است، این سازگاری‌ها شامل افزایش محتوای گلیکوژن استراحتی عضلهٔ اسکلتی (۲،۵) حداکثر فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیکی و اکسایشی (۸،۱۶،۲۲،۲۶)، ظرفیت بافر کردن $H^+$ (۶) می‌شود. افزایش (۱۱،۱۷،۱۹) و عدم تغییر (۲۱) اکسیژن مصرفی بیشینه ($VO_2max$) پس از اجرای HIT گزارش شده است. اسفرجانی و لارسن (۲۰۰۷) در تحقیقی تأثیر ۱۰ هفته اجرای HIT و استقامتی را در شش دوندهٔ به نسبت تمرین‌کرده بررسی کردند. آنها بهبود معنادار $VO_2max$(۶/۲ درصد) ،vVO2max (۷/۸ درصد) را مشاهده کردند، ولی سرعت در آستانه ی لاکتات به گونه ی معناداری تغییر نکرد (۱۱) . همچنین تأثیر اجرای HIT بر مصرف گلیکوژن و انباشت لاکتات بررسی شد (۶،۱). بورگومستر و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند اجرای این نوع تمرین ها مصرف گلیکوژن و تجمع لاکتات را طی فعالیت ورزشی با میزان کار مشابه، کاهش می‌دهد (۷،۱۵). با این حال، در مقایسه با حجم مطالعاتی که سازگاری‌های فیزیولوژیک را از طریق اجرای HIT در افراد غیرفعال و تمرین‌کردهٔ تفریحی مطالعه کرده‌اند (۲،۸،۱۲،۱۵،۲۲،۲۵،۲۸)، این نوع سازگاری‌ها و حتی عملکرد در ورزشکاران تمرین‌کرده در پی اجرای HIT کمتر بررسی شده است (۱۱،۱۹،۲۰،۳۳). از آنجا که ورزشکاران، ظرفیت هوازی و بی‌هوازی بالایی دارند، سازگاری‌های فیزیولوژیک که به‌طور عمومی مسئول بهبود اجرا در افراد غیرفعال هستند، به ضرورت در ورزشکاران تمرین‌کرده کاربرد ندارند (۲۰)، در حقیقت، در این گونه ورزشکاران به‌نظر نمی‌رسد، افزایش اضافی در حجم تمرینات زیر بیشینه، افزایش بیشتری در اجرا یا متغیرهای مرتبط با آن مانند حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_2max$) ، آستانهٔ بی‌هوازی، اقتصاد حرکت و آنزیم‌های اکسایشی و بی‌هوازی عضله به‌همراه داشته باشد و به‌نظر می‌رسد بهبود بیشتر در اجرای این افراد، می‌تواند به‌واسطهٔ تمرینات تناوبی شدید حاصل شود (۲۸). از ویژگی‌های این گونه تمرینات، حجم خیلی کم تمرینات است (۱۲) که در تحقیقی تنها با شش جلسه تمرین در طول دو هفته، بهبود چشمگیری در عملکرد ورزشی با وجود حجم خیلی کم تمرینات مشاهده شد (۸). بنابراین هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر چهار هفته اجرای HIT از نوع Rast بر برخی متغیرهای فیزیولوژیک و عملکردی در بازیکنان تیم ملی زنان بسکتبال ایران بود.

# مواد و روش‌ها

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی است که با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل اجرا شد. بدین منظور چهارده نفر از اعضای تیم ملی زنان بسکتبال ایران حاضر در محل اردوی تیم ملی با حداقل شش تا هفت سال سابقهٔ تمرین بسکتبال در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به گونهٔ تصادفی به دو گروه کنترل (CON : n=۷ ) و تجربی (EXP: n=۷) تقسیم شدند. مشخصات عمومی شامل سن، قد، وزن، شاخص تودهٔ بدن و درصد چربی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱. مشخصات عمومی آزمودنی‌ها**

| متغیرها / گروه‌ها | تعداد آزمودنی‌ها | سن (سال) | قد(سانتی‌متر) | وزن(کیلوگرم) | شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر مترمربع) | درصد چربی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| گروه تجربی | ۷ | ۳/۲۷ع۲۴/۵* | ۷/۷۶ع۱۷۲/۳ | ۸/۹۳ع۶۳/۸ | ۱/۵۰ع۲۱/۴ | ۲/۶۷ع۲۵/۱ |
| گروه کنترل | ۷ | ۲/۸۱ع۲۱/۷ | ۵/۵۰ع۱۶۹/۷ | ۸/۸۲ع۶۳/۳ | ۴/۱۹ع۲۲/۲ | ۶/۱۱ع۲۵/۳ |

*مقادیر به‌صورت میانگین‌ع انحراف معیار بیان شده‌اند.

یک هفته پیش و پس از تمرینات، آزمودنی‌ها آزمون ورزشی فزاینده را روی نوار گردان برای تعیین $LT_{HR}$،$vVO_2max$،$vLT$،$VO_2max$ و یک وهله پروتکل وینگیت را برای تعیین حداکثر توان، میانگین توان و حداقل توان اجرا کردند. علاوه‌بر آن، گروه تجربی پیش و پس از چهار هفته اجرای HIT، یک وهله آزمون RAST را نیز اجرا کردند. آزمون‌ها با فاصلهٔ ۴۸ ساعت از هم اجرا شدند. برای تعیین $LT_{HR}$، $vVO_2max$ ، $vLT$،$VO_2max$ آزمودنی‌ها، آزمون فزاینده ای را روی نوار گردان و با استفاده از دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی انجام دادند. آزمودنی‌ها در این آزمون، پس از قرارگرفتن روی نوار گردان و پوشیدن ماسک و محافظ و کالیبره شدن دستگاه، به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۸ کیلومتر در ساعت و شیب یک درجه گرم کردند. پس از این مرحله، به‌طور خودکار هر ۲/۳۰ دقیقه، ۱/۵ کیلومتر در ساعت بر سرعت و یک درجه به شیب افزوده شد تا جایی که فرد به $VO_2max$ خود رسید (۳۰).

برای اجرای آزمون وینگیت مقاومتی برابر با ۷/۵ درصد از وزن بدن فرد اعمال شد. آزمودنی‌ها آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای را پیش و پس از تمرین‌ها انجام دادند و حداکثر توان (PPO) و میانگین توان (MPO) ثبت شد.

هر دو گروه تجربی و کنترل در برنامهٔ تمرینی بسکتبال مشابه در طول اجرای تحقیق به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته شرکت داشتند ، شایان ذکر است که هر جلسهٔ تمرین بسکتبال شامل ده دقیقه گرم کردن، ۱۵ دقیقه تمرینات بالهندینگ،۶۰ دقیقه تمرینات تاکتیک و بازی و۲۰ دقیقه تمرینات شوت بود که هر دو گروه اجرا کردند، با این تفاوت که گروه تجربی، علاوه‌بر این تمرینات، دو جلسه در هفته به اجرای HIT شامل سه ست پروتکل RAST با سه دقیقه استراحت بین هر ست در هفتهٔ اول پرداخت که با توجه به شکل فزایندهٔ تمرینات، در هر هفته، یک ست اضافه شد، به گونه‌ای که در هفتهٔ چهارم، شش ست پروتکل RAST با سه دقیقه استراحت بین هر ست اجرا شد (جدول ۲).

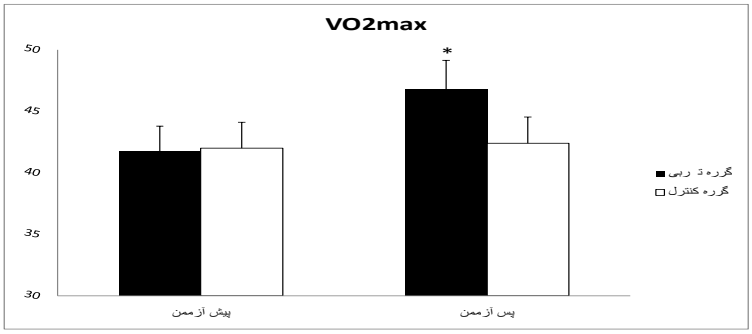
**جدول ۲. الگوی برنامهٔ HIT**

| | |
|---|---|
| هفتهٔ اول | سه وهله اجرای RAST با فاصلهٔ استراحتی سه‌دقیقه‌ای |
| هفتهٔ دوم | چهار وهله اجرای RAST با فاصلهٔ استراحتی سه‌دقیقه‌ای |
| هفتهٔ سوم | پنج وهله اجرای RAST با فاصلهٔ استراحتی سه‌دقیقه‌ای |
| هفتهٔ چهارم | شش وهله اجرای RAST با فاصلهٔ استراحتی سه‌دقیقه‌ای |

تمام یافته‌ها به‌صورت میانگین ع انحراف استاندارد گزارش شد. از آزمون کلموگروف ° اسمیرنوف برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد و با توجه به طبیعی بودن داده‌ها، از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. برای مقایسهٔ تفاوت بین‌گروهی در دو گروه تجربی و کنترل از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. شایان ذکر است، مقدار خطا در تمام موارد ۵ درصد (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد. کلیهٔ عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS16 و Excel 2003 انجام گرفت.

## یافته‌ها

حداکثر اکسیژن مصرفی پس از چهار هفته اجرای HIT بین گروه‌های تجربی و کنترل با افزایش معناداری همراه بود (P =۰/۰۰۱).(جدول‌های ۳ و ۴، شکل ۱).




*تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (P<۰/۰۵).

**شکل ۱. میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه‌های تجربی و کنترل پیش و پس از تمرین‌ها**

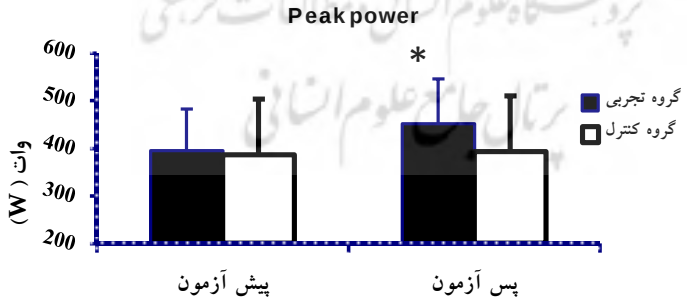
**جدول ۳ . مقایسهٔ میزان تغییرات peak power, $LT_{HR}$ , vLT, $vVO_2max$, $VO_2max$ و Mean power بین دو گروه تجربی و کنترل**

| | Df | مقدار F | مقدار P |
|---|---|---|---|
| اثر متغیر کوواریانس (مقدار $VO_2max$ در پیش‌آزمون) | ۱ | ۲۵/۲۹۸ | ۰/۰۰۱ |
| اثر گروه | ۱ | ۲۹/۶۴۲ | ۰/۰۰۱ |
| اثر متغیر کوواریانس (مقدار $vVO_2max$ در پیش‌آزمون) | ۱ | ۸۲/۱۷ | ۰/۰۰۱ |
| اثر گروه | ۱ | ۷۸/۵۹۴ | ۰/۰۰۱ |
| اثر متغیر کوواریانس (مقدار vLT در پیش‌آزمون) | ۱ | ۳/۷۴ | ۰/۰۸۲ |
| اثر گروه | ۱ | ۹/۷۰۱ | ۰/۰۱۱ |
| اثر متغیر کوواریانس (مقدار $LT_{HR}$ در پیش‌آزمون) | ۱ | ۱۶/۱۸۸ | ۰/۰۰۲ |
| اثر گروه | ۱ | ۹/۰۱۶ | ۰/۰۱۳ |
| اثر متغیر کوواریانس (مقدار peak power در پیش‌آزمون) | ۱ | ۸۳/۷۱۳ | ۰/۰۰۱ |
| اثر گروه | ۱ | ۶/۴۳۴ | ۰/۰۳ |
| اثر متغیر کوواریانس (مقدار Mean power در پیش‌آزمون) | ۱ | ۱۲۰/۵۸۸ | ۰/۰۰۱ |
| اثر گروه | ۱ | ۷/۶۱ | ۰/۰۲ |

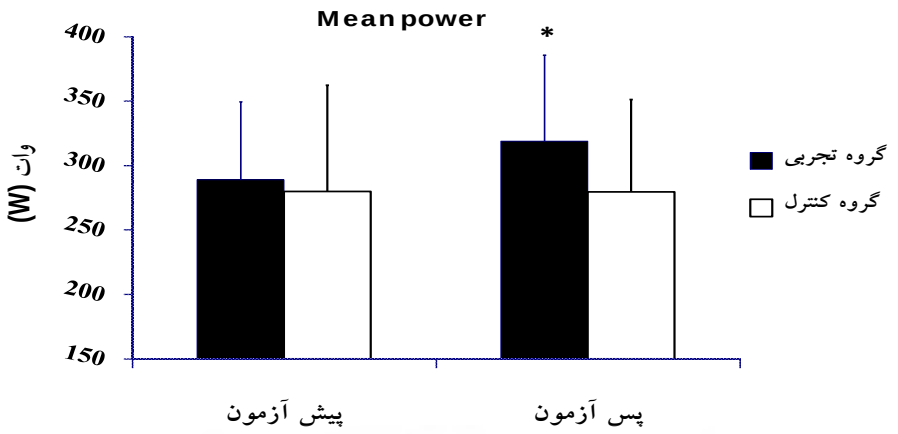
**جدول ۴. تغییرات peak power, $LT_{HR}$ , vLT, $vVO_2max$, $VO_2max$ و Mean power آزمودنی‌ها در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون**

| متغیر | گروه | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | مقدار t | df | مقدار P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $VO_2max$(ml/kg.min) | تجربی | ۴۱/۷ع۲/۴۲ | ۴۶/۸ع۲/۶۰ | ۷/۲۴۹ | ۵ | ۰/۰۰۱ |
| | کنترل | ۴۲/۰ع۴/۸۹ | ۴۲/۴ع۲/۸۰ | ۰/۴۳۲ | ۶ | ۰/۶۸۱ |
| vVO2max(km/h) | تجربی | ۱۳/۶ع۰/۸۶ | ۱۵/۰ع۰/۸۴ | ۹/۲۲ | ۵ | ۰/۰۰۱ |
| | کنترل | ۱۳/۳ع۰/۸۲ | ۱۳/۳ع۰/۸۲ | – | – | – |
| vLT(km/h) | تجربی | ۱۰/۰#۰/۷۷ | ۱۱/۸ع۱/۲۵ | ۳/۷۹۶ | ۵ | ۰/۰۱۳ |
| | کنترل | ۹/۷ع۰/۵۷ | ۹/۹ع۰/۷۳ | ۱/۰ | ۶ | ۰/۳۵۶ |
| LTHR(beat) | تجربی | ۱۶۷/۰ع۵/۱۴ | ۱۵۹/۷ع۱۰/۵۲ | ۲/۶۴۱ | ۵ | ۰/۰۴۶ |
| | کنترل | ۱۶۶/۰ع۷/۲۳ | ۱۶۷/۶ع۵/۵۹ | ۱/۴۱۶ | ۶ | ۰/۲۰۶ |
| peak power(w) | تجربی | ۳۹۴/۶ع۸۶/۹۸ | ۴۵۱/۶ع۹۳/۲۵ | ۵/۰۱۵ | ۵ | ۰/۰۰۴ |
| | کنترل | ۳۸۶/۷ع۱۱۶/۰۴ | ۳۹۲/۲ع۱۱۷/۰ | ۰/۳۶۴ | ۶ | ۰/۷۲۹ |
| Avg power(w) | تجربی | ۲۸۹/۰ع۶۰/۵۱ | ۳۱۸/۹ع۶۷/۱۴ | ۵/۴۳۳ | ۵ | ۰/۰۰۳ |
| | کنترل | ۲۷۹/۹ع۸۲/۳۳ | ۲۷۹/۵ع۷۱/۸۴ | ۰/۰۴۷ | ۶ | ۰/۹۶۴ |

* متغیر وابسته :مقدار $VO_2max$, $vVO_2max$, vLT, $LT_{HR}$ , peak power و Mean power در پس‌آزمون




**شکل ۲. الف) حداکثر توان طی آزمون وینگیت پیش و پس از تمرین‌ها**




*تفاوت معنادار بین گروه‌های تجربی و کنترل (p<۰/۰۵)

**شکل ۲. ب) میانگین توان طی آزمون وینگیت پیش و پس از تمرین‌ها**

در نتیجهٔ تمرین‌ها ، vLT به مقدار ۲۱/۱۶درصد در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل افـزایش یافت و نتایج آزمون تحلیل کوواریانس ANCOVA نشـان داد $vVO_2max$ پـس از چهـار هفتـه اجـرای HIT بین گروه تجربی و گروه کنترل با تغییر معناداری همراه بود (P=۰/۰۰۱). به‌دنبال تمرین‌ها، اجرای بی‌هوازی شاملMPO,PPO طی اجرای پروتکل وینگیت پس از چهار هفته اجرای HIT بین گـروه‌هـای کنترل و تجربی با افزایش معناداری همـراه بـود (p=۰/۰۲ ، p=۰/۰۳ ) (جـدول‌هـای ۳ و ۴). داده‌هـای مربوط به MPO , PPO در طول آزمون وینگیت به‌ترتیب در شکل ۲ بخـش‌هـای الـف و ب ارائـه شـده است.

## بحث

تمرین‌های تناوبی شدید رویکردی کارا برای بهبود ظرفیت‌های سیستم‌های هوازی و بی‌هـوازی هسـتند (۲۲،۲۸،۲۱،۱۲). نشان داده شده است که این تمرین‌ها هر دو آنزیم‌هـای اکسایشـی و گلیکولیتیـک را افزایش می‌دهد (۲۸،۲۲،۱۲)، اما تاکنون اثر برنامهٔ تمرینـی بـر پایـهٔ دویـدن‌هـای تکـراری ۳۵ متـر بـا دوره‌های استراحت کوتاه بین هر وهله (۱۰ ثانیه) که به ماهیت اجرای ورزش بسـکتبال بسـیار نزدیـک

است، بر روی بازیکنان نخبه از جمله بازیکنان تیم ملی زنـان بسـکتبال ایـران گـزارش نشـده اسـت. در تحقیق حاضر، حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_2max$) پس از چهار هفته اجرای HIT در گروه تجربـی بـا افزایش معناداری (۵/۲۸ درصد) همراه بود (P =۰/۰۰۱). این نتیجه با یافته‌های تحقیقات در این زمینـه که از آزمودنی‌های تمرین‌کرده، استفاده کـرده بودنـد، همخـوانی دارد (۱۹،۲۰). افـزایش در $VO_2max$ ممکن است ناشی از بهبود در حمل و تحویـل اکسـیژن بـه عضـلات اسـکلتی از طریـق افـزایش حجـم ضربه‌ای (۳۵، ۳۶) و نیز افزایش دانسیتهٔ مـویرگی و میتوکنـدریایی (۳۸) و درنتیجـه افـزایش برداشـت اکسیژن توسط عضلات فعال باشد (۲۰). به‌علاوه، از آنجا که هموگلـوبین مسـئول انتقـال اکسـیژن بـه سلول‌هاست، افزایش معنادار در هموگلوبین (۶/۷ درصد) نسبت به گروه کنترل (p=۰/۰۳۵) را احتمـالاً می‌توان مسئول بخشی از افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه تجربی به‌شـمار آورد . بـا توجـه بـه اینکه آزمودنی‌های پژوهش حاضـر آمـادگی نسـبی خـوبی نداشـتند، افـزایش ۵/۲۸ درصـدی حـداکثر اکسیژن مصرفی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل، نشان‌دهندهٔ تأثیر نسبتاً بـالای اجـرای HIT به مدت چهار هفته است.

در پژوهش حاضر، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس ANCOVA نشان داد $vVO_2max$ پس از چهـار هفته اجرای HIT در گروه تجربی با تغییر معناداری( ۰/۸ درصد) همراه بود (P=۰/۰۰۱) . این نتـایج بـا یافته‌های دیگر محققان مبنی‌بر افزایش $vVO_2max$ (۳ تا ۱۰ درصد) پس از اجرای HIT همخـوانی دارد (۳۲،۲۸،۱۰،۴). با توجه به اینکه آزمودنی‌هـای تحقیـق حاضـر آمـادگی هـوازی نسـبتا خـوبی داشـتند ($VO_{2max}$ برابر با ۴۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)، افزایش $vVO_2max$ در آزمودنی‌های گروه تجربی نسبت به گروه کنترل پس از اجرای HIT احتمـالاً ناشـی از کـاهش RE [1] اسـت (۱۰).از سـازوکارهـای مرتبط با افزایش $vVO_2max$ پس از اجرای HIT، افزایش ذخیرهٔ الاستیکی عضـله (۳) و سـازگاری‌هـای عصبی- عضلانی شامل افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی[2]، فرکـانس و همزمـانی واحـدهای حرکتـی[3] است که در نهایت سبب افزایش نیرو، کارایی و هماهنگی عضلانی می‌شوند (۹).بهبـود کـارایی ناشـی از سازگارهای عصبی، خستگی را به تأخیر می‌اندازد و ورزشکاران را قادر مـی‌سـازد تـا سـطوح بـالاتری از

1. Running economy
2. Requirement of Motor unit.
3. Ringing Rate and Synchronization of Motor unit.

تولید لاکتات را تحمل کنند (۱۸). در تحقیق حاضر vLT به مقدار ۲۱/۱۶درصد در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل افزایش نشان داد. سازوکارهای احتمالی درگیر در بهبود آستانهٔ لاکتات، افزایش دانسیتهٔ مویرگی پس از تمرین است که مسافت بین محل تولید لاکتات و دیوارهٔ مویرگی را کاهش و سطح تبادل را افزایش می‌دهد.نتایج تحقیق پول[1] نشان داد که اجرایHIT، تجمع لاکتات خون را به تأخیر می‌اندازد که این سازگاری ناشی از افزایش ظرفیت اکسیداتیو تارهای عضلانی است. یافته‌های برخی تحقیقات حاکی از افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو پس از تمرینات تناوبی شدید است (۲۷). افزایش سیترات سنتتاز[2](۱۸درصد) پس از اجرای HIT در دوندگان نخبه، نشان داده شده است. افزایش محتوای آنزیم‌های میتوکندریایی که با افزایش مصرف چربی و کاهش تخلیهٔ گلیکوژن همراه است (۷) و افزایش ظرفیت بافرینگ $H^+$ (۵)، دلایل احتمالی افزایش vLT پس از تمرینات هستند. .افزایش ظرفیت برداشت لاکتات از عضلات از طریق افزایش حامل لاکتات به‌دنبال اجرای HIT ممکن است یکی از دلایل افزایش vLT پس از اجرای این‌گونه تمرینات باشد.

همراستا با دیگر تحقیقات (۲۵،۲۱) اجرای بی‌هوازی شاملMPO,PPO طی اجرای پروتکل وینگیت پس از چهار هفته اجرای HIT در گروه‌های کنترل و تجربی با افزایش معناداری به‌ترتیب به مقدار p=۰/۰۲ وp=۰/ ۰۳ همراه بوده است (شکل ۲). همچنین موافق با یافته‌های پژوهش حاضر، سیمونیو و همکاران (۱۹۸۷) افزایش حداکثر اجرای بی‌هوازی کوتاه (۱۰ ثانیه) را نشان دادند (۳۱).گوروستیاگا و همکاران (۱۹۹۱) نیز افزایش حداکثر برونده توان را با هشت هفته اجرای HIT مشاهده کردند (۱۴). تاباتا و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند ظرفیت بی‌هوازی با شش هفته اجرای HIT افزایش می‌یابد (۳۲). بهبود حداکثر برونده توان (۲۰ درصد) و میانگین برونده توان (۱۴ درصد) با اجرای HIT توسط پارا و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش شده است (۲۶). بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵) افزایش حداکثر برون‌ده توان و شاخص خستگی را با شش جلسه اجرای HIT طی دو هفته گزارش کردند (۸). همچنین در تضاد با یافته‌های پژوهش حاضر، برخی پژوهشگران عدم تغییر اجرای بی‌هوازی را گزارش کرده‌اند (۱۶،۱). از آنجا که پروتکل RAST پروتکل شناخته‌شده‌ای HIT است، به‌نظر می‌رسد

1. Poole
2. Citrate Synthase

سازوکارهای مسئول افزایش حداکثر توان بی‌هوازی و ظرفیت بی‌هوازی طی اجرای HIT از طریق پروتکل RAST را می‌توان به موارد زیر نسبت داد:

۱. افزایش غلظت فسفوکراتین[1] (PC) عضله (۲۸)؛
۲. افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی (فسفوفروکتوکیناز[2] (PFK)، آلدولاز[3] ، لاکتات دهیدروژناز[4] (LDH) و...) (۲۱،۱۶، ۲۶،۲۲، ۲۸)؛
۳. تغییر در نیمرخ تارهای عضله یعنی افزایش معنادار FTa و کاهش غیرمعنادار تارهای ST (۱۶)؛
۴. سازگاری‌های عصبی (۲۹).

در مجموع، در پژوهش حاضر تغییرات برخی متغیرهای فیزیولوژیکی و عملکردی در پاسخ به چهار هفته اجرای HIT بررسی شد. مهم‌ترین یافتهٔ این تحقیق این بود، اجرای HIT ، اجرای هوازی و بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد. بنابراین از آنجا که این گونه تمرین‌ها در کوتاه‌مدت موجب بهبود سریع اجرا می‌شوند، به‌کارگیری آنها به مربیان و ورزشکاران توصیه می‌شود.

## سپاسگزاری

از همکاری دکتر سعید نقیبی مسئول آزمایشگاه پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و کلیهٔ آزمودنی‌هایی که ما را در اجرای این پژوهش یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع

1. Allemeier,C.A.,Fry,A.C.,Johnson,P.,Hikida,R.S.,Hagerman,F.c.,Staron,R.S.,(1994).Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle. J Appl Physiol, Vol77 No5; PP: 2385-2390.
2. Barnett,C.,Carey,M.,Proietto,J.,Cerin,E.,Febbraio,M.A.,Jenkins,D.(2004).Muscle metabolism during sprint exercise in man : influence of sprint training .J Sci Med Sport ,Vol7 NO3;PP:314-322.

1. Creatine phosphate
2. Phosphofructokinase
3. Aldolase
4. Phosphirylase

3. Billat L.V, Slawinski JJ, Boquet V, Demarle PA, Laurent L, Koralsztein PJ.( 2000). Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen for a longer time than intense but submaximal runs. Eur J Appl physiol. Vol 81; PP:188-196.
4. Billat L.V, Flechet B, Petit B, Muriaux G,Koralsztenin PJ.(1999).Interval training at VO2max: Effects on aerobic performance and overtraining markers. MED sci Sports Exerc.Vol 31 No1; PP: 156-163.
5. Botcazou,M.,Zouhal ,H.,Jacob ,C.,Gratas-Delamarche ,A.,Berthon ,P.M.,Bentué-Ferrer, D., Delamarche ,P.(2006).Effect of training and detraining on catecholamine responses to sprint exercise in adolescent girls.Eur J Appl Physiol,Vol 97; PP:68-75.
6. Brancaccio,P.,Maffulli,N.,Buonauro,R.,Limongelli,F.M.(2008).Serum enzyme monitoring in sports medicine .Clin Sports Med,Vol 27; PP:1-18.
7. Burgomaster,K.A.,Howarth,K.R.,Phillips,S.M.,Rakobowchuk,M.,MacDonald,M.J.,McGee,S.L.,Gibala,M.L.(2008).Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans.J Physiol ,Vol 586; PP:151-160.
8. Burgomaster,K.A.,Hughes,S.C.,Heigenhauser,G.J.F.,Bradwell,S.N.,Gibala,M.J.(2005) .Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans.J Appl Physiol,Vol 98; PP:1985-1990.
9. Career,A.R.,Ricard,M.D.,Conlee,R.K.,Hoyt,G.L.,Parcell,A.C.(2004).Neural,Metabolic,and Performance Adaptations to Four Weeks of High Intensity Sprint-Interval Training in Trained Cyclists.Int J Sports Med ,Vol 25; PP:92-98.
10. Demarle PA, Heugas AM, Slawinski JJ, Tricot VM.Koralsztein PI, Billat LV.(2003). Whichever the initial training status, any increase in velocity lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. Archi physiol & Biochem: Vol 111 No 2; PP: 167-176.
11. Esfarjani ,F.,Laursen,P.B .(2007).Manipulating high intensity interval training :Effects on VO2max ,the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males.J Sci Med Sport,Vol 10; PP:27-35.
12. Gibala,M.J.,Little,J.P.,Essen,M.V.,Wilkin,G.P.,Burgomaster,K.A.,Safdar,A.,Raha,S.,Tarnopolsky ,M.A.(2006).Short ˚term sprint interval versus traditional endurance training :similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance .J Physiol ,Vol 575; PP:901-911.
13. Goran Spori 1,Vedran Nagli 1,Luka Milanovi 1,Munir Talovi 2 and Eldin Jele kovi 2.(2010). Fitness profile of young elite basketball players(CADETS).Acta Kinesiologica,Vol 42; PP:62-68.

14. Gorostiaga ,E.M.,Walter,C.B.,Foster,C.,Hickson ,R.C.(1991).Uniqueness of interval and continuous trining at the same maintained exercise intensity .Eur JAppl Physiol ,Vol 63; PP:101-107.
15. Harmer AR,McKenna MJ,Sutton JR,Snow RJ,Ruell PA,Booth J,et al.Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans.J Appl Physiol 2000,Vol 89; PP: 1793-1803.
16. Jacobs ,I.,Esbjörnsson ,M.,Sylvén,C.,Holm ,I.,Jansson ,E. (1987).Sprint training effects on muscle myoglobin ,enzymes,fiber types ,and blood lactate .Med Sci Sports Exerc,Vol 19 No 4; PP:368-374.
17. Jansson ,E.,Esbjörnsson,M.,Holm ,I.(1990).Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males .Acta Physiol Scand,Vol 140; PP:359-363.
18. Kopchick JJ, Parkinson C, Stevens EC & Trainer PJ (2002).Growth hormone receptor antagonists: discovery,development and use in patients with acromegaly. Endocr Rev,Vol 23; PP:623˚646.
19. Laursen,P.B.,Shing,C.M.,Peake,J.M.,Coombes,J.S.,Jenkins,D.G.(2005).Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists.J Strength Conditioning Res,Vol 19 No 3; PP:527-533.
20. Laursen PB,Jenkins DG.(2002).The scientific basis for high-intensity interval training optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained athletes. Sports Med,Vol 32 No1; PP:53-73.
21. Linossier,M.T.,Denis,C.,Dormois,D.,Geyssant,A.,Lacour,J.R.(1993).Ergometri and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme.Eur J Appl Physiol ,Vol 67; PP:408-414.
22. MacDougall,J.D.,Hicks,A.L.,MacDonald ,J.R.,Mckelive ,R.S.,Green , h.J. , Smith , K.M. , (1998).Muscle performance and enzymatic adaotations to sprint interval training .J Appl physiol,Vol 84; PP:2138-2142.
23. McInnes, S. E., J. S. Carlson, et al. (1995). "The physiological load imposed upon basketball players during competition". Journal of Sports Sciences ,Vol 13; PP:387-397.
24. Meckel,Y.,Eliakim,A.,Seraev,M.,Zaldivar,F.,Cooper,D.M.,Sagiv,m.,Nemet,D.(2009). The effect of a brief sprint interval exercise on growth factors and inflammatory mediators.J Strength Conditioning Res ,Vol 23 No 1; PP:225-230.
25. Nevill ,M.E.,Boobis ,L.H.,Brooks,S.,Williams,C.(1989).Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting.J Appl Physiol,Vol 67 ; PP:2376-2382.

26. Parra,J.,Cadefau,J.A.,Rodas,G.,Amigó,N.,Cussó,R.(2000).The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle .Acta Physiol Scand ,Vol 169 ; PP:157-165.
27. Poole DC,Gasser GA.Response of ventilatory and lactate threshold to continuous and interval training .(1985). J Appl Physiol ,Vol 58 No 4 ; PP:1115-1121.
28. Rodas G,Ventura Jl,Cadefau JA.et al .(2000).Ashort training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism .Eur J Appl Physiol ; PP : 480-486.
29. Ross ,A.,Leveritt,M.,Riek,S.(2001).Neural Influences on Sprint Running :Training Adaptations and Acute Responses.Sports Med,Vol 31 No 6; PP:409-425.
30. Sallet, P;Perrier,D;Ferret, J M; Vitelli, V;Baverel, G.(2005). Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play.Journal of Sports Medicine and Physical Fitness ,Vol 45 No3; PP:291-294.
31. Simoneau,J.A.,Lortie,G.,Boulay,M.R.,Marcotte,M.,Thibault,M.C.,Bouchard,C.(1987). Effects of two high-intensity intermittent training programs interspaced by detraining on human skeletal muscle and performance.Eur J Appl Physiol,Vol 56 ; PP:516-521.
32. Smith TP, Coombees JS, Geraghty DP.( 2003). Optimizing high ˚ intensity treadmill training using the running speed at maximal $O_2$ uptake and the time for which this can be maintained. Eur J Appl physiol , Vol 89 No3-4; PP: 337-43.
33. Stepto NK, Hawley JA, Dennis SC, Hopkins WG.(1999). Effect of different interval-training programs on cycling time-trial performance. Med Sci Sports Exerc, Vol 31 No 5; PP : 736-741.
34. Timothy PS, McNaughton LR, Marshall KJ.(1999). Effect of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO2max and performance in athletes. Med Sci Sports Exerc,Vol 31 No 6 ; PP:892-896.
35. Weltman A. The Blood Lacate Response To Exercise. (1995). Human Kinetics.
36. Weston AR, My burg KH, Lindsay FH, Noakes TD, Hawley JA.(1997).Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high ˚ intensity interval training by well ˚ trained cyclist. Eur J Appl Physiol, Vol 75; PP:7-13.
37. Zagatto,A.M.,Beck,W.R.,Gobatto,C.A.(2009).Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances.J Strength Conditioning Res,Vol 23 No 6; PP:1820-1827.
38. Zosler K, Hoppeler H, Conley KE, Claassen H, Gehr P, Howald H. (1985).Transfer effects in endurance exercise. Adaptations in trained and untrained muscles. Eur J Appl physiol OccupPhysiol, Vol 54 No 4; PP:355-62.