

بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی در زنان دارای اضافه‌وزن

لیلا نجفی^۱، محمد عزیزی^{۲*}، وریا طهماسبی^۳

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی در زنان دارای اضافه‌وزن است. آزمودنی‌های این پژوهش را ۲۰ زن دارای اضافه‌وزن غیر ورزشکار تشکیل می‌دادند که به‌صورت مساوی و تصادفی به دو گروه تمرین HIIT در شرایط نورموکسی (سن: $27/50 \pm 3/536$ و BMI: $26/2 \pm 94/03$) و تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی (سن: $27/1 \pm 38/49$ و BMI: $26/80 \pm 4/05$) تقسیم شدند. آزمودنی‌های هر دو گروه شش هفته و هر هفته سه جلسه تمرین تناوبی شدید با شدت ۹۰٪ اوج اکسیژن مصرفی اجرا کردند. از همه آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل و بعد از شش هفته اجرای HIIT خون‌گیری به‌عمل آمد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی همبسته و مستقل در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند. یافته‌ها نشان داد که میزان آسپاراتات آمینوترانسفراز در پیش آزمون و پس آزمون هر دو گروه کاهش معنی‌دار یافت، اما میزان آلانین آمینوترانسفراز، کلسترول تام و لیپوپروتئین کم‌چگال تنها در گروه هایپوکسی کاهش معنی‌داری یافت. بنابراین تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی احتمالاً در سلامت کبد و پیشگیری از بیماری‌های مرتبط با چاقی و اضافه‌وزن موثر باشد و تمرین مناسبی برای افراد غیر فعال و چاق است.

واژگان کلیدی: هایپوکسی، HIIT، آسپاراتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز

**The effect of 6 weeks HIIT training in the conditions of hypoxia and normoxia
on liver enzymes levels and lipid profiles in overweight women**

Leila Najafi¹, Mohammad Azizi^{*2}, Worya Tahmasebi²

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of 6 weeks HIIT training in the conditions of hypoxia and normoxia on liver enzymes levels and lipid profiles in overweight women. Subjects consisted of twenty inactive overweight women that were randomly and equal assigned into two groups, HIIT training under normoxia conditions (age: 27.70 ± 3.164 and BMI: 26.2 ± 91.064) and HIIT training under hypoxia conditions (age: 27.20 ± 3.32 and BMI: 27.1 ± 36.49). Both of groups performed HIIT training for six weeks and three times a week with intensity of 90% Peak oxygen consumption. Blood samples were obtained 48 hours before and after six weeks of HIIT training. Data was statistically analyzed by dependent and independent t-test, with a 0.05 significance level. The findings showed that the level of aspartate aminotransferase in pretest and posttest of both groups decreased significantly, but the levels of alanine aminotransferase, total cholesterol and low density lipoprotein only in the hypoxia group significantly decreased. Therefore HIIT training in hypoxic conditions possibly effective in liver health and prevention of diseases associated with obesity and overweight and it's an appropriate training for inactive and obese individuals.

Key words: hypoxia, HIIT, Aspartate Aminotransferase, Alanine aminotransferase.

1. Msc in exercise physiology,

2. Assistant Professor of exercise physiology, sport science department, Razi University, Kermanshah. Iran.

مقدمه

اکسیژن به عنوان گیرنده الکترون نقش مهمی در تولید انرژی به شکل ATP^۱ ایفا می‌کند. سطوح اکسیژن پایین منجر به هایپوکسی بافت می‌شود (ترای‌هرن^۲ و همکاران، ۲۰۰۸). تغییرات اکسیژن در سیستم آلی موجب تغییرات در ترکیب بدن می‌شود (کواین‌ترو^۳ و همکاران، ۲۰۰۹). قرار گرفتن در شرایط هایپوکسی متناوب، وسیله‌ای برای کاهش توده بدن و بهبود عوامل خطر متابولیکی است زیرا هایپوکسی بر تعادل انرژی تأثیر می‌گذارد و مکانیسم فرضی اختلال تعادل انرژی شامل کاهش مصرف انرژی غذایی، کاهش جذب انرژی روده در نتیجه اختلال در عملکرد روده و افزایش انرژی مصرفی است که اغلب از نشانه‌های کوه‌گرفتنی (AMS) است و از دیگر نشانه‌های آن سردرد، تهوع و استفراغ است که پس از سازگاری مناسب به حالت نرمال برمی‌گردد (کایسر^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). قرار گرفتن انسان و موش صحرایی در معرض هایپوکسی باعث افزایش سروتونین و سطوح آدرنژیک خون می‌شود که سروتونین مصرف غذا و پروتئین، انتخاب کربوهیدرات‌ها و وزن بدن را تنظیم می‌کند و پس از تزریق سروتونین به موش منجر به بی‌اشتهایی می‌شود (گانزالس^۵، ۱۹۸۰). علاوه بر این لپتین در تنظیم وزن بدن و کنترل منابع انرژی در افراد چاق نقش دارد (بایلی^۶ و همکاران، ۲۰۰۰). مطالعه لینگ^۷ و همکاران نشان داد که هایپوکسی متناوب منجر به کاهش اشتها و کاهش چربی می‌شود. از سوی دیگر هایپوکسی متناوب نه تنها وزن بدن را با افزایش غلظت لپتین و افزایش بیان لپتین کبد کاهش می‌دهد بلکه گلوکز سرم و کلسترول خون را کاهش می‌دهد و از استاتوز سلولهای کبدی در موش‌های چاق جلوگیری می‌کند (لینگ و همکاران، ۲۰۰۸). در نتیجه به افراد چاق توصیه می‌شود که یک هفته در ارتفاع ۲۶۵۰ متر بمانند تا وزن‌شان کاهش یابد (لیپل^۸ و همکاران، ۲۰۱۰).

افزایش چربی در بدن معمولاً با چاقی شکمی در افراد کم‌تحرک همراه است که می‌تواند زمینه‌ساز بیماری‌هایی همچون کبد چرب شود (شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۵). کبد تحت تأثیر چاقی می‌گیرد که با هپاتومگالی^۹، هپاتومگالی^۹، افزایش مقادیر آنزیم‌های کبد و تغییرات بافتی کبد از جمله استاتوز، استاتوهپاتیت، فیروز و سیروز کبدی در ارتباط است (قریشی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۶). بیماری کبد چرب غیرالکلی^{۱۱}، یک التهاب کبدی است که بر اثر تجمع بیش‌ازاندازه چربی در بافت کبد ایجاد می‌شود. این بیماری، گاهی باعث اختلال در فعالیت طبیعی بافت کبد از جمله نارسایی کبد یا سیروز کبدی می‌شود (شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۵). اگرچه شیوع واقعی بیماری کبد چرب غیرالکلی ناشناخته باقی‌مانده است اما حدود ۳۵-۲۰ در جمعیت غربی و ۱۹-۳۲٪ در جمعیت آسیا و شیوع بالاتری حدود ۹۰-۷۰ در افراد چاق وجود دارد (علویان^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۹؛ دامور^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۴). این بیماری به نظر می‌رسد با برخی بیماری‌های متابولیک ارتباط نزدیک دارد از جمله افزایش کلسترول، چاقی، تری‌گلیسرید خون و دیابت را

می‌توان نام برد (وانلس^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۰). در این بیماری تغییراتی در سطوح آنزیمی کبد ایجاد می‌شود که از جمله حساس‌ترین و پرمصرف‌ترین آنزیم‌های تشخیصی کبد، آمینوترانسفرازها می‌باشند که در این زمینه می‌توان به اسپاراتات آمینوترانسفراز (AST یا SGOT) و آلانین آمینوترانسفراز (SGPT یا ALT) اشاره کرد. آمینوترانسفرازها باعث کاتالیز واکنش‌های شیمیایی در سلول‌ها می‌شوند که گروه آمین از یک مولکول دهنده به مولکول گیرنده منتقل می‌گردد. این آنزیم‌ها به‌طور معمول داخل سلول‌های کبدی قرار دارند، زمانی که کبد دچار آسیب می‌شود سلول‌های کبدی، آنزیم‌ها را وارد جریان خون می‌کنند و بالا رفتن سطح آنزیم‌ها در خون نشانه آسیب کبدی است (۲۰۰۳). استراوس^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۰) شیوع آنزیم‌های غیرطبیعی کبد در افراد چاق یا دارای اضافه‌وزن بررسی کردند و دریافتند ۶۰٪ افراد با افزایش سطوح ALT، دارای اضافه‌وزن و چاق بودند که به‌طور کلی افراد دارای اضافه‌وزن و چاق به ترتیب ۶٪ و ۱۰٪ سطوح ALT بالایی داشتند و حدود ۱٪ نوجوانان چاق سطوح ALT دو برابری نسبت به افراد طبیعی نشان دادند (استراوس و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از بافت‌های درگیر در هنگام فعالیت بدنی، کبد بوده که میزان آنزیم‌های آن در خون ممکن است در اثر فعالیت ورزشی افزایش پیدا کند (کاواس^{۱۶} و همکاران، ۲۰۰۴). تاکنون برنامه‌های فعالیت ورزشی بسیاری، هم چون فعالیت‌های ورزشی تداومی و با شدت متوسط، برای کاهش چربی بدن تجویز شده‌اند، با این وجود، علی‌رغم زمان‌بر بودن چنین برنامه‌های تمرینی برخی از آن‌ها در کاهش چشمگیر چربی بدن ناموفق بوده‌اند (جانسون^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۹؛ بوتکر^{۱۸} و همکاران ۲۰۰۹). تمرین اینتروال با شدت زیاد (HIIT) در برگیرنده وهله‌های فعالیت ورزشی تکراری با شدت بالا برای ۲۰ ثانیه تا چند دقیقه و فواصل استراحتی ۱ تا ۵ دقیقه است (گیبالا^{۱۹} و همکاران، ۲۰۰۸). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تمرین اینتروال پر شدت به‌طور معناداری چربی زیرپوستی به‌ویژه چربی ناحیه شکم و هم‌چنین کل توده بدن را کاهش داده و میزان اکسیژن مصرفی بیشینه، و حساسیت انسولین را بهبود می‌بخشد (بوتکر و همکاران، ۲۰۱۱؛ پری^{۲۰} و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده است که تمرین اینتروال با شدت بالا در مقایسه با تمرین تداومی با شدت متوسط کالری بیشتری را می‌سوزاند و اکسیداسیون چربی را پس از فعالیت بیشتر افزایش می‌دهد و هم‌چنین هزینه انرژی آن بیشتر از فعالیت ورزشی یکنواخت (در حالت پایدار) است (کینگ^{۲۱} و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه زائر قدسی و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر ۸ هفته تمرین HIIT بر نیمرخ لیپیدی و پارامترهای آنترپومتریک زنان غیر فعال بررسی کردند و دریافتند سطوح نیمرخ لیپیدی در گروه تجربی بهبود یافته است؛ هم‌چنین وزن، درصد چربی بدن، دور کمر، دور شکم و دور قفسه سینه افراد قبل و بعد از تمرین تفاوت معنی‌داری داشت (زائر قدسی و همکاران، ۲۰۱۴). اما در مطالعه‌ی، کونگ^{۲۲} و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر ۵ هفته تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر ترکیب بدن و نیمرخ لیپیدی در زنان جوان دارای اضافه‌وزن بررسی کردند و هیچ تأثیر معناداری در متغیرهای سرم نیمرخ لیپیدی و ترکیب بدن دو گروه مشاهده نشد (کونگ و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به اهمیت تأثیر فعالیت

1. Adenosine triphosphate
2. Trayhurn
3. Quintero
4. Kayser
5. Gonzales
6. Bailey
7. Ling
8. Lippl
9. Hepatomegaly
10. Qureshi
11. Nonalcoholic Fatty Liver Disease
12. Alavian
13. Damor

14. Wanless
15. Strauss
16. Cavas
17. Johnson
18. Boutcher
19. Gibala
20. Perry
21. King
22. Kong

برای ۲۰ بار تکرار کردند و در پایان، ۵ دقیقه روی دوچرخه (۷۰ دور در دقیقه) سرد کردند. در هفته‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم به ترتیب ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ بار فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با شدت $90\% \text{VO}_{2\text{PEAK}}$ را تکرار کردند (آلکاhtانی^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). آزمودنی‌های گروه نورموکسی در شرایط عادی و شدت تمرین مشابه گروه هایپوکسی روی دوچرخه رکاب زدند و گروه هایپوکسی در شرایط هوای ۱۴٪ غلظت اکسیژن (معادل ارتفاع ۳۳۰۰ متر) کیسه داگلاس بگ رکاب زدند.

نمونه‌گیری و تجزیه و تحلیل خون

این تحقیق در دو مرحله نمونه‌های خونی از سیاهرگ دست چپ هریک از آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته و در حالت استراحت ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون‌ها و بعد از آخرین جلسه تمرین تناوبی شدید در مرکز خدمات جامع سلامت شهری ثامن الائمه کرمانشاه بین ساعت ۸ تا ۹ صبح به صورت ناشتا گرفته شد. در این تحقیق مقدار سرمی آنزیم‌های کبدی به روش فتومتریک توسط کیت‌های شرکت پارس آزمون استفاده شد.

روش آماری

برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار اسپاس اس ۲۱ استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد سن، قد و وزن و شاخص توده بدن (BMI) استفاده شد. ابتدا برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگوروف اسمیرنوف استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، برای اختلاف بین پیش و پس از تمرینات از آزمون تی زوجی برای اختلاف درون‌گروهی و از آزمون تی مستقل برای اختلاف بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معناداری آماری نیز ($P \leq 0.05$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این تحقیق ۲۰ زن دارای اضافه وزن به دو گروه ۱۰ نفره (گروه تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و گروه تمرین HIIT در شرایط نورموکسی) تقسیم شدند که اطلاعات دموگرافیک آن‌ها در جدول شماره ۱ آورده شده است. نشان می‌دهد که مقادیر وزن و شاخص توده بدن در هر دو گروه کاهش معنی‌دار یافت.

همانطور که در جدول ۲ آورده شده است، شش هفته تمرین HIIT منجر به کاهش معنی‌دار در سطح سرمی آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز، آسپاراتات آمینوترانسفراز در پیش آزمون و پس آزمون هر دو گروه شد اما این کاهش در گروه هایپوکسی بیشتر بود؛ همچنین منجر به کاهش معنی‌دار در کلسترول تام، لیپوپروتئین کم‌چگال و افزایش معنی‌دار لیپوپروتئین پرچگال در پیش آزمون و پس آزمون گروه هایپوکسی شد ($P \leq 0.05$). به عبارتی تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی باعث بهبود بیشتر آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی شده‌اند. در حالی که در مورد تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین پرچگال هر دو گروه تفاوت معنی‌دار نبود ($P \geq 0.05$). مقایسه میانگین تفاضل پیش آزمون و پس آزمون بین دو گروه هایپوکسی و نورموکسی نشان داد که اختلاف میانگین غلظت سرمی آلانین آمینوترانسفراز و کلسترول تام معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$), در حالی که در مورد متغیرهای

ورزشی بر افراد اضافه‌وزن، به‌خصوص بر آنزیم‌های کبدی، نیمرخ چربی و عدم مقایسه‌ی تمرین در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر روی آنزیم‌های کبدی و ضدونقیض بودن نتایج تحقیقات مختلف؛ بنابراین در این پژوهش به بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و نیمرخ چربی در زنان دارای اضافه‌وزن می‌پردازیم.

روش پژوهش

پژوهش حاضر به صورت نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون انجام شد. جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان زن دارای اضافه وزن دانشگاه رازی کرمانشاه تشکیل می‌دادند که ۲۲ نفر از آن‌ها به صورت داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند و دو نفر از آن‌ها در حین پژوهش به دلیل شرایط خروج از پژوهش حذف شدند. شرایط ورود آزمودنی‌ها به پژوهش: دارا بودن شاخص توده بدن ۲۵ تا ۳۰ (کیلوگرم بر متر مربع)، عدم شرکت در برنامه منظم تمرینی دیگر، عدم مصرف دارو و مکمل‌های تأثیر گذار بر تمرین در طول پژوهش، دارا بودن سلامت جسمانی و عدم ابتلا به هر گونه بیماری‌های کبد و کلیه، سرطان و دیابت نوع I و II در ۵ سال گذشته بود. بر همین اساس پس از تأیید فرم شرکت در پژوهش و پاسخ به پرسش نامه سلامت به عنوان آزمودنی انتخاب شدند.

آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی ($n=10$) و نورموکسی ($n=10$) تقسیم شدند. جلسات آشنایی آزمودنی‌ها با فرآیند پژوهش و نحوه انجام آزمون‌ها با فاصله ۷۲ ساعت از آغاز پیش آزمون به انجام رسید. خونگیری ۴۸ ساعت قبل و بعد از اجرای پروتکل در ساعت ۸ صبح در آزمایشگاه مرکز بهداشتی و درمانی ثامن الائمه انجام شد. تست $\text{VO}_{2\text{PEAK}}$ ، ۴۸ ساعت قبل از شروع تمرین HIIT از هر دو گروه گرفته شد. اندازه‌گیری‌های انجام شده شامل قد، وزن، شاخص توده بدن، نسبت دور کمر به باسن، درصد چربی زیر پوستی، ترکیب بدنی، آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌ها بود.

به‌منظور تعیین نقطه $\text{VO}_{2\text{PEAK}}$ ابتدا آزمودنی‌ها روی دوچرخه کارسنج به مدت ۵ دقیقه با توان ۲۵ وات شروع به گرم کردن می‌کنند، سپس تست را با ۶۰ دور در دقیقه و بدون بار برای ۲ دقیقه آغاز کردند. پس از آن بار کار دوچرخه هر ۲ دقیقه یک‌بار ۲۹ وات (0.5 کیلوگرم) تا زمان رسیدن به ۱۱۸ وات افزایش یافت و از این نقطه به بعد توان ۱۵ وات (0.25 کیلوگرم) تا زمان رسیدن به خستگی ارادی افزایش یافت (لفتن^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). در طول آزمون، میانگین حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن دفعی به شیوه نفس به نفس با استفاده از دستگاه گاز آنالیزر اندازه‌گیری و با نرم‌افزار در رایانه ثبت شد.

پروتکل تمرین تناوبی شدید (HIIT)

تمام آزمودنی‌های هر دو گروه در ۳۶ جلسه تمرین HIIT روی دوچرخه کارسنج (سه جلسه در هفته) شرکت کردند. مدت‌زمان فعالیت ورزشی در هفته‌ی اول ۲۰ دقیقه بود و ۵ دقیقه هر هفته تا زمان رسیدن به ۴۵ دقیقه در آخرین هفته (هفته ششم) افزایش یافت. جلسات تمرین HIIT به این صورت بود که آزمودنی‌ها ۵ دقیقه گرم کردن روی دوچرخه (۷۰ دور در دقیقه) را آغاز کردند، سپس ۳۰ ثانیه با شدت $90\% \text{VO}_{2\text{PEAK}}$ رکاب زدند و ۳۰ ثانیه استراحت غیرفعال داشتند. هفته‌ی اول ۳۰ ثانیه فعالیت ورزشی را

۶۰ □ دو فصلنامه مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش/سال سوم/شماره دوم/ ۱۳۹۵

آسپاراتات آمینوترانسفراز، تری گلیسرید، لیپوپروتئین پرچگال و لیپوپروتئین کم چگال معنی دار نبود ($P \geq 0.05$).

جدول ۱. خصوصیات دموگرافیک آزمودنی های مطالعه

| متغیر | گروه | پیش آزمون | پس آزمون | P |
|--|----------|---------------|---------------|--------|
| سن (سال) | نورموکسی | ۲۷/۵۰ ± ۲/۵۳۶ | - | - |
| | هایپوکسی | ۲۶/۸۰ ± ۴/۰۵۰ | - | - |
| قد (سانتی متر) | نورموکسی | ۱۶۲/۷۵ ± ۴/۹۶ | - | - |
| | هایپوکسی | ۱۶۱/۳۰ ± ۷/۱۶ | - | - |
| وزن (کیلوگرم) | نورموکسی | ۷۱/۴۹ ± ۹/۴۸ | ۷۰/۳۸ ± ۸/۸۴ | ۰/۰۹* |
| | هایپوکسی | ۷۱/۱۶ ± ۷/۴۵ | ۷۰/۳۳ ± ۷/۳۶ | ۰/۰۱۶* |
| شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع) | نورموکسی | ۲۶/۹۴ ± ۲/۰۲ | ۲۶/۵۰ ± ۱/۸۵ | ۰/۰۱۴* |
| | هایپوکسی | ۲۷/۳۸ ± ۱/۴۹ | ۲۷/۰۶ ± ۱/۵۶ | ۰/۰۱۳* |
| VO ₂ peak (میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) | نورموکسی | ۱۷/۷۰ ± ۳/۹۷ | - | - |
| | هایپوکسی | ۱۷/۷۰ ± ۲/۳۱ | - | - |
| توده چربی (کیلوگرم) | نورموکسی | ۲۴/۳۱ ± ۴/۳۷ | ۲۳/۸۰ ± ۴/۳۷ | ۰/۰۱۹* |
| | هایپوکسی | ۲۴/۷۱ ± ۳/۴۰ | ۲۳/۹۶ ± ۳/۲۵ | ۰/۱۴۴ |
| درصد چربی (درصد) | نورموکسی | ۳۴/۲۱ ± ۱/۶۸ | ۳۳/۸۱ ± ۱/۷۶ | ۰/۰۱۹* |
| | هایپوکسی | ۳۵/۲۹ ± ۲/۵۱ | ۳۴/۲۱ ± ۱/۷۹ | ۰/۱۲۷ |
| توده عضلانی (کیلوگرم) | نورموکسی | ۴۲/۳۶ ± ۴/۶۰ | ۴۲/۲۲ ± ۴/۶۷ | ۰/۵۹۸ |
| | هایپوکسی | ۴۱/۴۵ ± ۴/۴۴ | ۴۱/۵۵ ± ۴/۰۳ | ۰/۸۳۹ |
| نسبت دور کمر به باسن | نورموکسی | ۰/۷۵۸ ± ۰/۰۴۶ | ۰/۷۵۷ ± ۰/۰۴۱ | ۰/۸۹۷ |
| | هایپوکسی | ۰/۷۳۵ ± ۰/۰۳۵ | ۰/۷۳۲ ± ۰/۰۴۴ | ۰/۴۳۴ |

* در سطح $P \leq 0/05$ معنی دار است.

جدول ۲. مقایسه میانگین و انحراف معیار تغییرات درون گروهی و بین گروهی آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی در دو گروه مورد مطالعه

| متغیر | گروه | پیش آزمون | پس آزمون | سطح معنی داری درون گروهی | سطح معنی داری بین گروهی |
|--|----------|----------------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| الانین آمینو ترانسفراز (واحد بر لیتر) | نورموکسی | ۱۸/۹۰ ± ۵/۸۷ | ۱۷/۵۰ ± ۶/۳۸ | ۰/۲۳۰ | ۰/۰۲۲* |
| | هایپوکسی | ۲۰/۷۰ ± ۳/۴۹ | ۱۵/۵۰ ± ۲/۵۹ | ۰/۰۳۸* | |
| آسپاراتات آمینو ترانسفراز (واحد بر لیتر) | نورموکسی | ۱۶/۸۰ ± ۲/۶۱ | ۱۵/۶۰ ± ۲/۵۹ | ۰/۰۲۴* | ۰/۴۴۵ |
| | هایپوکسی | ۱۷/۴۰ ± ۲/۹۱ | ۱۵/۴۰ ± ۲/۳۶ | ۰/۰۱۹* | |
| تری گلیسرید (میلی گرم/دسی لیتر) | نورموکسی | ۹۶/۹۰ ± ۳۲/۱۹ | ۸۸/۱۰ ± ۳۰/۶۰ | ۰/۴۹۳ | ۰/۲۹۴ |
| | هایپوکسی | ۱۱۵/۴۰ ± ۲۷/۵۸ | ۸۱/۷۰ ± ۲۵/۱۵ | ۰/۱۱۸ | |
| کلسترول تام (میلی گرم/دسی لیتر) | نورموکسی | ۱۵۷/۷۰ ± ۲۴/۸۶ | ۱۶۴/۶۰ ± ۱۵/۶۷ | ۰/۵۰۴ | ۰/۰۲۴* |
| | هایپوکسی | ۱۷۶/۲۰ ± ۱۹/۲۴ | ۱۵۷/۳۰ ± ۲۲/۹۹ | ۰/۰۰۰* | |
| لیپوپروتئین پرچگال (میلی گرم/دسی لیتر) | نورموکسی | ۴۸/۲۰ ± ۶/۵۴ | ۵۰/۷۰ ± ۴/۸۰ | ۰/۲۱۹ | ۰/۳۸۰ |
| | هایپوکسی | ۴۴/۳۰ ± ۹/۷۵ | ۴۸/۹۰ ± ۸/۰۴ | ۰/۰۰۸* | |
| لیپوپروتئین کم چگال (میلی گرم/دسی لیتر) | نورموکسی | ۹۸/۱۰ ± ۱۲/۷۶ | ۸۸/۳۰ ± ۲۰/۳۵ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۱۴ |
| | هایپوکسی | ۱۰۵/۸۰ ± ۱۲/۷۴ | ۹۵/۵۰ ± ۱۹/۲۸ | ۰/۰۳۸* | |

* در سطح $P \leq 0/05$ معنی دار است.

بحث و نتیجه گیری

امروزه چاقی یک عامل خطر برای توسعه‌ی کبد چرب غیر الکلی است. کبد چرب هیچ علائمی ندارد و افراد باید بدانند که اگر دچار چاقی شکمی و اضافه وزن بیش از حد هستند، احتمال چربی کبدی دارند. از این رو هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و حداکثر اکسیداسیون چربی در زنان دارای اضافه وزن می‌باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، ۶ هفته تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی در زنان دارای اضافه وزن تأثیرگذار است، به طوری که آسپاراتات آمینو ترانسفراز در هر دو گروه (هایپوکسی و نورموکسی) و آلانین آمینو ترانسفراز در گروه هایپوکسی کاهش معنی داری یافت. نتایج برخی از مطالعات قبل با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد؛ به عنوان مثال، فتحی و همکاران (۱۳۹۵) هشت هفته مصرف چای سبز، تمرین هوازی و ترکیب آن‌ها بر آنزیم‌های کبدی زنان

دارای اضافه وزن بررسی کردند و نشان داد که مقادیر وزن و نمایه توده بدن در هر سه گروه کاهش معنی دار یافته است و مقادیر ALT در گروه تمرین هوازی و تمرین هوازی با چای سبز و مقادیر AST در گروه چای سبز و تمرین هوازی تغییر معنی داری داشت (فتحی و همکاران، ۱۳۹۵). نوبهار و میردار (سال ۱۳۹۱)، تأثیر ۷ جلسه تمرین فزاینده و ماندگار ساز بر برخی آنزیم‌های شاخص آسیب عضله دختران فعال بررسی کردند و بیان کردند که مقادیر AST در گروه تجربی پس از ۲۴ ساعت استراحت کاهش چشمگیری را نشان دادند (نوبهار و میردار، ۱۳۹۱). لینگ و همکاران (سال ۲۰۰۸) نیز به بررسی اثرات هایپوکسی متناوب بر وزن بدن، قند خون و کلسترول خون موش‌های چاق پرداختند که به طور تصادفی به چهار گروه A (کنترل)، گروه B (هایپوکسی متناوب)، گروه C (رژیم غذایی پرچرب)، گروه D (رژیم غذایی پرچرب و هایپوکسی) تقسیم کردند و نتیجه گرفتند که به طور میانگین وزن بدن، قند خون، کلسترول خون، تراکم توزیع سلول‌های چربی کبد در گروه B و D پایین تر از گروه A و C است. در حالی که غلظت لپتین سرم به طور

پاسخ‌های مشابه یا بهتری از نظر آمادگی جسمانی، مارکرهای خطر متابولیکی و ترکیب بدن در بار کاری پایین‌تر گزارش کردند (ویسنر و همکاران، ۲۰۱۰). جعفری و رمضانی (۱۳۹۱) هشت هفته تمرین همزمان استقامتی تناوبی و مقاومتی و استقامتی تداومی و مقاومتی بر قدرت، ترکیب بدنی و پروفایل‌های لیپید در پسران غیرورزشکار دارای اضافه وزن بررسی کردند. مقدار لیپوپروتئین کم چگال، درصد چربی بدن و تری گلیسرید در هر دو گروه کاهش معناداری یافت. بزرگ‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) تاثیر ۱۲ هفته تمرینات منظم تداومی و تناوبی هوازی بر آنزیم‌های کبدی AST، ALT و ALP موش‌های صحرایی ماده ویستار بررسی کردند که مقادیر لیپوپروتئین کم-چگال به طور معنی داری کاهش و مقادیر لیپوپروتئین پرچگال به طور معنی داری نسبت به گروه کنترل افزایش نشان دادند.

از تحقیقات ناهمسو با این نتایج، کونگ و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر ۵ هفته تمرین HIIT روی دوچرخه در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر ترکیب بدن و نیمرخ لیپیدی در زنان جوان دارای اضافه وزن بررسی کردند و هیچ تاثیر معناداری در متغیرهای سرم نیمرخ لیپیدی و ترکیب بدن دو گروه مشاهده نشد. عابدنطنزی و چوپانی (۲۰۱۴) شش هفته تمرین HIIT بر نیمرخ لیپیدی زنان دارای اضافه وزن بررسی کردند که منجر به بهبود نیمرخ لیپیدی در گروه تجربی شد اما از نظر آماری معنادار نبود (عابدنطنزی و چوپانی، ۲۰۱۴). دلایل اختلاف یافته‌های مطالعه حاضر در مقابل یافته‌های پیشین، تفاوت نوع و شدت تمرین است که نقش مهمی در تنظیم بسج اسید چرب آزاد دارند (رومی جن^۳ و همکاران، ۱۹۹۳). جریان خون در بافت چربی زیر جلدی در پاسخ به تمرینات با شدت پایین افزایش می‌یابد و فلات جریان خون با افزایش شدت فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد که این طی فعالیت ورزشی با شدت بالا یک مکانیسم مهم برای کاهش بسج اسید چرب آزاد در طی فعالیت ورزشی و همچنین افزایش سهم گلیکولیز هوازی/بی‌هوازی در تولید ATP است (هینونن^۴ و همکاران، ۲۰۱۲ و رومی جن و همکاران ۱۹۹۳). اخیراً یافت شده است که جریان خون بافت چربی طی فعالیت ورزشی با تنفس هایپوکسی بیشتر کاهش می‌یابد که احتمالاً ناشی از افزایش تحریک سمپاتیک در عروق بافت چربی است (هینونن و همکاران، ۲۰۱۲).

بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد تمرین HIIT در شرایط هایپوکسی با بهبود آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی می‌تواند احتمالاً در سلامت کبد و پیشگیری از بیماری‌های مرتبط با چاقی و اضافه وزن موثر باشد و تمرین مناسبی برای افراد غیر فعال و چاق است.

تشکر و قدردانی

از تمامی آموزدنی‌های محترم که در انجام این مطالعه با ما همکاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

معناداری افزایش یافته است. در نتیجه هایپوکسی متناوب، با افزایش غلظت لپتین و افزایش بیان لپتین کبد، وزن بدن را کاهش می‌دهد و نیز سطوح قند خون و کلسترول خون را کاهش می‌دهد و در عین حال به طور مؤثری از استاتوز کبدی جلوگیری می‌کند (لینگ و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج هم به دست آمده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. میرزایی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند میانگین فعالیت آنزیم‌های AST و ALT هوانوردان ارتشی پس از قرار گرفتن ۳ تا ۵ دقیقه در معرض هایپوکسی به طور معناداری افزایش یافت (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۴). گایینی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که غلظت‌های پلاسمایی AST پس از یک جلسه فعالیت افزایش معناداری یافت در حالی که هیچ افزایش معناداری در غلظت سرمی ALT ایجاد نشد (گایینی و همکاران، ۲۰۱۳). رضایی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی روی موش‌های صحرایی نر (نژاد اسپراگو-داولی) نشان دادند سه جلسه تمرین در شیب منفی، افزایش معنی داری در سطح سرمی آنزیم‌های آلانین آمین ترانسفراز و آسپاراتات آمینو ترانسفراز ایجاد می‌کند (رضایی و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از تأثیرات مهم فعالیت‌های ورزشی بر کبد می‌تواند تغییرات آنزیم‌های کبدی باشد. بر اساس نتایج حاصله از تحقیقات، کبد یکی از اندام‌های حیاتی درگیر در فعالیت‌های ورزشی مختلف بوده که ممکن است در اثر این فعالیت‌ها، میزان آنزیم‌های آن در خون افزایش یابد. در حقیقت، افزایش آلانین آمینو ترانسفراز و آسپاراتات آمینو ترانسفراز سرمی، نشان‌دهنده ورود آنزیم‌های کبدی و عضلانی به گردش خون است. بنابراین، تغییر غلظت این آنزیم‌ها می‌تواند به علت آسیب عضلانی باشد (عابدی^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به بررسی مطالعات مختلف می‌توان این طور بیان کرد که در مطالعات مختلف، محققین از پروتکل‌های تمرینی متفاوتی استفاده کرده‌اند که شاید بتوان دلیل این ناهمسانی در نتایج را به نوع پروتکل تمرینی نسبت داد. البته نمی‌توان از دیگر عوامل اصلی از قبیل سابقه تمرین، نوع آزمودنی، سطح آمادگی جسمانی، نوع ورزش، تعداد جلسات تمرین، شرایط تمرین (هایپوکسی و نورموکسی) که هر کدام می‌توانند یک دلیل اصلی برای این تفاوت‌ها باشند چشم پوشی کرد، به طوری که در اکثر مطالعات، این متغیرها از یک مطالعه به مطالعه دیگر فرق دارند.

از دیگر نتایج تحقیق حاضر، کاهش معنی دار کلسترول تام، لیپوپروتئین کم چگال و افزایش معنی دار لیپوپروتئین پرچگال در پیش آزمون و پس آزمون گروه هایپوکسی است. همسو با نتایج تحقیق حاضر زائر قدسی و همکاران (۲۰۱۴) ۸ هفته تمرین HIIT بر نیمرخ لیپیدی و پارامترهای آنترپومتریک زنان غیر فعال بررسی کردند و دریافتند سطوح کلسترول و لیپوپروتئین کم چگال کاهش معنی داری و لیپوپروتئین پرچگال افزایش معنی داری یافت. همچنین وزن، درصد چربی بدن، دور کمر، دور شکم و دور قفسه سینه افراد قبل و بعد از تمرین تفاوت معنی داری داشت. نتیجه گرفتند این نوع تمرین با صرف زمان کمتری، تمرین مناسبی برای افراد غیر فعال است. مطالعه‌ی عبدالملکی و همکاران (سال ۱۳۹۴) ۱۲ هفته تمرین اینتروال کم حجم با شدت زیاد و تمرین تداومی سنتی بر سطوح نیمرخ لیپیدی مردان چاق انجام داد و متوجه شد هر دو گروه نسبت به پیش آزمون به طور معناداری بهبود یافته بود (عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۴). مطالعه‌ی ویسنر^۲ و همکاران (سال ۲۰۱۰)، چهار هفته تمرین فزاینده با شدت ۶۵٪ VO_{2PEAK} در دو گروه هایپوکسی و نورموکسی در افراد چاق را بررسی کردند که در گروه هایپوکسی

- humans". *J. Appl. Physiol.* 112, 1059–1063. doi: 10.1152/jappphysiol.00732.2011
16. Johnson, Nathan A, Sachinwalla, Toos, Walton, David W, Smith, Kate, Armstrong, Ashley, Thompson, Martin W, & George, Jacob (2009). "Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss". *Hepatology*, 50(4), 1105-1112.
 17. Kayser, B, & Verges, S. (2013). "Hypoxia, energy balance and obesity: from pathophysiological mechanisms to new treatment strategies". *Obesity reviews*, 14(7), 579-592.
 18. King, J, Broeder, C, Browder, K, & Panton, L. (2002). "A comparison of interval vs. steady-state exercise on substrate utilization in overweight women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*"5(34), S130.
 19. Kong, Zhaowei, Shi, Qingde, Nie, Jinlei, Tong, Tomas K, Song, Lili, Yi, Longyan, & Hu, Yang. (2017). "High-Intensity Interval Training in Normobaric Hypoxia Improves Cardiorespiratory Fitness in Overweight Chinese Young Women". *Frontiers in physiology*, 8.
 20. Ling Q, Sailan W, Ran J, Zhi S, Cen L, Yang X et al (2008). "The effect of intermittent hypoxia on bodyweight, serum glucose and cholesterol in obesity mice". *Pak J Biol Sci* 11:869–875
 21. Ling, Qin, Sailan, Wen, Ran, Jing, Zhi, Song, Cen, L, Yang, X, & Xiaoqun, Q. (2008). "The effect of intermittent hypoxia on bodyweight, serum glucose and cholesterol in obesity mice. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 11(6), 869-875.
 22. Lippl, Florian J, Neubauer, Sonja, Schipfer, Susanne, Lichter, Nicole, Tufman, Amanda, Otto, Bärbel, & Fischer, Rainald. (2010). "Hypobaric hypoxia causes body weight reduction in obese subjects". *Obesity*, 18(4), 675-681.
 23. Liver, F(2003). "Alcoholic Liver Disease Study Group of Chinese Liver Disease Association Diagnostic criteria of nonalcoholic fatty liver disease". *Zhonghua Gan Zang Bing Za Zhi.* 11(2): p. 71.
 24. Loftin, Mark, Sothorn, Melinda, Warren, Barbara, & Udall, John. (2004). "Comparison of VO2 peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth". *Journal of sports science & medicine*, 3(4), 554.
 25. Mirzaei-Dizgah I. and Mominzadeh M (2014) . "Serum Aminotransferase Alteration Following Altitude Chamber Experience in Military Aircrew". *Journal of Archives in Military Medicine.* 2(1).
 26. Nobahar, M, & Mirdar, SH. (2012). "The effects of one progressive session exercise in day during a week on some enzymes muscle damage in active girls". *Appl Res Sport Manage Biol*, 2(1), 1-12. [Persian].
 27. Perry, Christopher GR, Heigenhauser, George JF, Bonen, Arend, & Spriet, Lawrence L. (2008). "High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle ". *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1112-1123.
 28. Quintero P, Milagro FI, Campion MJA (2009) . "Impact of oxygen availability on body weight management". *Med Hypothesis* 74:901–907
 29. Qureshi I, A Shabana, and A Fareeha (2006). " Effect of overweight and obesity on liver function in a sample from Pakistani population". *PAKISTAN JOURNAL OF ZOOLOGY.* 38(1): p. 49.
 30. Rezaei, M, Rahimi, E, Bordbar, S, & Namdar, S. (2013). "The Effects Of Three Sessions Of Running On A Negative Slope On Serum Levels Of AST And ALT In Adult Male Rats". *Zahedan J Res Med Sci*, 15(5), 47-50. [Persian].
 1. Abdolmaleki A, Samavatisharif MA, Nikbakht-Nasrabadi P, & Amini R (2014). "The Effects of 12 Weeks of Low-volume High-intensity Interval Training and Traditional Continuous Exercise Training on Adiponectin Level and Lipids Profile in Obese Young Men" . *Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences.* 22(5) [persian].
 2. Abednatanzi H, Choopani Z. (2014). "The Effect of Six Weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) on Plasmatic Levels of Cellular Adhesion Molecules (ICAM-1) and Lipid Profile in Young Overweight Women" *International Research Journal of Applied and Basic Sciences.* 8 (11), 2082-2088
 3. Alavian, S.M, Alizadeh M, Esna- Ashari A.H, Ardalan F, Hajarizadeh G (2009). "Non- alcoholic fatty liver disease prevalence among school- aged children and adolescents in Iran and its association with biochemical and anthropometric measures". *Liver international.* 29(2), 159-163.
 4. Alkahtani, Shaea A, King, Neil A, Hills, Andrew P, & Byrne, Nuala M. (2013). "Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men. *Springerplus*". 2(1), 532.
 5. Bailey DM, Davies B, Baker J (2000). "Training in hypoxia: modulation of metabolic and cardiovascular risk factors in men". *Med Sci Sport Exerc.* 32,1058–1066.
 6. Barzegarzadeh-Zarandi H, Dabidy-Roshan V (2012) . "Changes in some liver enzymes and blood lipid level following interval and continuous regular aerobic training in old rats". *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences.* 14(5),13-23 [persian].
 7. Boutcher, S. and S. Dunn (2009) . "Factors that may impede the weight loss response to exercise- based interventions". *Obesity Reviews.* 10(6), p. 671-680.
 8. Boutcher, S.H (2011). "High-intensity intermittent exercise and fat loss". *Journal of obesity.*
 9. Cavas, L. and L. Tarhan (2004) . "Effects of vitamin-mineral supplementation on cardiac marker and radical scavenging enzymes, and MDA levels in young swimmers". *International journal of sport nutrition and exercise metabolism.* 14(2), p. 133-146.
 10. Damor, Kirti, Mittal, Kanchan, Bhalla, Ashu Seith, Sood, Rita, Pandey, Ravindra M, Guleria, Randeep, Vikram, Naval K. (2014). "Effect of Progressive Resistance Exercise Training on Hepatic Fat in Asian Indians with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease" .
 11. Fathei M, Khairabadi S, Ramezani F, Hejazi K. (2016). "The effects of eight weeks aerobic training, green tea supplementation and compound of them on serum liver enzymes and apolipoproteins in inactive overweight women". *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences.* 59, (2), 114-123.[Persian].
 12. Gaeni, P., I. Island, and P. Ghorbani (2013). "The effect of one bout high intensity interval training on liver enzymes level in elite soccer players". *Cell.* 98, p. 9354424124.
 13. Gibala, M.J. and S.L. McGee (2008). "Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?" *Exercise and sport sciences reviews.* 36(2), p. 58-63.
 14. Gonzales GF (1980). "Serotonin blood levels under several physiological situations". *Life Sci* 27:647–650.
 15. Heinonen, I., Bucci, M., Kemppainen, J., Knuuti, J., Nuutila, P., Boushel, R., et al. (2012). "Regulation of subcutaneous adipose tissue blood flow during exercise in

34. Trayhurn P, Wang B, Wood IS (2008) "Hypoxia in adipose tissue: a basis for the dysregulation of tissue function in obesity?" *Br J Nutr* 100:227-235.
35. Wanless, I.R. and J.S. Lentz (1990). "Fatty liver hepatitis (steatohepatitis) and obesity: an autopsy study with analysis of risk factors". *Hepatology*. 12(5): p. 1106-1110.
36. Wiesner, Susanne, Haufe, Sven, Engeli, Stefan, Mutschler, Harry, Haas, Ute, Luft, Friedrich C, & Jordan, Jens. (2010). "Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight to obese subjects". *Obesity*, 18(1), 116-120.
37. Zaer Ghodsi, Nasrin, Zolfaghari, Mohammad Reza, & Fattah, Amir. (2016). "The Impact of High Intensity Interval Training On Lipid Profile, Inflammatory Markers and Anthropometric Parameters in Inactive Women". *Medical Laboratory Journal*, 10(1), 56-60.
31. Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., et al. (1993). "Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration". *Am. J. Physiol.* 265(3 Pt 1), E380-E391.
32. Shamsoddini A, Sobhani V, Chehreh M , Alavian S M, & Zaree, Ali. (2015). "Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with nonalcoholic fatty liver disease". *Hepatitis monthly*, 15(10).
33. Strauss RS, Barlow SE, Dietz WH (2000). "Prevalence of abnormal serum aminotransferase values in overweight and obese adolescents". *The Journal of pediatrics*.136(6):727-33.