

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال هفتم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۳۹۹؛ صفحات ۱۸-۹

مقاله پژوهشی

مقایسه اثر تمرینات تناوبی شدید و هوازی بر سطوح سرمی پروتئین شبه آنژیوپوتین-۴ و نیمرخ لیپیدی در دختران هندبالیست نخبه

فاطمه ایزانلو^۱، نجمه رضائیان^{۲*}، مهسا پکنده^۳

تاریخ دریافت: ۵ فرودین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۲۴ خرداد ۱۳۹۹

چکیده

هدف: پروتئین شبه آنژیوپوتین-۴ (ANGPTL4) پروتئین مهارکننده لیپوپروتئین لیپاز است که در تنظیم متابولیسم چربی‌ها، هموستاز گلوکز و حساسیت انسولینی نقش دارد. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر چهار هفته تمرینات تناوبی شدید (HIIT) در مقایسه با تمرینات هوازی بر سطوح سرمی ANGPTL4 و نیمرخ لیپیدی در دختران هندبالیست نخبه بود. روش شناسی: ۳۰ دختر نوجوان هندبالیست (میانگین سنی $16/85 \pm 1/4$ سال)، با سابقه حداقل چهار سال عضویت در تیم هندبال استان خراسان شمالی، انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه تجربی و یک گروه کنترل تقسیم شدند. آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی در چهار هفته تمرینات تناوبی شدید (تناوب‌های دویدن در شدت ۹۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با تناوب‌های استراحت ۳-۱ دقیقه‌ای دویدن در شدت ۶۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه، ۳۰ دقیقه در هر جلسه) و تمرینات هوازی (دویدن با شدت ۷۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه، ۶۰-۴۵ دقیقه در هر جلسه)، سه جلسه در هفته، شرکت کردند. خون‌گیری به‌منظور اندازه‌گیری فاکتورهای خونی قبل و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه، آزمون تی زوجی و آزمون همبستگی پیرسون در سطح معنی‌داری آماری $P < 0/05$ انجام شد. **نتایج:** تفاوت معنی‌داری بین سطوح سرمی ANGPTL4 و نیمرخ لیپیدی پس از تمرینات تناوبی شدید و هوازی گزارش نشد ($P > 0/05$). با این‌حال، در گروه تمرین هوازی کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید ($P = 0/032$) و در گروه تمرینات تناوبی شدید کاهش معنی‌دار کلسترول خون ($P = 0/048$) مشاهده شد. علاوه بر این، در گروه تمرینات تناوبی شدید و هوازی، به ترتیب، بین تغییرات ANGPTL4 سرم با تغییرات تری‌گلیسرید ($P = 0/010$) و لیپوپروتئین پرچگال ($P = 0/014$) ارتباطی معنی‌دار وجود داشت. **نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد که حجم و شدت تمرینات ورزشی بر سطوح سرمی ANGPTL4 در دختران هندبالیست نخبه تاثیر ندارد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین شبه آنژیوپوتین-۴، نیمرخ لیپیدی، تمرینات تناوبی شدید، تمرینات هوازی، هندبالیست نخبه

نحوه ارجاع: فاطمه ایزانلو، نجمه رضائیان، مهسا پکنده. مقایسه اثر تمرینات تناوبی شدید و هوازی بر سطوح سرمی پروتئین شبه آنژیوپوتین-۴ و نیمرخ لیپیدی در دختران هندبالیست نخبه. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۹؛ ۷(۱): ۱۸-۹.



با

اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران

۲. دکتری تخصصی فیزیولوژی ورزشی، استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران، (نویسنده مسئول):
rezaeian.n@gmail.com

۳. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

Original Article

Effect of High Intensity Interval Training Versus Aerobic Training on Serum Levels of Angiotensin-Like 4 and Lipids Profile in Elite Handball player GirlsFatemeh Izanlu¹, Najmeh Rezaeian^{2*}, Mahsa Pekand³

Received 24 March 2020 ; Accepted 13 June 2020

Abstract

Aim: Angiotensin-Like 4 (ANGPTL4) is the inhibitor protein of lipoprotein lipase playing role in regulating lipids metabolism, glucose hemostasis and insulin sensitivity. The purpose of this study was to investigate the effect of four weeks of high intensity interval training (HIIT) versus aerobic training on serum levels of angiotensin-Like 4 (ANGPTL4) and lipids profile in elite handball player girls. **Method:** 30 young handball player girls (mean aged 16.85±1.4 years), with at least four years of membership history in handball team of North Khorasan Province, were selected and randomly divided into two groups of experimental and one control group. Subjects in experimental groups participated in four weeks of HIIT [running at intensity of 95-90 percentage of maximum heart rate and resting intervals of 1-3 minutes running at 60-50 percentage of maximum heart rate] and aerobic training (running at 50-70 percentage of maximum heart rate, 45-60 minutes per session), three sessions per week. The blood samples were taken factors before and 48 hours after last training session to assess blood factors. Data analysis was done by One-way ANOVA, paired t-test, and Pearson correlation, and P<0.05 considered significant. **Results:** There were no significant differences between ANGPTL4 levels following HIIT and aerobic training (P>0.05). However, triglyceride levels significantly decreased in aerobic group (P=0.032) and cholesterol levels significantly declined in HIIT group (P=0.048). Furthermore, there existed significant correlation between changes in ANGPTL4 levels and changes in levels of triglyceride (P=0.010) and high-density lipoprotein (P=0.014), following HIIT and aerobic training, respectively. **Conclusion:** It seems that volume and intensity of exercise training do not effect on serum levels of ANGPTL4 in elite handball player girls.

Keywords: Angiotensin-Like Protein (ANGPTL4), Lipids Profiles, High Intensity Interval Training, Aerobic Training, Elite Handball Player



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Msc in Exercise Physiology, Department of physical education, Bojnourd branch, Islamic azad university, Bojnourd, Iran.

2. PhD in Exercise Physiology, Assistant Professor, Department of physical education, Bojnourd branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran. (Corresponding Author)
Email: Rezaeian.n@gmail.com

3. Msc in Exercise Physiology, Faculty of physical education and sports sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

Cite as: Fatemeh Izanlu, Najmeh Rezaeian, Mahsa Pekand. Effect of High Intensity Interval Training Versus Aerobic Training on Serum Levels of Angiotensin-Like 4 and Lipids Profile in Elite Handball player Girls. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2020; 7(1): 9-18.



مقدمه

رشته هندبال نیازمند عملکرد متوسط تا شدید سیستم هوایی (قلبی- عروقی) و همزمان عملکرد چشمگیر سیستم بی‌هوازی در تولید انرژی است (۱). به طوری که، ۲۰ درصد از تولید انرژی در هندبال توسط سیستم بی‌هوازی غیرلاکتیکی، ۳۰ درصد توسط سیستم بی‌هوازی لاکتیکی و ۵۰ درصد انرژی نیز از سیستم هوایی تامین می‌شود (۲). یکی از راه‌کارهای موجود جهت بهبود عملکرد هوایی انجام تمرینات کم‌شدت‌تر هوایی در طولانی‌مدت و بهره‌مندی از سازگاری‌های متابولیکی حاصل از آن می‌باشد. مع‌هذا، دستیابی به عملکرد بهتر در ورزشکاران ورزیده مشکل‌تر است و افزایش حجم تمرین نیز معمولاً در بهبود عملکرد چندان مثرتر نیست. بنابراین، مربیان و ورزشکاران به دنبال پیدا کردن راه‌کارهای جدید جهت ارتقا هرچه بیشتر عملکرد و سازگاری‌های فیزیولوژیکی موردنیاز رشته‌های ورزشی هستند. از آنجا که هندبال یک رشته ورزشی با تناوب‌های فعالیت شدید به حساب می‌آید و کار انجام شده طی هندبال عموماً به عنوان یک فعالیت چرخشی طولانی‌مدت با ویژگی تناوبی تفسیر می‌شود، می‌توان گفت تمرینات با ماهیت تناوبی می‌توانند در بهبود عملکرد بازیکنان هندبال بسیار موثر باشند؛ تمریناتی نظیر تمرین تناوبی شدید^۱ (HIIT) (۳). مطالعات اخیر نشان دادند بهبود عملکرد استقامتی، به‌ویژه در ورزشکاران نخبه، از طریق HIIT نیز قابل دستیابی هستند (۴). تمرین تناوبی شدید ترکیبی از تمرینات سرعتی و تناوبی بوده (۵) که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. این دسته از تمرینات شامل تناوب‌های به نسبت کوتاه فعالیت با شدت حداکثر یا شدتی نزدیک به شدتی که اکسیژن مصرفی اوج (VO_{2Peak}) در آن به‌دست می‌آید، بوده که با تناوب‌های استراحت فعال یا غیرفعال از هم جدا می‌شوند (۶). به بیان دیگر، تمرینات تناوبی شدید، تمریناتی کم‌حجم و در عین حال شدید و اثربخش بوده که دامنه وسیعی از سازگاری‌های متابولیکی و عملکردی را به دنبال دارد و موجب بهبود هر دو سیستم هوایی و بی‌هوازی و آمادگی بیشتر دستگاه‌های بدن می‌شود (۶). ازجمله، کاهش محتوای توده چربی بدن و افزایش مصرف چربی‌ها به دنبال HIIT به مراتب بیشتر از تمرینات زمان‌بر هوایی بوده است (۷۸). اگرچه این سازوکارها مفروض هستند اما دقیقاً مشخص نیست که چه عامل یا عواملی سبب بهبود متابولیسم پس از تمرینات تناوبی شدید می‌شود. به تازگی گروه جدیدی از پروتئین‌های مترشحه از بافت چربی شناسایی شده‌اند که هم‌چون آدیپوکاین‌ها بر سوخت‌وساز لیپید و احتمالاً گلوکز و در نتیجه متابولیسم انرژی تأثیری عمده دارند (۹). این پروتئین‌ها را در مجموع آنژیوپوتین نامیده و متشکل از نه پروتئین می‌باشند (۹). در این میان، پروتئین شبه آنژیوپوتین-۴ (ANGPTL4) با وزن مولکولی ۵۰ کیلودالتون به عنوان یکی از اعضای خانواده آنژیوپوتین‌ها (۱۰)، سبب کاهش جذب موضعی اسید چرب در عضله غیرفعال شده و اسیدچرب را به عنوان سوخت به عضلات اسکلتی فعال هدایت می‌کند و بدین ترتیب در حفظ هموستاز چربی طی فعالیت ورزشی نقش دارد (۱۱). بنابراین، این امکان وجود دارد که ANGPTL4 یکی از واسطه‌های متابولیکی موثر در توجیه ساز و کار عملکرد متابولیکی پس از تمرینات ورزشی تناوبی شدید یا حتی تمرینات هوایی باشد.

ANGPTL4 در بافت‌های مختلف مانند کبد، بافت چربی، عضله اسکلتی، عضله قلبی و روده بیان می‌شود (۱۲). البته، مطالعات نشان دادند بیان ژنی ANGPTL4 در کبد و پس از آن در بافت چربی بیش‌تر است (۱۳). در بافت کبد، ANGPTL4 با مهار آنزیم لیپوپروتئین‌لیپاز، جذب لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسرید را مهار کرده و از این طریق سبب افزایش سطوح تری‌گلیسرید خون و افزایش ذخیره تری‌گلیسرید کبدی می‌شود (۱۱). علاوه‌براین،

ANGPTL4 عملکرد لیپاز کبدی را مهار کرده و سبب افزایش سطح کلاسترول در کبد می‌شود (۱۴). سطوح پلاسمایی ANGPTL4 در طی روز نوسان ندارد و ثابت است؛ اما عوامل استرس‌زا و فعالیت ورزشی، که متابولیسم را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند موجب بروز تغییراتی قابل توجه در سطوح پلاسمایی ANGPTL4 شوند. به عنوان مثال، ۴۸ ساعت گرسنگی و ۲۵ روز محدودیت شدید کالری می‌توانند سبب افزایش سطوح ANGPTL4 تا ۸۰ درصد مقادیر پایه شوند (۱۵). مطالعات انجام شده در بررسی تأثیر ورزش و فعالیت بدنی بر ANGPTL4، عمدتاً اثر یک وهله فعالیت ورزشی را مورد بررسی قرار داده‌اند. از جمله، لودزکی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند ۲ ساعت شنا کردن (چهار وهله ۳۰ دقیقه‌ای با ۵ دقیقه فواصل استراحت) بر بیان ژنی ANGPTL4 در موش‌هایی که تحت رژیم غذایی پرچرب و کم‌چرب بودند، تأثیر معنی‌داری نداشت (۱۶). با این حال، گورکا^۳ و همکاران (۲۰۲۰) بر افزایش سطوح پلاسمایی ANGPTL4، اسیدهای چرب آزاد و لیپوپروتئین پرچگال^۴ (HDL) و کاهش تری‌گلیسرید پلاسمای پس از ۱۰۰ کیلومتر دو فوق‌ماراتون در مردان تمرین کرده اذعان داشتند (۱۷).

در تعداد محدودی از مطالعات اثر تمرینات ورزشی طولانی‌مدت مورد بررسی قرار گرفته و نتایجی بعضاً متناقض گزارش شده است. کالبرگ^۵ و همکاران (۲۰۱۳) بر افزایش سطوح سرمی ANGPTL4 پس از ۱۲ هفته تمرینات هوایی (با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره، ۷۵-۶۰ دقیقه در هر جلسه، سه جلسه در هفته) در زنان و مردان چاق سالم و غیرفعال اذعان داشتند (۱۴). درمقابل، خسروی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند اجرای ۱۲ هفته تمرینات استقامتی با کاهش معنی‌دار سطوح سرمی ANGPTL4 و بهبود نیمرخ لیپیدی در زنان یائسه چاق و کم‌تحرك همراه بود (۱۸). با این وجود، با توجه به بررسی‌های انجام شده تاکنون در هیچ‌کدام از پژوهش‌های انجام شده، تأثیر تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات هوایی با شدت متوسط بر سطوح سرمی ANGPTL4، به عنوان یکی از عوامل موثر بر متابولیسم لیپیدها، در هندبالیست‌های نخبه مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، با توجه به اهمیت ظرفیت هوایی در عملکرد بازیکنان هندبال، پژوهش حاضر در صدد پاسخ به این سوال است که آیا اجرای چهار هفته تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با چهار هفته تمرینات هوایی بر سطوح سرمی ANGPTL4 و نیمرخ لیپیدی در دختران هندبالیست نخبه تأثیر معنی‌دار دارد یا خیر؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی با روش نیمه تجربی بود. بدین منظور، در روز معین در محل اجرای تمرینات تیم هندبال دختران در شهرستان بجنورد حاضر شده و پس از ارائه توضیحات کامل درباره روند اجرای پژوهش و فواید و خطرات احتمالی مطالعه و با کسب رضایت جهت قبول شرکت در پژوهش حاضر، از بین واجدین شرایط شرکت در این تحقیق، ۳۰ دختر سنین ۱۹-۱۵ سال و با سابقه حداقل ۴ سال عضویت در تیم استان که سالم بوده (نداشتن سابقه بیماری قلبی- عروقی، کبدی، کلیوی، ربوی و دیابت و نداشتن گزارشی از هر نوع ضایعه جسمی و ارتوپدی جدی که با اجرای تمرینات تداخل داشته باشد)، چرخه قاعدگی منظم داشته و از دارو، مکمل و یا رژیم غذایی خاصی استفاده نمی‌کردند، انتخاب و به طور تصادفی به سه گروه [دو گروه تمرینی:

^۴ High-Density Lipoprotein (HDL)^۵ Cullberg KB^۱ High Intensity Interval Training^۲ Ludzki AC^۳ Górecka M

یک گروه تمرینات تناوبی شدید (۱۰ نفر) و یک گروه تمرینات هوازی (۱۰ نفر)، و یک گروه کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند (جدول ۱).

جدول ۱: یافته‌های توصیفی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

گروه‌ها	تناوبی شدید (n=۱۰)	هوازی (n=۱۰)	کنترل (n=۱۰)
متغیرها			
سن (سال)	۱۷/۱ \pm ۱/۰۶	۱۶/۴ \pm ۱/۵	۱۷ \pm ۱/۶
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)	۱۹۶ \pm ۰/۷	۱۹۶/۵ \pm ۱/۰۵	۱۸۱ \pm ۱/۸
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳/۴ \pm ۶/۴	۱۶۳/۲ \pm ۴/۵	۱۶۹ \pm ۴/۲
وزن (کیلوگرم)	۵۹/۱ \pm ۷/۸	۵۷/۷ \pm ۱/۸	۶۰/۱ \pm ۷/۳
شاخص توده بدن (بر مترمربع)	۲۲/۱ \pm ۲/۲	۲۱/۹ \pm ۰/۹	۲۰/۹ \pm ۱/۹
چربی بدن (درصد)	۱۶/۲ \pm ۲/۲	۱۷/۳ \pm ۱/۸	۱۷/۶ \pm ۴/۱
نسبت محیط کمر به لگن (سانتی متر)	۰/۷ \pm ۰/۰۲	۰/۷ \pm ۰/۰۳	۰/۷ \pm ۰/۰۶

۲.

قبل از آغاز اجرای برنامه تمرینی ارزیابی‌ها و اندازه‌گیری‌های اولیه نظیر شاخص‌های آنتروپومتری (قد، وزن، شاخص توده بدنی، محیط‌های بدن، درصد چربی بدن) و ضربان قلب بیشینه (سن $\times 0.7 - 20.8$) (۱۹)، تعیین و اندازه‌گیری گردید. جهت کنترل برنامه غذایی و میزان کالری دریافتی آزمودنی‌ها نیز مقادیر دریافت درشت مغذی‌ها با استفاده از پرسشنامه ۱۰۰ قسمتی غذای دریافتی^۱ در هفت روز متوالی ارزیابی شد. آن‌گاه با توجه به گزارش هفت روزه آزمودنی‌ها و به منظور کاهش تاثیر تفاوت موجود در میزان کالری دریافتی روزانه و عامل رژیم غذایی بر صحت و دقت نتایج پژوهش، برنامه غذایی آزمودنی‌ها در هر دو گروه تجربی طبق برنامه ارائه شده توسط کارشناس تغذیه تا حد امکان همسان سازی گردید. علاوه بر این، با توجه به تاثیر مصرف برخی درشت مغذی‌ها مانند کربوهیدرات (۲۰) و ریزمغذی‌ها مانند ویتامین E (۲۱) بر سطوح ANGPTL4، احتمال تداخل با نتیجه پژوهش حاضر، توصیه‌های لازم ارائه شد. همچنین، به منظور آشنایی با نحوه اجرای پروتکل‌های تمرینی و کنترل عامل آشنایی بر اجرا و عملکرد، قبل از آغاز دوره تمرینی آزمودنی‌ها در هر دو گروه تجربی در دو جلسه تمرینات مربوطه شرکت کردند (۲۲).

۱. پروتکل تمرین

آزمودنی‌ها در هر سه گروه، همزمان، در برنامه تمرین طراحی شده برای فصل آمادگی بازیکنان تیم هندبال شرکت داشتند. برنامه تمرینی فصل آماده‌سازی در فصل تابستان انجام شده و متشکل است از چهار جلسه تمرینی در هفته که سه جلسه شامل تمرینات ترکیبی منتخب (شامل تمرینات هوازی، مقاومتی و توانی) و یک جلسه نیز شرکت در یک شبه مسابقه بود. آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی علاوه بر شرکت در برنامه تمرینی تیم، در پروتکل تمرینی پژوهش حاضر نیز شرکت داشتند.

آزمودنی‌ها در گروه تمرینات تناوبی شدید، پس از ۵-۷ دقیقه گرم کردن، تمرینات معمول را به همراه تیم انجام دادند (حدود ۲۵-۲۰ دقیقه). سپس در تمرینات تناوبی شدید دویدن شرکت کردند. تمرینات تناوبی شدید شامل تناوب‌های دویدن با شدت ۹۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه و تناوب‌های

استراحت دویدن با شدت ۶۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه (به مدت ۳-۱ دقیقه) بود. به طوری که در نهایت، مدت زمان اجرای تمرینات تناوبی شدید در هر جلسه تمرینی به احتساب مجموع تناوب‌های فعالیت و استراحت از ۳۰ دقیقه تجاوز نکنند. در پایان نیز آزمودنی‌ها در ۷-۵ دقیقه سرد کردن شرکت کردند (۲۳). رویهم رفته، مدت زمان اجرای هر جلسه تمرینی حدود ۶۰ دقیقه بود. آزمودنی‌ها در گروه تمرینات هوازی، پس از ۷-۵ دقیقه گرم کردن، تمرینات معمول را به همراه تیم انجام دادند (حدود ۲۵-۲۰ دقیقه). سپس در تمرینات هوازی دویدن با شدت ۷۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۶۰-۴۵ دقیقه شرکت کردند. در پایان نیز آزمودنی‌ها در ۷-۵ دقیقه سرد کردن شرکت کردند (۲۳). رویهم رفته، مدت زمان اجرای هر جلسه تمرینی حدود ۹۰ دقیقه بود. آزمودنی‌ها در گروه کنترل نیز تنها در برنامه تمرین طراحی شده برای فصل آمادگی بازیکنان تیم هندبال شرکت کردند.

خونگیری و آنالیز آزمایشگاهی

اولین خون‌گیری پس از ۱۲ ساعت ناشتایی و بلافاصله قبل از اولین جلسه تمرینی به مقدار ۵ سی سی از ورید دست چپ آزمودنی‌ها انجام شد. دومین خون‌گیری نیز ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین در شرایط آزمایشگاهی انجام شد (جهت کاهش تاثیر التهاب و فشار اکسایشی ناشی از آخرین جلسه تمرین). نمونه‌های خونی جهت جداسازی سرم به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منجمد و برای آنالیزهای بعدی ذخیره شدند. آنالیز بیوشیمیایی و سنجش مقادیر سرمی ANGPTL4 به روش الایزا و با استفاده از کیت تجاری شرکت Eastbiopharm چین انجام شد. ارزیابی تری‌گلیسرید و کلسترول با استفاده از کیت شرکت پیشتاز طب ایران و به صورت کالری‌متری، آنزیمی و اندازه‌گیری end point با روش فتموتریک انجام شد. برای اندازه‌گیری لیپوپروتئین پرچگال (HDL) و لیپوپروتئین کم‌چگال (LDL) نیز از کیت شرکت پیشتاز طب ایران و روش سنجش مستقیم استفاده گردید.

۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای ارزیابی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای مطالعه معنی‌داری تغییرات بین گروهی متغیرهای وابسته از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید و در صورت معینداری هر کدام از تغییرات آزمون تعقیبی بونفرونی انجام شد. از آزمون تی زوجی نیز جهت بررسی معنی‌داری تغییرات درون گروهی پس از آزمون در مقایسه با پیش از آزمون استفاده شد. به کمک آزمون همبستگی پیرسون نیز ارتباط بین فاکتورهای اندازه‌گیری شده برآورد گردید. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و ویرایش ۲۱ در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ انجام شد.

یافته‌ها

یافته‌های توصیفی (میانگین \pm انحراف استاندارد) ویژگی‌های آنروپومتریکی آزمودنی‌های تحقیق و یافته‌های توصیفی حاصل از نمونه‌گیری خونی آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد مطالعه در دو نوبت پیش از آزمون و پس از آزمون به ترتیب در جدول ۲ و ۳ آورده شده است.

نتایج برآمده از آزمون آنالیز واریانس نشان می‌دهد بین پس از آزمون سطح سرمی ANGPTL4 ($F=0.703$, $P=0.508$) و سطوح تری‌گلیسرید ($F=0.949$, $P=0.406$)، کلسترول ($F=1.371$, $P=0.279$)، LDL ($F=0.989$, $P=0.391$) و مقادیر وزن ($F=0.104$, $P=0.957$) و شاخص توده بدنی ($F=0.179$, $p=0.838$)، درصد چربی بدن ($F=0.624$, $p=0.484$) و نسبت محیط کمر به لگن

تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با چهار هفته تمرینات هوازی در گروه‌های تحقیق تفاوتی معنی‌دار مشاهده نشد.

در این مطالعه تاثیر دو نوع تمرین ورزشی مورد بررسی قرار گرفت؛ یکی با شدت متوسط و تداومی و دیگری شدید و تناوبی؛ و جالب ناهمسو بودن جهت تغییرات سطوح ANGPTL4 متعاقب دو نوع پروتکل تمرینی بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، تاکنون، پژوهشی با هدف بررسی و مقایسه تمرینات تناوبی شدید و هوازی با شدت متوسط بر سطوح ANGPTL4 در هذبالیست‌های نخیه انجام نشده است. تنها در دو مطالعه به بررسی تاثیر تمرینات ورزشی هوازی بر سطوح ANGPTL4 پرداخته شده که نتایج این دو مطالعه با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌سو نیست. کالبرگ و همکاران (۲۰۱۳) بر افزایش سطوح سرمی ANGPTL4 پس از ۱۲ هفته تمرینات هوازی در زنان و مردان چاق سالم و غیرفعال اذعان داشتند (۱۴). و در مقابل، خسروی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند اجرای ۱۲ هفته تمرینات استقامتی با کاهش معنی‌دار سطوح سرمی ANGPTL4 در زنان یائسه چاق و کم‌تحرک همراه بود (۱۸). بنابراین، محقق در درجه اول به دنبال توجیه هر چند غیرمعنی‌دار این ناهمسویی است و در این میان سعی در توضیح معنی‌دار نبودن این تغییرات با تکیه بر عوامل تنظیم‌کننده ANGPTL4 نیز خواهد داشت.

یکی از عوامل موثر در تنظیم سطوح ANGPTL4 می‌تواند همین تفاوت در ویژگی دو پروتکل تمرینی اجرا شده و متعاقباً نوع سوخت مصرفی طی هر کدام از تمرینات تناوبی شدید و تمرینات هوازی باشد. با توجه به عملکرد ANGPTL4 در مهار LPL و افزایش سطوح تری‌گلیسرید خون چنین انتظار می‌رود که افزایش سطوح اسیدهای چرب آزاد، که خود سوخت متابولیکی ارجح در تمرینات است، یکی از علل کاهش هرچند غیرمعنی‌دار ANGPTL4 در گروه تمرینات تناوبی شدید باشد (۲۶-۲۴). کاهش ۱۴/۳۶ درصدی تری‌گلیسرید پس از چهار هفته تمرینات تناوبی شدید نیز می‌تواند تا حدودی موید این مطلب باشد. ضمن اینکه، بنابر نتایج آزمون همبستگی

در گروه‌های HIIT و هوازی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. $(F=0/331$ و $p=0/723)$

بنابر نتایج آزمون تی زوجی اجرای چهار هفته تمرینات تناوبی شدید با تغییر معنی‌داری در سطوح سرمی ANGPTL4 ($P=0/589$)، تری‌گلیسرید ($P=0/074$)، HDL ($P=0/094$) و LDL خون ($P=0/478$) همراه نبود، اما کاهش معنی‌دار کلسترول خون مشاهده گردید ($P=0/048$). در گروه هوازی نیز با وجود کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید خون ($P=0/032$)، تغییر معنی‌داری در سطوح ANGPTL4 ($P=0/677$)، کلسترول ($P=0/201$)، HDL ($P=0/943$) و LDL ($P=0/854$) گزارش نشد. با این حال، کلیه شاخص‌های آنتروپومتری نظیر وزن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن و نسبت محیط کمر به لگن پس از تمرینات تناوبی شدید و هوازی با کاهش معنی‌دار همراه بودند ($P<0/05$).

بنابر نتایج آزمون همبستگی پیرسون، بین سطوح اولیه ANGPTL4 سرم با نیم‌رخ لیپیدی (تری‌گلیسرید، کلسترول، HDL و LDL) و ارزش‌های اولیه شاخص‌های آنتروپومتری (وزن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن و نسبت محیط کمر به لگن)، در گروه‌های تجربی، ارتباط معنی‌داری وجود نداشت.

بنابر نتایج آزمون همبستگی پیرسون، در گروه تناوبی شدید بین تغییرات سطوح ANGPTL4 سرم با تغییرات سطوح تری‌گلیسرید ($r=0/10$ ، $P=0/875$) و در گروه تمرینات هوازی بین تغییرات سطوح ANGPTL4 سرم با تغییرات سطوح HDL ($r=0/854$ ، $P=0/014$) ارتباط معنی‌دار مشاهده شد.

بحث و نتیجه گیری

بنابر نتایج این پژوهش، میانگین سطوح سرمی ANGPTL4، پس از چهار هفته تمرینات تناوبی شدید ۴/۶ درصد کاهش داشت ولی پس از چهار هفته تمرینات هوازی ۴/۶۲ درصد افزایش یافت. اما هیچکدام از این تغییرات معنی‌دار نبودند. علاوه بر این، بین تغییرات سطوح ANGPTL4 پس از چهار هفته

جدول ۲: اطلاعات توصیفی شاخص‌های آنتروپومتری (میانگین±انحراف استاندارد) در پیش آزمون و پس آزمون‌ها در گروه‌های تحقیق

متغیرها	گروه‌ها	تناوبی شدید (n=۱۰)	هوازی (n=۱۰)	کنترل (n=۱۰)
پیش آزمون	پیش آزمون	۵۹/۱۰ ± ۷/۸۰	۵۷/۷۰ ± ۱/۸۰	۶۰/۰۱ ± ۷/۳۰
وزن (کیلوگرم)	پس آزمون	* ۵۷/۶۰ ± ۷/۵۰	* ۵۶/۵۰ ± ۲/۰۴	۵۹/۹۰ ± ۷/۵۰
	درصد تغییرات	-۲/۵۰	-۲/۰۷	-۰/۱۸
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	پیش آزمون	۲۲/۱۰ ± ۲/۲۰	۲۱/۹۰ ± ۰/۹۰	۲۰/۹۰ ± ۱/۹۰
	پس آزمون	* ۲۱/۴۰ ± ۲/۱۰	* ۲۱/۴۰ ± ۰/۶۰	۲۰/۹۰ ± ۲/۱۰
	درصد تغییرات	-۳/۱۶	-۲/۲۸	۰/۰
چربی بدن (درصد)	پیش آزمون	۱۶/۲۰ ± ۳/۲۰	۱۷/۳۰ ± ۱/۸۰	۱۷/۶۰ ± ۴/۱۰
	پس آزمون	* ۱۵/۸۰ ± ۳/۲۰	* ۱۶/۸۰ ± ۱/۶۰	۱۷/۵۰ ± ۴/۲۰
	درصد تغییرات	-۲/۴۶	-۲/۸۹	-۰/۵۰
نسبت محیطی کمر به لگن (سانتی متر)	پیش آزمون	۰/۷۰ ± ۰/۰۲	۰/۷۰ ± ۰/۰۳	۰/۷۰ ± ۰/۰۶
	پس آزمون	* ۰/۷۰ ± ۰/۰۲	* ۰/۷۰ ± ۰/۰۲	۰/۷۰ ± ۰/۰۶
	درصد تغییرات	۰/۷	۰/۰	۰/۰

* معنی‌داری در سطح $P<0/05$ ، نتایج آزمون تی زوجی: معنی‌داری تغییرات پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون

تناوبی شدید نیز باشیم. بنابراین، احتمالاً سازوکاری دیگر از تغییرات PPAR- α و تاثیر آن پیشی گرفته و سبب کاهش غیرمعنی دار سطوح ANGPTL4 در گروه تناوبی شدید شده است.

دیگر عامل تنظیم کننده ANGPTL4 که از شدت تمرین تاثیر می‌پذیرد، گلوکوکورتیکوئیدها هستند. بررسی‌های انجام شده نشان داد القاء گلوکوکورتیکوئید مصنوعی (دگزامتازون)، سطوح mRNA پروتئین ANGPTL4 را در سلول‌های اولیه کبد و چربی به میزان دو-سه برابر و در سلول‌های کبد و بافت چربی سفید موش تا چهار برابر افزایش می‌دهد (۳۳). بنابراین، شاید علت اصلی تجزیه بافت چربی هنگام ورزش شدید یا طولانی مدت، افزایش سطوح ANGPTL4 به واسطه افزایش گلوکوکورتیکوئیدها از جمله کورتیزول باشد. کورتیزول مهمترین گلوکوکورتیکوئید مترشح از غده آدرنال، هورمونی متابولیکی است که به واسطه افزایش گلوکوکورتیزول و غلظت گلوکز خون، بدن را قادر می‌سازد در برابر استرس مقابله کند (۳۴). تغییرات غلظت

پیرسون بین تغییرات سطوح ANGPTL4 پس از تمرینات تناوبی شدید با تغییرات تری‌گلیسرید خون ارتباط معکوس معنی‌دار مشاهده شد. در گروه تمرینات هوازی نیز بین تغییرات سطوح ANGPTL4 با تغییرات HDL همبستگی مثبت وجود داشت. بنابراین، درکل، چنین به نظر می‌رسد تغییرات نیم‌رخ لیپیدی در هردو گروه تمرینی تا حدودی بتوانند توجیه کننده تغییرات ناهمسوی ANGPTL4 باشند.

علاوه بر تغییرات نیم‌رخ لیپیدی عوامل دیگری نیز به عنوان تنظیم‌گرهای ANGPTL4 شناسایی شده‌اند که بعضاً در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشدند.

مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های ANGPTL4 متعلق به خانواده گیرنده فعال شده با تکثیرکننده پروکسیزوم (PPAR) شامل PPAR- α ، PPAR- β و PPAR- γ می‌باشند (۲۷). PPARها گیرنده‌های هورمونی هسته هستند که به واسطه نقش تنظیمی که در بیان ژنی آنزیم‌های موثر در متابولیسم اسیدهای چرب و

جدول ۳: اطلاعات توصیفی متغیرهای خونی (میانگین \pm انحراف استاندارد) در پیش آزمون و پس آزمون‌ها در گروه‌های تحقیق

متغیرها	گروه‌ها	تناوبی شدید (n=۱۰)	هوازی (n=۱۰)	کنترل (n=۱۰)
ANGPTL4 (نانوگرم بر لیتر)	پیش آزمون	۶۴/۴۰ \pm ۲۰/۴۰	۵۸/۴۰ \pm ۲۰/۹۰	۶۰/۵۰ \pm ۲۱/۶۰
	پس آزمون	۵۹/۵۰ \pm ۲۰/۷۰	۶۱/۱۰ \pm ۲۱/۵۰	۷۱/۵۰ \pm ۱۹/۳۰
	درصد تغییرات	-۴/۶۴	۴/۶۲	۱۸/۱۸
تری‌گلیسرید (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	پیش آزمون	۱۱۰ \pm ۱۷/۰۴	۹۵/۸۰ \pm ۲۹/۴۰	۱۱۰/۴۰ \pm ۴۱/۳۰
	پس آزمون	۹۴/۲۰ \pm ۲۹/۶۰	۷۸/۷۰ \pm ۲۰/۳۰*	۱۱۱/۱۰ \pm ۵۲/۶۰
	درصد تغییرات	-۱۴/۳۶	-۱۷/۸۴	۰/۶۳
کلسترول (نانوگرم بر دسی‌لیتر)	پیش آزمون	۱۳۲/۷۰ \pm ۲۳/۸۰	۱۴۱/۷۰ \pm ۲۲/۸۰	۱۶۳/۵۰ \pm ۴۷/۷۰
	پس آزمون	۱۱۳/۱۰ \pm ۳۰/۶۰*	۱۳۰/۱۰ \pm ۱۹/۷۰	۱۴۰/۴۰ \pm ۵۳/۵۰
	درصد تغییرات	-۱۴/۷۷	-۸/۱۸	-۱۴/۱۲
HDL (نانوگرم بر دسی‌لیتر)	پیش آزمون	۴۵/۲۰ \pm ۵/۴۰	۴۶/۷۰ \pm ۸/۰۹	۴۶/۱۰ \pm ۹/۱۰
	پس آزمون	۴۷/۷۰ \pm ۷/۴۰	۴۷ \pm ۱۶/۷	۵۴/۵۰ \pm ۶/۰۷
	درصد تغییرات	۱۸/۶۵	۰/۶۴	۱۸/۲۲
LDL (نانوگرم بر دسی‌لیتر)	پیش آزمون	۶۱/۱۰ \pm ۲۱/۱۰	۶۹/۴۰ \pm ۱۵/۲۱	۶۵/۸۰ \pm ۱۵/۷۰
	پس آزمون	۶۶/۴۰ \pm ۱۰/۶۰	۶۸/۲۰ \pm ۱۵/۲۶	۶۸/۱۰ \pm ۱۲/۸۰
	درصد تغییرات	۸/۶۷	-۱/۷۳	۳/۵

* معنی داری در سطح $P < 0.05$ ، نتایج آزمون تی زوجی؛ معنی داری تغییرات پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون

بتا اکسیداسیون دارند، از جمله فاکتورهای کلیدی در کنترل متابولیسم لیپیدها به حساب می‌آیند و پاسخ‌های سازشی متابولیکی به تغییر در دسترس بودن سوخت را میانجی‌گری می‌کنند (۲۹ و ۲۸). برخی مطالعات بر افزایش سطوح سرمی و بیان ژنی اعضای خانواده PPAR نظیر PPAR- α پس از تمرینات استقامتی اذعان داشتند (۳۰). اگرچه سطوح PPAR- α در این مطالعه اندازه‌گیری نشد، اما از آنجا که آگونیست‌های PPAR- α بیان ANGPTL4 را در بافت‌های مختلف تحریک می‌کند (۱۵، ۳۱)، این امکان وجود دارد که افزایش بیان ژنی، فعالیت و یا سطوح سرمی PPAR- α سبب افزایش هرچند غیرمعنی - دار ANGPTL4 پس از تمرینات هوازی شده باشد. اما نکته قابل تامل در این باب تاثیر شدت تمرین در تنظیم سطوح PPAR- α می‌باشد (۳۲). بنابراین انتظار می‌رفت سطوح PPAR- α به دنبال تمرینات تناوبی شدید بیشتر افزایش یافته و در نتیجه شاهد افزایش سطوح سرمی ANGPTL4 پس از تمرینات

کورتیزول از شدت تمرین تاثیر می‌پذیرد (۳۵)؛ به طوری که حداقل شدت تمرینی لازم و کافی جهت وقوع تغییر در غلظت کورتیزول در بالغین ۶۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه عنوان شده است (۳۶). چرا که فعالیت بدنی در شدت بالا با تحریک محور هیپوتالاموس - هیپوفیز - آدرنال (HPA)، افزایش دمای مرکزی بدن، افزایش ترشح کورتیزول و رهایی کورتیزول از پروتئین‌های حامل، افزایش غلظت کورتیزول را به همراه خواهد داشت (۳۵). در مطالعه حاضر سطوح سرمی کورتیزول اندازه‌گیری نشد. اما همان‌گونه که نورهیم و همکاران (۲۰۱۴) نیز در پژوهش خود اشاره کردند (۲۴)، انتظار می‌رود با توجه به شدت فعالیت ورزشی سطوح کورتیزول در گروه تمرینات تناوبی شدید افزایش یافته و متعاقباً سبب افزایش سطوح ANGPTL4 گردد. اما، همان‌گونه که اشاره شد، سطوح ANGPTL4 در گروه تمرینات تناوبی شدید کاهش غیرمعنی‌دار داشته است.

تناوبی شدید و تمرینات هوازی با شدت متوسط اذعان داشتند. در مطالعه حاضر سطوح انسولین سرم اندازه‌گیری نشد (۴۲). اما، از آنجا که انسولین قادر است به واسطه فعال کردن مسیر PI3K/FOXO1 سبب کاهش بیان ژنی ANGPTL4 گردد (۴۳)؛ انتظار می‌رود کاهش سطوح انسولین پس از تمرینات تناوبی شدید کاهش غیرمعنی‌دار بیان ژنی و متعاقباً سطوح ANGPTL4 را به دنبال داشته باشد.

نتیجه‌گیری

بنابر پژوهش حاضر، با وجود بهبود برخی شاخص‌های نیم‌رخ لیپیدی و بهبود ترکیب بدن در گروه‌های تمرینی، اجرای چهار هفته تمرینات تناوبی شدید و تمرینات هوازی شدت متوسط با تغییری معنی‌دار سطوح ANGPTL4 همراه نبود. از جمله محدودیت‌های این پژوهش تعداد کم آزمودنی‌ها و کوتاه بودن طول دوره تمرین بود. ضمن اینکه، به دلیل محدودیت در اندازه‌گیری برخی شاخص‌های تنظیم‌گر ANGPTL4، توجیه تغییرات ANGPTL4 پس از تمرینات تناوبی شدید و تمرینات هوازی شدت متوسط، با حدس و گمان امکان‌پذیر است. بنابراین، انجام مطالعات مشابه در مدت زمان طولانی‌تر و در تعداد آزمودنی‌های بیشتر توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های این پژوهش تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

تضاد منافع: نویسندگان مقاله هیچ نفع متقابل از انتشار آن ندارند.

منابع

1. Michalsik LB, Aagaard P. Physiological Capacity and Physical Testing in Male Elite Team Handball. *J Sports Med Phys Fitness* 2015; 55(5):415-29.
2. Kurkcu R. The effects of short-term exercise on the parameters of oxidant and antioxidant system in handball players. *Afr J Pharm Pharmacol* 2010; 4(7): 448-452.
3. Bilge M. Interval Training Specific to Handball and Training Program Designs. *World Appl Sci J* 2013; 25 (7): 1066-1077.
4. Driller MW, Fell JW, Gregory JR, Shing CM, Williams AD. The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *Int J Sports Physiol Perform* 2009; 4(1):110-21.
5. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, McGee SL, Gibala MJ. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008; 586(1): 151-60.
6. Bayati M, Gharakhanloo R, Aghaalinezhad H, Farzad B. Effect of high velocity- intensity interval training on aerobic and aeorobic performance in untrained men. *Research in sports sciences* 2011; 3(9): 25-40. [In Persian]
7. Williams CB, Zelt JG, Castellani LN, Little JP, Jung ME, Wright DC, Tschakovsky ME, Gurd BJ. Changes in mechanisms proposed to mediate fat loss

فاکتور القا شده با هایپوکسی نظیر فاکتور القا شده با هایپوکسی ۱-آلفا (HIF1- α) نیز دیگر عامل محرک بیان ANGPTL4 بوده (۳۷) که به دنبال فعالیت ورزشی افزایش یافته و از این طریق در انتقال متابولیسم از بی‌هوازی به سمت هوازی نقش دارد (۳۸). سطوح و یا بیان HIF1- α نیز در این مطالعه بررسی نشد؛ اما با توجه به رابطه مستقیم بین ANGPTL4 و HIF1- α ، این احتمال وجود دارد که HIF1- α یکی از علل افزایش غیرمعنی‌دار ANGPTL4 در گروه تمرینات هوازی باشد. با این حال ارزیابی HIF1- α در راستای تایید یا رد اثرگذاری آن بر سطوح سرمی ANGPTL4 توصیه می‌شود.

از میان دیگر عوامل مؤثر در تنظیم ANGPTL4، شاید یکی از مهم‌ترین عوامل شرایط التهابی بدن باشد؛ چراکه نیم‌رخ التهابی بدن در پاسخ به استرس‌های مختلف از جمله فعالیت بدنی بسیار واکنش‌پذیر بوده و سریعاً دستخوش تغییر می‌شود. دوتون و تراپهرن^۱ (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تاثیر آدیپوکین‌ها و برخی شاخص‌های التهابی و متابولیکی در تنظیم بیان ژنی ANGPTL4 نشان دادند عواملی از قبیل لپتین، نورآدرنالین، TNF- α ، اینترلوکین‌ها (مانند اینترلوکین ۱- بتا، اینترلوکین-۶ اینترلوکین-۱۰ و اینترلوکین-۱۸) و از همه بیشتر پروستوگلاندین‌های التهابی نظیر پروستوگلاندین D2 و پروستاگلاندین J2، سبب افزایش بیان ژنی ANGPTL4 می‌شوند (۲۶).

ترپ^۲ و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند ۱۵ هفته تمرینات تناوبی شدید سبب کاهش معنی‌دار سطوح لپتین شده است (۳۹). یکی از عوامل مؤثر بر سطوح لپتین به دنبال تمرینات ورزشی تغییرات ترکیب بدنی است. به طوری که بهبود ترکیب بدنی معمولاً کاهش سطوح لپتین را به همراه خواهد داشت. اگرچه سطوح لپتین سرم در این پژوهش اندازه‌گیری نشد ولی با توجه به کاهش وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و نسبت محیط کمر به لگن در پژوهش حاضر احتمال کاهش سطوح لپتین وجود دارد. اما توجه به این نکته نیز ضروری است که تغییرات لپتین از شدت تمرین نیز متاثر می‌شود (۴۰). بنابراین با توجه به همبستگی مثبت بین لپتین و ANGPTL4 و بزرگ‌تر بودن تغییرات وزن و شاخص توده‌بدن پس از تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات هوازی، این امکان وجود دارد که کاهش سطوح لپتین پس از تمرینات تناوبی شدید یکی از علل کاهش غیرمعنی‌دار سطوح ANGPTL4 باشد. اما از آنجا که انتظار می‌رود لپتین پس از تمرینات هوازی نیز کاهش یابد (۴۱)، پس تغییرات لپتین نمی‌تواند توجیه کننده افزایش غیرمعنی‌دار ANGPTL4 پس از تمرینات هوازی باشد. در رابطه با تغییرات دیگر فاکتورهای پیش‌التهابی نیز فرضیه فوق می‌تواند صادق باشد. چراکه اجرای تمرینات تناوبی شدید و هوازی هر دو می‌توانند سبب کاهش سطوح سرمی TNF- α و IL-6 شده و توجیه کننده تغییرات هر چند غیرمعنی‌دار سطوح ANGPTL4 در گروه تمرینات تناوبی شدید باشد (۴۲). اما، نکته حائز اهمیت این است که تغییرات ANGPTL4 غیرمعنی‌دارند که خود برمی‌گردد به طول مدت اجرای پروتکل تمرینی یعنی چهار هفته. و این احتمال وجود دارد که مدت زمان نسبتاً کوتاه پروتکل جهت ایجاد تغییرات معنی‌دار در نیم‌رخ التهابی و متعاقباً تغییر معنی‌دار در سطوح ANGPTL4 کافی نبوده است. البته این احتمال نیز وجود دارد که عملکرد عاملی که در تنظیم بیان ژنی یا سطوح ANGPTL4 نقش مهمی داشته سبب تخفیف اثر تحریکی هر کدام از این عوامل تنظیم‌گر شده باشد. عاملی نظیر انسولین.

از قدیم انسولین را با قند خون مرتبط می‌دانستند، و اتفاقاً انسولین آثار عمیقی بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و هموستاز گلوکز دارد. احمدی زاد و همکاران (۲۰۱۵) بر کاهش سطوح انسولین و بهبود مقاومت به انسولین پس از تمرینات

^۱ Trapp EG

^۲ Dutton S and Trayhurn P



20. Ingerslev B, Hansen JS, Hoffmann C, Clemmesen JO, Secher NH, Scheler M, de Angelis MH, Häring HU, Pedersen BK, Weigert C, Plomgaard P. Angiopoietin-like protein 4 is an exercise-induced hepatokine in humans, regulated by glucagon and cAMP. *Mol Metab* 2017; 6(10): 1286–1295.
21. Hoene M, Irmeler M, Beckers J, de Angelis MH, Häring HU, Weigert C. A Vitamin E-Enriched Antioxidant Diet Interferes with the Acute Adaptation of the Liver to Physical Exercise in Mice. *Nutrients* 2018; 10(5): 547.
22. Akima H, Takahashi H, Kuno SY, Masuda K, Masuda T, Shimojo H, Anno I, Itai Y, Katsuta S. Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(4):588-94.
23. Sperlich B, De Marées M, Koehler K, Linville J, Holmberg HC, Mester J. Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *J Strength Cond Res* 2011; 25(5):1271- 8.
24. Norheim f, Hjorth m, Torgrim M, Langleite, Sindre Lee, Holen T, Bindesbøll C, Stadheim HK, Gulseth HL, Birkeland KI, Kielland A, Jensen J, Dalen KT, Drevon KA. Regulation of angiopoietin like protein 4 production during and after exercise. *Physiol Rep* 2014; 2(8):1-11.
25. Lichtenstein L, Kersten S. Modulation of plasma TG lipolysis by Angiopoietin-like proteins and GPIHBP1. *Biochim Biophys Acta* 2010; 1801(4):415-20.
26. Dutton S, Trayhurn P. Regulation of angiopoietin-like protein 4/fasting-induced adipose factor (Angptl4/FIAF) expression in mouse white adipose tissue and 3T3-L1 adipocytes. *British journal of nutrition*. 2008; 100(01):18-26.
27. Mandard S, Zandbergen F, Tan NS, Escher P, Patsouris D, Koenig W, Kleemann R, Bakker A, Veenman F, Wahli W, Müller M, Kersten S. The direct peroxisome proliferator-activated receptor target fasting-induced adipose factor (FIAF/PGAR/ANGPTL4) is present in blood plasma as a truncated protein that is increased by fenofibrate treatment. *J Biol Chem* 2004; 279(33):34411-20.
28. Iemitsu M, Miyauchi T, Maeda S, Tanabe T, Takanashi M, Irukayama-Tomobe Y, Sakai S, Ohmori H, Matsuda M, Yamaguchi I. Aging-induced decrease in the PPAR- α level in hearts is improved by exercise training. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2002; 283(5): H1750-H1760.
29. Muoio DM, MacLean PM, Lang DB, Li SH, Houmard JA, Way JM, Wingar DJ, Corton JC, Dohm GL, Kraus WE. Fatty Acid Homeostasis and Induction of Lipid Regulatory Genes in Skeletal Muscles of Peroxisome Proliferator-activated Receptor (PPAR) α Knock-out Mice. evidence for compensatory regulation by PPAR δ . *J Biol Chem* 2002; 277(29): 26089-26097.
30. Horowitz JF, Leone TC, Feng W, Kelly DP, and Klein S. Effect of endurance training on lipid metabolism in women: a potential role for PPAR in the metabolic response to training. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000; 279: E348–E355.
- following an acute bout of high-intensity interval and endurance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab* 2013; 38(12):1236-44.
8. Loftin M, Anderson P, Lytton L, Pittman P, Warren B. Heart rate response during handball singles match-play and selected physical fitness components of experienced male handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1996; 36: 95 – 99.
9. Kay S, Singh F. The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obes Rev* 2006; 7(2):183-200.
10. Helge JW. Prolonged adaptation to fat-rich diet and training, effects on body fat stores and insulin resistance in man. *International journal of obesity and related metabolic disorders*. *Int J Obes (Lond)* 2002; 26(8):1118-24.
11. Catoire M, Alex S, Paraskevopoulos N, Mattijssen F, Evers-van Gogh I, Schaart G, Jeppesend J, Kneppersa A, Mensinka M, Voshole PJ, Olivecronaf G, Tang NS, Hesselinke MKC, Berbée JF, Rensenh PCN, Kalkhovenb E, Schrauwenj P, Kerstena S. Fatty acid-inducible ANGPTL4 governs lipid metabolic response to exercise. *Proc Natl Acad Sci* 2014; 111(11):E1043-E52.
12. Hajer GR, Van Haeften TW, Visseren FL. Adipose tissue dysfunction in obesity, diabetes, and vascular diseases. *Eur Heart J* 2008; 29(24):2959-71.
13. Dijk W, Heine M, Vergnes L, Boon MR, Schaart G, Hesselink MKC, Reue K, Lichtenbelt WDVM, Olivecrona G, Rensen PCN, Heeren J, Kersten S. ANGPTL4 mediates shuttling of lipid fuel to brown adipose tissue during sustained cold exposure. *eLife* 2015; 4: e08428.
14. Cullberg KB, Christiansen T, Paulsen SK, Bruun JM, Pedersen SB, Richelsen B. Effect of weight loss and exercise on angiogenic factors in the circulation and in adipose tissue in obese subjects. *Obesity* 2013; 21(3):454-60.
15. Kersten S, Lichtenstein L, Steenbergen E, Mudde K, Hendriks HF, Hesselink MK, Schrauwen P, Müller M. Caloric restriction and exercise increase plasma ANGPTL4 levels in humans via elevated free fatty acids. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2009;29(6):969-74.
16. Ludzki AC, Pataky MW, Cartee GD, Horowitz JF. Acute endurance exercise increases Vegfa mRNA expression in adipose tissue of rats during the early stages of weight gain. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2018; 43(7): 751–754.
17. Górecka M, Krzemiński K, Buraczewska M, Kozacz A, Dąbrowski J, Ziemia AW. Effect of mountain ultra-marathon running on plasma angiopoietin-like protein 4 and lipid profile in healthy trained men. *Eur J Appl Physiol*. 2020; 120: 117-125.
18. Khosravi n, Soori R, Mirshafiei SA, Gholijani F. Effects 12 weeks of endurance training on serum levels of angiopoietin-like protein 4 and lipids profile obese in women aged 50-65 years. *Biosciences in Sport*. 2018; 6(11): 110-20. [In Persian]
19. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001 Jan; 37(1):153-6.

38. Lundby C, Gassmann M, Pilegaard H. Regular endurance training reduces the exercise induced HIF-1alpha and HIF-2alpha mRNA expression in human skeletal muscle in normoxic conditions. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 96(4):363-9.
39. Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes (Lond)*. 2008; 32(4):684-91.
40. Fatouros IG, Tournis S, Leontsini D, Jamurtas AZ, Sxina M, Thomakos P, Manousaki M, Douroudos I, Taxildaris K, Mitrakou A. Leptin and adiponectin responses in overweight inactive elderly following resistance training and detraining are intensity related. *J Clin Endocrinol Metab*. 2005; 90(11): 5970-7.
41. Haluzík M, Haluzíková D, Brandejský P, Nedvídková J, Boudová L, Barácková M, Vilikus Z. Effect of aerobic training in top athletes on serum leptin: comparison with healthy non-athletes. *Vnitr Lek*. 1999; 45(1):51-4.
42. Ahmadizad S, Avansar AS, Ebrahim K, Avandi M, Ghasemikaram M. The effects of short-term high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on plasma levels of nesfatin-1 and inflammatory markers. *Horm Mol Biol Clin Investig*. 2015; 21(3):165-73.
43. Yamada T, Ozaki N, Kato Y, Miura Y, Oiso Y. Insulin downregulates angiopoietin-like protein 4 mRNA in 3T3-L1 adipocytes. *Biochem Biophys Res Commun*. 2006; 347(4):1138-44.
31. Yu X, Burgess SC, Ge H, Wong KK, Nassem RH, Garry DJ, Sherry AD, Malloy CR, Berger JP, Li C. Inhibition of cardiac lipoprotein utilization by transgenic overexpression of Angptl4 in the heart. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005; 102(5):1767-72.
32. Tunstall RJ, Mehan KA, Wadley GD, Collier GR, Hargreaves ABM, Cameron-Smith D. Exercise training increases lipid metabolism gene expression in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002; 283(1): E66-E72.
33. Koliwad SK, Kuo T, Shipp LE, Gray NE, Backhed F, So AY-L, et al. Angiopoietin-like 4 (ANGPTL4, fasting-induced adipose factor) is a direct glucocorticoid receptor target and participates in glucocorticoid-regulated triglyceride metabolism. *J Biol Chem* 2009; 284(38):25593-601.
34. Soori R, Rezaeian N, Salehian O. Physiologic effects of low intensity versus high intensity endurance training in obese men. *Journal of Exercise and Biological Sciences*. 2011; 2(6): 17-28. [In Persian]
35. Farzanegi P, Azarbayejani MA, Farahmand M, Hosseini M, Shafipour V, Ebrahimpour Z, Sanaee M. effect of repeated bouts of gymnastic training in one day on responses of Salivary IgA and cortisol. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2008; 18(67): 26-34. [In Persian]
36. Del Corral P, Mahon AD, Duncan GE, Howe CA, Craig BW. The effect of exercise on serum and salivary cortisol in male children. *Med Sci Sport Exer* 1994; 26:1297-1301.
37. Trayhurn P, Wang B, Wood IS. Hypoxia in adipose tissue: a basis for the dysregulation of tissue functions in obesity? *Br J Nutr*. 2008; 100(2):227-35.