

مقایسه تأثیر چهار هفته تمرین تناوبی و تداومی بر سطوح تروپونین T بافت قلبی در موش‌های صحرایی نر سالم

مریم شعبانی^۱، محمد شرافتی مقدم^۱، فرهاد دریانوش^{۲*}، حامد علی‌زاده پهلوانی^۳

۱. مربی، واحد هشتگرد، دانشگاه آزاد اسلامی، البرز، ایران
 ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
 ۳. استادیار، واحد هشتگرد، دانشگاه آزاد اسلامی، البرز، ایران

چکیده

تاریخ دریافت: ۲۲ بهمن ۱۳۹۴
 تاریخ پذیرش: ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵

اهداف: تروپونین قلبی شاخصی قلبی است که در تشخیص بیماری‌های قلبی نقش حیاتی دارد و نشان داده شده است که فعالیت ورزشی تأثیر به‌سزایی بر سطوح این پروتئین دارد. هدف از مطالعه حاضر، مقایسه تأثیر چهار هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تداومی بر سطوح تروپونین T بافت قلبی در موش‌های صحرایی نر سالم است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، ۳۶ سرموش صحرایی نر دو ماهه از نژاد ویستار با میانگین وزن 180 ± 20 گرم انتخاب و به‌روش تصادفی به سه گروه فعالیت هوازی (۱۲ سر)، فعالیت تناوبی با شدت بالا (۱۲ سر) و کنترل (۱۲ سر) تقسیم شدند. گروه آزمایش پنج روز در هفته مطابق با برنامه تمرینی به‌مدت چهار هفته به فعالیت ورزشی پرداختند. پس از چهار هفته تمرین، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری آنوای یک‌طرفه استفاده شد. سطح معناداری تحقیق حاضر ۰/۰۵ است.

یافته‌ها: بین میانگین تروپونین در گروه‌های کنترل، تمرین هوازی و تمرین تناوبی با شدت بالا تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های این تحقیق، میزان تروپونین T در هیچ‌کدام از گروه‌ها تغییر معناداری نداشت. به‌نظر می‌رسد فعالیت ورزشی HIIT و تمرینات هوازی با مدت زمان چهار هفته منجر به آسیب بافت قلبی نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها:

بافت قلبی، تروپونین T، تمرین تداومی، تمرین تناوبی با شدت بالا، موش صحرایی.

مقدمه

تروپونین T (TnT) عاملی است که نقش ساختاری دارد و به کمپلکس تروپومیوزین متصل می‌شود. TnT همچنین، در فعال کردن اکتومیوزین-ATP نقش دارد. TnT عاملی است که با تروپومیوزین در ارتباط است و در تنظیم انقباض عضله نقش مهمی ایفا می‌کند. در انسان cTnT شامل چهار ایزوفرم است، که سه تای آن در جنین بیان می‌شود و چهارمی از ویژگی‌های قلب بزرگسالان است. بیان دوباره فرم‌های جنینی TnT، هر دو در سطح mRNA و سطح پروتئین، در طول نارسایی قلبی رخ می‌دهد. TnT شامل سه جایگاه برای اتصال با تروپومیوزین است و نقش بسیار مهمی در تثبیت اجزای تروپونین به

بیماری‌های قلبی-عروقی علت اصلی مرگ بزرگسالان در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته و بسیاری از کشورهای در حال توسعه است. بیماری قلبی-عروقی اصطلاحی کلی است شامل بسیاری از بیماری‌های عروقی-قلبی مانند فشار خون بالا، آرتزین صدری، تصلب شرایین، بیماری ایسکمی قلبی، انفارکتوس حاد میوکارد و دیگر بیماری‌های مرتبط که بر عملکرد قلب و گردش خون تأثیر می‌گذارد. اندازه‌گیری تروپونین قلبی، با توجه به حساسیت و ویژگی آن نشانگر زیستی انتخابی در تشخیص بیماری‌های قلبی-عروقی در نظر گرفته می‌شود [۱ و ۲].

* نویسنده مسئول: فرهاد دریانوش

نشانی: شیراز، میدان ارم، دانشگاه شیراز، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، بخش علوم ورزشی
 تلفن: ۰۹۱۷۳۰۱۴۰۳۲
 رایانه: daryanoosh@shirazu.ac.ir

مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دوره ۲۴، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۶، ص ۳۰۵-۳۱۰.
 آدرس سایت: <http://jsums.medsab.ac.ir> رایانه: journal@medsab.ac.ir
 شاپای چاپی: ۱۶۰۶-۷۴۸۷

فعالیت ورزشی همبستگی دارد.

با توجه به شیوع حملات قلبی و مرگ‌های ناگهانی در فعالیت‌های ورزشی که در سال‌های اخیر مشاهده شده است، بررسی آثار ناشی از اجرای تمرینات مختلف بر چنین عواملی، در شناخت علل آسیب‌های قلبی ناشی از فعالیت ورزشی بسیار مهم است. همچنین، آگاهی از عملکرد قلبی، هنگام فعالیت ورزشی شدید برای درک میزان تحمل بدن در برابر این فعالیت و نیز در مواجهه با شدت زیاد و مدت فعالیت‌های ورزشی ضروری است. در این مورد اطلاعات بسیار محدودی در زمینه اثربخشی فعالیت ورزشی تناوبی خیلی شدید موجود است [۱۲]. با توجه به اهمیت پروتئین cTnT در بیماری‌های قلبی - عروقی به‌عنوان شاخص بیوشیمیایی در تشخیص آسیب قلبی و محدود بودن تحقیقات در این زمینه، به نظر می‌رسد انجام تحقیق حاضر ضروری باشد.

بنابراین، هدف کلی از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر چهار هفته فعالیت تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تداومی بر سطوح cTnT بافت قلبی در موش‌های صحرایی نر سالم است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تجربی است که به صورت گروه آزمایش و کنترل انجام گرفته است. در این پژوهش، ۳۶ سرموش صحرایی نر دو ماهه از نژاد ویستار با میانگین وزن 180 ± 20 گرم انتخاب و به روش تصادفی به سه گروه فعالیت تداومی (۱۲ سر)، فعالیت تناوبی با شدت بالا (۱۲ سر) و کنترل (۱۲ سر) تقسیم شدند. رت‌ها در حیوانخانه دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران با دمای 22 ± 2 درجه، رطوبت ۵۰-۶۰ درصد و چرخه تاریکی - روشنایی ۱۲-۱۲ نگهداری شدند. غذای آزمودنی‌ها، به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن هر موش، ۱۰ گرم بر اساس وزن کشتی هر سه روز یک‌بار، همچنین آب مورد نیاز حیوان به صورت آزاد در بطری ۵۰۰ میلی‌لیتری ویژه حیوانات آزمایشگاهی، در اختیار آن‌ها قرار داده شد.

همه حیوانات آزمایش با توجه به سیاست کنوانسیون ایران برای حفاظت از حیوانات مهره‌دار مورد استفاده برای مقاصد علمی - تجربی و دیگر انجام شد و پروتکل را کمیته اخلاق مؤسسه شهید بهشتی تحقیقات علوم غدد درون‌ریز تصویب کرد.

موش‌ها، پس از وزن‌کشی، برای آشنایی با نوارگردان به مدت دو هفته با سرعت ۱۲ متر بر دقیقه روی نوارگردان دویدند. سپس، مطابق برنامه تمرینی، گروه تداومی، به مدت چهار هفته و هر هفته پنج جلسه به مدت ۴۲ دقیقه (۶ دقیقه گرم‌کردن، ۵۰-۶۰ درصد VO_{2max} ؛ ۳۰ دقیقه تمرین هوازی،

کمپلکس اکتومیوزین دارد. همچنین، به فعال کردن اکتومیوزین-ATPase در حضور کلسیم از طریق تعامل مستقیم با TNC می‌انجامد [۳ و ۴].

تروپونین قلبی نقش حیاتی در تشخیص نکرور میوکارد ایفا می‌کند [۱]. به‌تازگی، بنیاد جامعه قلب اروپا، کالج آمریکایی قلب و عروق، انجمن قلب آمریکا، و اتحادیه جهانی قلب دستورالعمل‌های دقیقی برای ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی در افراد مظنون به بیماری‌های قلبی - عروقی منتشر کرده‌اند و ترجیحاً تروپونین قلبی (cTnT) را نشانگر نکرور میوکارد می‌دانند. بنابراین، افزایش cTnT در خون، منعکس‌کننده آسیب است و منجر به نکرور سلول‌های میوکارد می‌شود [۲]. به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که فعالیت ورزشی یا حتی فعالیت ورزشی شدید به قلب آسیبی وارد نمی‌کند و این نتیجه در بسیاری از گزارش‌ها تأیید شده است. البته، چند استثنا و تغییرات موقت در سطوح تروپونین T گزارش شده است. تحقیقات جدید نشان می‌دهند که فعالیت‌های تناوبی با شدت بالا باعث تغییرات تروپونین T قلبی می‌شود [۵ و ۶ و ۷].

آغاز خستگی قلبی با اختلال موقتی انقباض پس از پایان فعالیت ورزشی مشخص می‌شود. خستگی قلبی ناشی از تمرین یا کاهش در عملکرد دیاستولی و سیستولی بطن چپ متعاقب تمرین طولانی‌مدت در انسان‌های سالم با بسیاری از عوامل مانند دوره و شدت فعالیت، آمادگی و شرایط تمرینی آزمودنی‌ها و شرایط محیطی مرتبط است، اما اثر چنین متغیرهایی بر خستگی قلبی ناشی از تمرین، به‌طور کامل ارزیابی نشده است [۸]. نتایج تحقیقات صورت‌گرفته نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی عامل مؤثری بر تغییرات سطوح این شاخص آسیب قلبی است.

لیتما و همکاران [۹] عملکرد قلبی چهارده مرد رشته سه‌گانه را بعد از مسابقه‌ای رسمی بررسی کردند. مقادیر تروپونین به‌طور معناداری بلافاصله پس از مسابقه افزایش یافت ولی در فواصل ساعت ۱۲ تا ۲۴ پس از مسابقه کاهش پیدا کرد. در تحقیقی دیگر، مهربانی و همکاران [۱۰] به مقایسه زمان فعالیت ورزشی بر میزان cTnT مردان مبتلا به بیماری قلبی - عروقی پرداختند. پروتکل تمرین فعالیت ورزشی تا سرحد واماندگی بود. نتایج نشان داد بین میانگین پیش‌آزمون در دو نوبت صبح و عصر اختلاف معناداری وجود ندارد. همچنین، بین میانگین پس‌آزمون و سه ساعت بعد نیز در دو نوبت صبح و عصر اختلاف معناداری مشاهده نشد [۱۰]. در مقابل، یاسال و همکاران [۱۱] به این نتیجه رسیدند که افزایش شاخص‌های آسیب قلبی از جمله cTnT در ورزشکاران با افزایش زمان

یافته‌ها

در پایان پژوهش، برای انجام تحلیل واریانس یک‌طرفه، نرمال بودن و یکسانی واریانس متغیر وابسته از طریق آزمون لون ($p=0/45$) بررسی شد. با توجه به برقراری مفروضه‌ها، نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که بالاترین میانگین cTnT در گروه تمرین HIIT، $24/0$ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و کمترین میانگین cTnT در گروه تداومی، $20/4$ پیکوگرم بر میلی‌لیتر است (جدول ۱ و شکل ۱). بر اساس f به دست آمده ($0/84$)، در درجه آزادی ۲ و ۳۳ می‌توان گفت تفاوت معناداری بین میانگین cTnT در گروه‌های کنترل، HIIT و تمرین تداومی وجود ندارد ($p=0/43$).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح cTnT در بافت قلب در تمرینات تداومی کاهش و در HIIT افزایش می‌یابد، اما این تغییرات میان میزان cTnT در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل معنادار نیست.

شرکت در فعالیت‌های بدنی شدید و در مانده ساز همانند تمرینات تناوبی با شدت بالا به عملکرد قلبی آسیب می‌رساند و اساساً بی‌خطر نیست. این خطر نسبی برای آسیب سلول‌های قلبی هنگام فعالیت بدنی شدید افزایش می‌یابد، بنابراین فیزیولوژیست‌های ورزشی به دنبال برنامه‌های تمرینی مناسب هستند که علاوه بر فواید سازگاری‌های قلبی-عروقی از آسیب قلبی جلوگیری کند.

لاگاز-آرس و همکاران [۱۶] ورزش سه‌گانه (سه نوع فعالیت ورزشی شنا، دویدن و دوچرخه‌سواری) به مدت ۶۰ دقیقه را در مردان ورزشکار ورزش سه‌گانه بررسی کردند و سطوح cTnT را در زمان‌های ۵ دقیقه، ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ ساعت پس از فعالیت ورزشی اندازه‌گیری کردند. نتایج این مطالعه افزایش سطوح تروپونین را در تمام شرکت‌کنندگان نشان داد. نتایج تحقیق گزارش شده با نتایج تحقیقی که هیچ‌گونه افزایش معناداری را نشان نداد، متضاد است. در این میان نکته قابل توجه این است که با وجود افزایش معنادار این شاخص‌های قلبی از جمله cTnT که در برخی فعالیت‌های فوق‌استقامتی مشاهده شده است، احتمالاً فعالیت ورزشی باعث رهاش محتوی سلول‌های قلبی می‌شود و باید این مشخص شود که آیا آسیب قلبی واقعی وجود دارد یا خستگی قلبی موقتی است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقادیر cTnT بافتی در فعالیت ورزشی تداومی و HIIT هیچ تغییر معناداری نسبت به مقادیر پیش از تمرین‌ها در هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها نداشته است.

VO_{2max} در صد $70-75$ ؛ و ۶ دقیقه سرد کردن، $50-60$ درصد روی نوارگردان دویدند [۱۳].

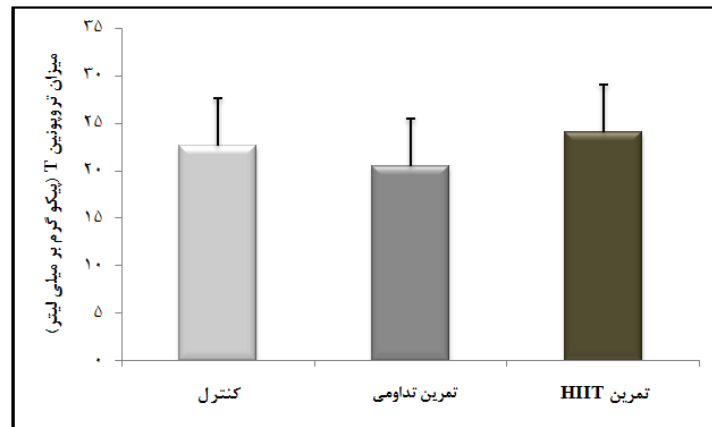
برنامه تمرینی گروه HIIT، به مدت چهار هفته و هر هفته پنج جلسه، شامل دویدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد VO_{2max} روی نوارگردان مخصوص جوندگان بود که رأس ساعت مشخصی در طول روز انجام شد. مدت زمان دویدن روی نوارگردان ۳۰ دقیقه (۶ دقیقه گرم کردن، $50-60$ درصد VO_{2max})، در هفت ست ۴ دقیقه‌ای با شدت بالا ($80-90$ درصد VO_{2max}) به دنبال ۳ دقیقه با شدت کم ($50-60$ درصد VO_{2max}) و ۶ دقیقه سرد کردن ($50-60$ درصد VO_{2max}) بود. در زمان تمرین گروه HIIT، شیب نوارگردان در چهار هفته بین ۵ تا ۲۰ درجه متغیر بود [۱۴ و ۱۵]. در این مدت، گروه کنترل هیچ‌گونه برنامه تمرینی نداشت.

برای از بین بردن آثار حاد تمرین و متغیرهای غیر قابل کنترل استرس آزمودنی‌ها در زمان اجرای برنامه تمرینی، بعد از ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، موش‌ها با رعایت اصول اخلاقی و با تزریق درون صفاقی ترکیبی از کتامین (30 تا 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن، درون صفاقی) و زایلازین (3 تا 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن، درون صفاقی) بی‌هوش شدند. سپس، عضله قلبی از قفسه سینه حیوان برداشته شد، در سرم فیزیولوژیک شستشو داده شد، سپس بلافاصله با استفاده از مایع ازت منجمد و برای سنجش‌های بعدی به فریزر با دمای -70 درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه مرکز تحقیقات سلولی مولکولی پژوهشکده غدد درون‌ریز و متابولیسم دانشگاه شهید بهشتی انتقال داده شد.

با استفاده از کیت الیزای مخصوص موش‌های صحرایی تروپونین T (Rat Cardiac Troponin T (cTnT)) از شرکت Cusabio Biothech ساخت کشور چین و با درجه حساسیت $3/12$ پیکوگرم بر میلی‌گرم به روش الیزا و با توجه به دستورالعمل کارخانه سازنده در دستگاه Elisa Reader شرکت HUISONG کشور چین خوانده شد. در این پژوهش به منظور محاسبه میانگین و انحراف استاندارد از آمار توصیفی، و برای تعیین تفاوت معناداری سطوح تروپونین T در گروه‌های تمرین با گروه کنترل از آزمون ANOVA یک‌طرفه استفاده شد و در صورت معنادار بودن، برای مشخص کردن تفاوت بین دو گروه از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. در این پژوهش پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت و سطح معناداری تحقیق حاضر ($p < 0/05$) است.

جدول ۱. تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه تروپونین T در سه گروه کنترل، تداومی و HIIT

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	F	df	sig
کنترل	۲۲/۶	۵/۳			
تمرین تداومی	۲۰/۴۹	۷/۸	۰/۸۴	۲ و ۳۳	۰/۴۳
تمرین HIIT	۲۴	۶/۶			



شکل ۱. میانگین و انحراف میزان تروپونین T در گروه‌های مختلف

مقاومتی، گروه تمرین استقامتی وامانده‌ساز و تمرین ترکیبی نشان نداد. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر در یک راستاست. گمان می‌رفت که تمرینات HIIT تحقیق حاضر به علت شدت بالای تمرین منجر به آسیب قلبی و افزایش فاکتورهای آسیب قلبی از جمله cTnT شود که نتایج مخالف این بود. بنابراین، به نظر می‌رسد تمرینات HIIT تحقیق حاضر به علت کوتاه بودن زمان فعالیت (۴ هفته) به آسیب قلبی منجر نشود.

نشان داده شده است که تمرینات ورزشی مختلف با هر گونه ویژگی (شدت، مدت، زمان و نوع) تأثیرات متفاوتی بر سطوح تروپونین T می‌گذارد و محققان با توجه به این ویژگی‌ها نتایج متعددی به دست آورده‌اند. بنابراین، با توجه به شیوع حملات قلبی و مرگ‌های ناگهانی در ورزش، که در سال‌های اخیر بسیار مشاهده شده است، بررسی آثار این گونه تمرینات ورزشی بر چنین عواملی در شناخت علل آسیب‌های قلبی ناشی از ورزش بسیار مهم است.

چانگ و همکاران [۱۷۸] به بررسی فعالیت ورزشی درمانده‌ساز شنا بر cTnT در رت‌های نر نژاد اسپراگوداولی پرداختند و افزایش معناداری را در سه زمان ۴، ۱۲ و ۲۴ ساعت نسبت به زمان اولیه مشاهده کردند. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق حاضر در تناقض است. فعالیت ورزشی سازگارهای قلبی - عروقی را افزایش می‌دهد و باعث آسیب به عضله قلب و خستگی قلبی می‌شود. در تحقیق چانگ و همکاران، فعالیت ورزشی وامانده‌ساز cTnT را افزایش داد و نشان‌دهنده آسیب

این موضوع نشان می‌دهد این نوع تمرین‌ها ممکن است به نکرور سلول‌های قلبی یا تغییر در نفوذپذیری غشای آن سلول‌ها منجر نشود. البته، برای اظهار نظر قطعی درباره تأثیر چنین تمریناتی بر شاخص‌های ویژه آسیب سلول‌های قلبی خیلی زود است و تحقیقات بیشتری لازم است تا دقیقاً آثار آن معلوم شود.

البته، شایان ذکر است که در پژوهش حاضر تمرینات هوازی نسبت به HIIT، هر چند غیرمعنادار، کاهش یافته است که گواه این مطلب می‌تواند باشد که تمرینات هوازی آثار سودمندتری دارد و کمتر به آسیب قلبی می‌انجامد. بنابراین، دانشمندان فیزیولوژیست بهتر است از تمرینات هوازی با شدت و مدت مشخص برای بازسازی قلبی بیماران قلبی - عروقی استفاده کنند.

در تحقیقی رجایی و همکاران [۱۷۷] به مقایسه اثر سه نوع تمرین مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر شاخص‌های بیوشیمیایی آسیب‌زای سلول‌های قلبی (cTnT) افراد فعال پرداختند. پروتکل تمرینی، تمرین استقامتی وامانده‌ساز در تمرین آزمون میدانی بالک بود که آزمودنی‌ها بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن، در مسیری ۴۰۰ متری به مدت ۱۵ دقیقه می‌دویدند. پروتکل تمرینی مقاومتی حرکات، پرس سینه، سیم‌کش عمود از بالا، پرس پا، هم‌سترینگ و ساق پا و در نهایت برنامه تمرین ترکیبی، ترکیبی از تمرینات استقامتی و قدرتی بود. نتایج تحقیق تفاوت معناداری را در میزان cTnT در گروه تمرین

تمرینی با توجه به شرایط آزمودنی‌ها، اینکه در چه سطحی از آمادگی هستند یا بیمار و تحت درمان یا عمل جراحی قلبی - عروقی قرار گرفته‌اند باید در برنامه گنجانده شود.

نتیجه‌گیری

در نهایت، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام فعالیت‌های ورزشی HIIT و تداومی به مدت چهار هفته و در شدت مشخص به افزایش سطوح cTnT نمی‌انجامد. این نتیجه احتمالاً گواه این مطلب است که پروتکل‌های تمرینی مطالعه حاضر به قلب آسیب نمی‌رساند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شدت فعالیت ورزشی، عامل مؤثری بر میزان cTnT است. بنابراین، با توجه به تواتر، شدت، زمان (مدت) و نوع فعالیت ورزشی که در برنامه تحقیق حاضر منجر به افزایش سطوح cTnT نشد، می‌توان آن را برای افرادی تجویز کرد که در خطر آسیب‌های قلبی - عروقی هستند. در کل، برای اثبات دقیق تأثیر چنین تمریناتی بر شاخص‌های ویژه آسیب سلول‌های قلبی باید پژوهش‌های بیشتری هم در ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی و هم در افراد عادی انجام شود تا به‌طور دقیق ماهیت آن روشن شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل کار دانشجویان فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شیراز است. از تمامی افراد و مؤسساتی که در این امر مهم ما را یاری کردند، تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

قلبی است. بنابراین، باید تمام جوانب برنامه تمرینی را قبل از انجام آن بررسی کرد. فعالیت ورزشی HIIT که از لحاظ شدت در حد فعالیت ورزشی و آماده‌ساز است و از لحاظ سازگاری قلبی - عروقی در یک راستاست، همراه با فعالیت ورزشی هوازی در تحقیق حاضر هیچ‌گونه افزایش معناداری نشان نداد. بنابراین، احتمالاً می‌توان این نوع برنامه‌های تمرینی را با مدت زمان مشخص جایگزین مناسبی برای فعالیت‌هایی دانست که به آسیب قلبی می‌انجامد.

با توجه به پیشنهاد کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM) بهترین راه درمان، پیشگیری از طریق فعالیت ورزشی است. نشان داده شده است، فعالیت‌های ورزشی هوازی (تداومی) عملکرد قلبی را در انسان بهبود می‌بخشد و سازگاری با فعالیت‌های هوازی با افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی، افزایش برون‌ده قلبی و در نهایت با افزایش اندازه توده بطن چپ قلب ارتباط دارد [۷]. برخی مطالعات نشان می‌دهند، اجرای فعالیت ورزشی طولانی‌مدت یا شدید پاسخ استرسی و تغییرات پاتولوژیکی بارزی مثل آپوتوز را در عضلات مخطط (اسکلتی و قلب)، کبد و کلیه تحریک می‌کند [۵]. هر چند سازوکارهای محرک مرگ سلولی در اندام‌های مختلف هنگام فعالیت ورزشی و پس از آن، کامل شناخته نشده است، صاحب‌نظران معتقدند عواملی مثل نوع برنامه تمرینی و ROS در این سازوکار نقش دارد [۱۹]. مدت زمان فعالیت ورزشی در برنامه تمرینی اهمیت بسیار دارد، زیرا نشان داده شده است که زمان فعالیت ورزشی با افزایش cTnT همبستگی مثبت دارد [۱۱]. بنابراین، برنامه‌های

Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting cardiovascular changes and autonomic adaptation. *Eur J Appl Physiol.*, 2015; 115(4): 763-73.

- [1] Thygesen K, Alpert JS, White HD. Universal definition of myocardial infarction. *J Amer Coll Cardiol.*, 2007; 50(22): 2173-95.
- [2] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, White HD, Simoons ML, Chaitman BR, et al. Third universal definition of myocardial infarction. *Eur Heart J.*, 2012; 33(20): 2551-67.
- [3] Parmacek MS, Solaro RJ. Biology of the troponin complex in cardiac myocytes. *Prog Cardiovasc Dis.*, 2004; 47(3): 159-76.
- [4] Babuin L, Jaffe AS. Troponin: the biomarker of choice for the detection of cardiac injury. *CMAJ*, 2005; 173(10): 1191-202.
- [5] Benda NM, Eijvogels TM, Van Dijk AP, Hopman MT, Thijssen DH. Changes in BNP and cardiac troponin I after high-intensity interval and endurance exercise in heart failure patients and healthy controls. *Int J Cardiol.*, 2015; 184: 426-7.
- [6] Guiraud T, Nigam A, Juneau M, Meyer P, Gayda M, Bosquet L. Acute responses to high-intensity intermittent exercise in CHD patients. *Med Sci Sports Exerc.*, 2011; 43(2): 211-7.
- [7] Shafer KM, Janssen L, Carrick-Ranson G, Rahmani S, Palmer D, Fujimoto N, et al. Cardiovascular response to exercise training in the systemic right ventricle of adults with transposition of the great arteries. *J Physiol.*, 2015; 593(11): 2447-58.
- [8] Piras A, Persiani M, Damiani N, Perazzolo M, Raffi M.

- [9] Leetmaa TH, Dam A, Glintborg D, Markenvard JD. Myocardial response to a triathlon in male athletes evaluated by Doppler tissue imaging and biochemical parameters. *Scand J Med Sci Sports*, 2008; 18(6): 698-705.
- [10] Mehrabi A, Salehi M, Pasavand P. Comparison of the effect of the exercise time (morning or evening) and the amount of Troponin T in men with Cardiovascular diseases. *Razi J Med Scien.*, 2015; 22(134): 107-114. [in Persian]
- [11] Jassal DS, Moffat D, Krahn J, Ahmadi R, Fang T, Eschun G, et al. Cardiac injury markers in non-elite marathon runners. *Int J Sports Med.*, 2009; 30(2): 75-9.
- [12] Guimaraes GV, Ciolac EG, Carvalho VO, D'Avila VM, Bortolotto LA and Bocchi EA, Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension. *Hypertens Res.*, 2010; 33(6): 627-32.
- [13] Burniston JG. Adaptation of the rat cardiac proteome in response to intensity-controlled endurance exercise. *Proteomics*. 2009; 9(1): 106-15.
- [14] Haram PM, Kemi OJ, Lee SJ, Bendheim MØ, Al-Share QY,

- Waldum HL, et al. Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise in the metabolic syndrome of rats artificially selected for low aerobic capacity. *Cardiovasc Res.*, 2009; 81: 723-32.
- [15] Høydal MA, Wisløff U, Kemi OJ, Ellingsen Ø. Running speed and maximal oxygen uptake in rats and mice: practical implications for exercise training. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.*, 2007; 14(6): 753-60.
- [16] Legaz-Arrese A, López-Laval I, George K, José Puente-Lanzarote J, Castellar-Otín C, Reverter-Masià J, et al. Individual variability of high-sensitivity cardiac troponin levels after aerobic exercise is not mediated by exercise mode. *Biomarkers*, 2015; 20(4): 219-24.
- [17] Rejaei F, Mojtahedi H, Marandi M, Rahnema N, Movahedi AM, Bambaiechi E, et al. The effects of resistance, endurance, and combined exercise on cardiac biomarkers in active subjects. *J Isfahan Med Sch.*, 2012; 30(186): 501-511. [in Persian]
- [18] Chang Y, Yu T, Yang H, Peng Z. Exhaustive exercise-induced cardiac conduction system injury and changes of cTnT and Cx43. *Int J Sports Med.*, 2015; 36(1): 1-8.
- [19] Yonezawa LA, Barbosa TS, Watanabe MJ, Marinho CL, Knaut JL, Kohayagawa A. Effect of vitamin E on oxidative and cardiac metabolism in horses submitted to high intensity exercise. *rq. Bras. Med. Vet. Zootec* 2015; 67(1): 71-79.