مقاله پژوهشی

تاثیر دوازده هفته تمرینات تناوبی مقاومتی همراه با مصرف مکمل جلبک آلگومد روی سطوح FGF-21 و سلنوپروتئین P در مردان چاق

محمدمهدی مدنی، حسین عابد نطنزی*، ماندانا غلامی، فرشاد غزالیان

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات: abednazari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱

DOI: 10.22034/ascij.2023.2002250.1563

چکیده

چاقی از عوامل اصلی مرگ و میر در کشورهای درحال توسعه خصوصا کشور ایران است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی مقاومتی همراه با مکمل آلگومد روی FGF-21 و سلنوپروتئین p در مردان چاق بود. ٤٤ مرد چاق به چهار گروه ۱۱ نفری کنترل، تمرین، مکمل و تمرین مکمل تقسیم خواهند شد. آزمودنی‌های گروه تمرین ۱۲ هفته، هفته‌ای سه جلسه تمرینات تناوبی مقاومتی را انجام خواهند داد. همچنین آزمودنی‌های گروه مکمل ۱۸۰۰ میلی‌گرم جلبک آلگومد ر به صورت ٦ قرص (۲ قرص یک و نیم ساعت قبل از صبحانه، ۲ قرص یک ساعت و نیم قبل از نهار، ۲ قرص یک ساعت و نیم قبل از شام) (بر اساس دستور عمل کارخانه) مصرف کردند. گروه دارونما نیز قرص‌های نشاسته همرنگ قرص آلگومد مصرف کردند. ٤٨ ساعت قبل از شروع پژوهش و ٤٨ ساعت بعد از آخرین روز تمرین خون گیری به عمل خواهد آمد و در نهایت شاخص‌های یاد شده اندازه گیری خواهد با استفاده از کیت و دستگاه الایزا اندازه گیری خواهد شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($p < ۰/۰۵$). آزمون تعقیبی نشان داد که گروه‌های مکمل، تمرین و تمرین مکمل باعث کاهش FGF-21 و سلنوپروتئین p نسبت به گروه کنترل شد ($p <۰/۰۵$). نتایج حاضر نشان داد که تمرین تناوبی مقاومتی به تنهایی و همراه با مکمل‌یاری کلرلا باعث کاهش سطوح FGF-21 و سلنوپروتئین p در مردان چاق شد. همچنین مصرف کلرلا به همراه تمرین تناوبی مقاومتی در مقایسه با تمرین تناوبی مقاومتی به تنهایی دارای تاثیر بیشتری روی سطوح متغیرهای مورد بررسی بود.

کلمات کلیدی: تمرین مقاومتی، آلگومد، هپاتوکاین، چاقی.

مقدمه

بافت کبد به عنوان تنظیم کننده کلیدی هموستاز انرژی سیستمیک شناخته شده است و می‌تواند به کمبود یا مازاد انرژی از طریق تعامل با سایر بافت‌ها واکنش نشان دهد که این تاثیرات کبد در تنظیم هموستاز انرژی سیستمیک تاحدودی بواسطه تنظیم متابولیسم گلوکز و لیپید اعمال می‌شود و مختل شدن هرکدام از این فرآیندها می‌تواند به اختلال متابولیک منجر شود و در توسعه مقاومت به انسولین یا بیماری کبد چرب موثر باشد (۲۱). در سال‌های اخیر، برخی عناصر که منحصراً یا عمدتاً توسط بافت کبد ترشح می‌شوند را

هپاتوکاین نامگذاری کرده‌اند، که به عنوان مولکول-های دارای اثرات متابولیک قوی مورد توجه قرار گرفته‌اند (۲۴). برخی محققان نیز هپاتوکاین‌ها را به عنوان رابط بین چاقی و بیماری‌های قلبی-عروقی معرفی کرده‌اند که افزایش و کاهش سطوح برخی از هپاتوکاین‌ها در چاقی و بیماری‌های قلبی-عروقی گزارش شده است (۵۲). تاکنون انواع مختلفی از هپاتوکاین‌ها از قبیل آدروپین، ANGPTL4، SHBG، فتوئین A، فتوئین B، FGF-21، هپاسوسین (HFREP1)، LECT2، RBP4 و سلنوپروتئین P شناسایی شده‌اند که هر کدام از این هپاتوکاین‌ها دارای تاثیرات مستقل یا مشترکی در بافت‌های مختلف بدن و همچنین مسیرهای متابولیک گوناگون هستند و روز به روز به تعداد این هپاتوکاین‌ها افزوده می‌شود (۲۵). FGF-21 دارای تاثیرات قابل توجهی بر تعادل انرژی، متابولیسم لیپید و همچنین متابولیسم گلوکز می‌باشد (۲۰) که بافت کبد را به عنوان جایگاه عمده ترشح آن معرفی کرده‌اند (۳۲). باوجود این، FGF-21 به عنوان یک آدیپوکاین نیز شناخته شده است که به مقدار قابل توجهی از بافت چربی سفید، بافت چربی قهوه‌ای، عضله اسکلتی، روده، قلب، کلیه‌ها و پانکراس ترشح می‌شود و به عنوان یک هورمون واکنش‌دهنده به استرس شناخته شده است (۲۳) و یکی از بافت‌های هدف عمده برای FGF-21 بافت چربی است که در آنجا FGF-21 به افزایش بیان GLUT-1 و در نتیجه افزایش برداشت گلوکز منجر می‌شود (۲۰). اگرچه برخی محققان FGF-21 را به دلیل تاثیرات مفیدی که بر متابولیسم لیپید و کربوهیدرات دارد به عنوان یک هدف درمانی جذاب برای چاقی و اختلالت ناشی از آن معرفی کرده‌اند (۲۳)، اما برخی مطالعات صورت گرفته نشان داده است که سطوح FGF-21 در چاقی افزایش پیدا می-کند و همبستگی مثبتی با BMI دارد و تاثیرات مثبت این هپاتو-آدیپوکاین از جمله نقش آن در بهبود تحمل گلوکز و کاهش تری‌گلیسیریدها در چاقی دچار اختلال می‌شود که این وضعیت را که مشابه با مقاومت به انسولین در افراد دیابتی و چاق است را به عنوان مقاومت به FGF-21 در نظر می‌گیرند (۱۰) در تایید این گفته‌ها، محققان تاثیرات مثبت تمرین ورزشی (سه ماه تمرین ترکیبی) در زنان چاق از جمله نقش تمرین ورزشی در کاهش فشار خون، سختی شریانی و همچنین بهبود نیمرخ لیپیدی را با کاهش معنادار سطوح FGF-21 گزارش کردند (۵۱) که این یافته‌ها بر هدف قرار دادن FGF-21 به عنوان یک راهکار درمانی برای مقابله با اختلالات ناشی از چاقی تاکید دارد. همچنین سلنوپروتئین P (SeP) یکی از خانواده هپاتوکاین‌ها می‌باشد که پروتئین‌های تولید توسط کبد هستند که در تنظیم متابولیسم لیپید و گلوکز نقش دارند (۱۱). SeP (Se توسط SELENOP کدگذاری می‌شود) عمده‌ترین پروتئین محتوی سلنیوم در پلاسمای انسان است و P نیز به حضور آن در پلاسما اشاره دارد و گزارش شده است که SeP عمدتاً در کبد سنتز و به مایع خارج سلولی ترشح می‌شود (۴۲). بر اساس شواهد موجود، SeP یک عامل خطرزای عمده برای افزایش مقاومت به انسولین و هایپرگلیسمی است و این هپاتوکاین می‌تواند یک هدف برای توسعه روش‌های درمانی برای درمان بیماری‌های مرتبط با مقاومت به انسولین از قبیل دیابت نوع۲ باشد. علاوه بر افزایش مشاهده شده در سطوح سرمی و بیان کبدی SeP در بیماران دیابتی نوع۲ (۲۶)، مقایسه سطوح سرمی SeP در افراد لاغر و چاق نشان داده است که چاقی به افزایش معنادار سطوح این هپاتوکاین منجر می‌شود که افزایش سطوح آن در افراد چاق با مقاومت به انسولین و چاقی احشایی همراه است (۷). همچنین، افزایش سطوح SeP گردش خون در بیماران مبتلا به بیماری

NAFLD نیز مشاهده شده است و افزایش سطوح آن می‌تواند یکی از نشانگرهای جدید NAFLD باشد (٤). مطالعات حیوانی نشان داده است که القای SeP به موش‌ها موجب اختلال پیام‌رسانی انسولین می‌شود و فعال‌سازی AMPK را در کبد مهار می‌کند (١٦). در مقابل، تخلیه SeP در موش‌ها به بهبود حساسیت انسولین و تحمل گلوکز منجر می‌شود و با تاثیرات پاتولوژیک آن مقابله می‌کند (۳۵). علاوه بر موارد ذکر شده، SeP به عنوان یک رابط بین چاقی و بیماری‌های قلبی–عروقی در نظر گرفته شده است که این تاثیرات پاتولوزیک را از طریق سازوکارهای مختلف از جمله اختلال در فرآیند آنژیوژنز اعمال می‌کند (۵۲). در نقطه مقابل چاقی که تاثیرات پاتولوژیک آن بر اساس موارد مطرح شده تاحدودی ناشی از تغییرات در سطوح هپاتوکاین‌ها اعمال می‌شود، برخی محققان تاثیرات مثبت فعالیت ورزشی در اختلالات متابولیک را به تاثیر آن بر هپاتوکاین‌ها نسبت داده‌اند (۸). اخیراً تمرین مقاومتی یا تمرین با وزنه به یک شکل متداول و ابزاری برای بهبود سلامت و افزایش توده عضلانی تبدیل شده است (٤٤). تمرینات مقاومتی به‌عنوان یک برنامه درمانی توسط انجمن قلب آمریکا (٤٠) و کالج پزشکی ورزشی آمریکا (۳۸) معرفی‌شده است. در مطالعه‌ای نشان داده شد هایپرتروفی عضلانی ناشی از تمرینات مقاومتی با کاهش سطح مارکرهای التهابی و سایتوکاین‌ها همراه است (۳٤). بعلاوه، تمرینات مقاومتی با شدت بالا ممکن است بتواند از کاهش در توده استخوان و قدرت عضلانی مرتبط با سن را در افراد سالمند جبران کند (۱۷، ٤۸). تمرین مقاومتی سنتی باعث افزایش قدرت، توده بدون چربی، چگالی استخوان و همچنین بهبود چربی خون می‌شود، اما تأثیر معناداری بر استقامت قلبی–تنفسی ندارد. اما مدل دیگر تمرین مقاومتی نه تنها سبب بهبود استقامت قلبی–تنفسی می‌شود بلکه می‌تواند یک تمرین مناسب برای بهبود هر دوفاکتورقدرت و استقامت قلبی–تنفسی باشد (۲۱، ۳۹). یکی از انواع مختلف تمرینات ورزشی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، تمرین مقاومتی تناوبی است. تمرین مقاومتی تناوبی با شدت بالا به تمریناتی گفته می‌شود که حرکت با شدت بالا انجام شده و در زمان استراحت همان حرکت با شدت پایین تر انجام خواهد گرفت (٤١). پژوهشگران با مقایسه تمرین مقاومتی سنتی و تمرین تناوبی شدید مقاومتی دریافتند که تمرین تناوبی مقاومتی شدید موجب افزایش بیشتر انرژی مصرفی استراحتی و بهبود بیشتر اکسایش چربی می‌شود و بر همین اساس عنوان کردند که این نوع تمرین مقاومتی بویژه در صورت وجود محدودیت‌های زمانی می‌تواند از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخودار باشد (۳٦). سعیدی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که از بین سه نوع تمرین مقاومتی سنتی، دایره‌ای و تناوبی، تمرینات تناوبی باعث بهبود آدیپوکاین‌های مرتبط با چاقی شده و مقاومت به انسولین نیز در افراد چاق کاهش بیشتر در گروه تمرینات تناوبی مشاهده شد (٤١). از دیگر راهکارها برای بهبود چاقی استفاده از مکمل‌های طبیعی است. کلرلا ولگاریس جلبک سبز تک سلولی یوکاریوتی ساکن‌های آب‌های شیرین است که به عنوان یک غذای ویژه مورد توجه قرار گرفته است که در نمونه‌های دیابتی می‌تواند تاثیرات هایپوگلیسمیک به همراه داشته باشد (۱۵) و تاثیرات مثبت آن از جمله در بهبود عملکرد کبد بواسطه کاهش وزن بدن، کاهش سطوح آنزیم‌های کبدی و تعدیل سطوح عامل التهابی hs-CRP مشاهده شده است (٦). علاوه بر این، گزارش شده است که مصرف مکمل *کلرلا ولگاریس* در زنان دارای اضافه وزن و چاق به مدت هشت هفته با تاثیرات مثبتی از جمله کاهش مقاومت به انسولین و همچنین بهبود نیمرخ لیپیدی همراه است (٤۳). برخی محققان نیز به تاثیرات مثبت مکمل‌یاری *کلرلا*

ولگاریس در ترکیب با تمرینات ورزشی هوازی در بهبود نیمرخ لیپید زنان چاق اشاره کرده‌اند (۱۸). با این حال، هنوز در رابطه با تاثیر مکمل *کلرلا ولگاریس* از جمله در ترکیب با تمرینات ورزشی بر سطوح هپاتوکاین‌های مختلف به عنوان میانجی‌های مهم برای اعمال تاثیرات مثبت تمرین ورزشی اطلاعی در دست نیست و از این رو، ضرورت بررسی تغییرات در سطوح هپاتوکاین‌های مختلف به دنبال تمرینات ورزشی و مکمل‌یاری آلگومد بخصوص هپاتوکاین-های که هنوز تاثیرات و سازوکارهایشان تاحدود زیادی نامشخص است، بر کسی پوشیده نیست و اطلاعات محدود و ضد و نقیض در این رابطه، محقق را بر آن داشت تا در مطالعه پیش رو به تاثیر ۱۲ هفته تمرینات تناوبی مقاومتی همراه با مکمل جلبک آلگومد بر روی سطوح FGF-21 و سلنوپروتئین P در مردان چاق بپردازد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه آزمودنی‌های پژوهش را مردان چاق تشکیل می‌دادند و در یک طرح پژوهشی ۱۲ هفته‌ای مورد بررسی قرار گرفتند، لذا پژوهش حاضر از نوع کاربردی و نیمه تجربی می باشد. افراد شرکت کننده در این مطالعه مردان چاق داوطلب بودند که از طریق فراخوان در مراکز عمومی و اداری انتخاب شدند. شرایط ورود به اجرای تحقیق عدم اعتیاد به مواد مخدر و الکل، نداشتن سابقه فعالیت ورزشی منظم حداقل به مدت ٦ ماه، نداشتن سابقه بیماری کلیوی، کبدی، قلبی–عروقی، دیابت و داشتن شرایط (Waist-to-height ratio (WHtR) > 0.5 ،BMI=30) و نداشتن هرگونه آسیب یا مشکل جسمی برای آزمودنی‌ها بود و پس از معاینه توسط پزشک متخصص قلب در مطالعه وارد شدند. قبل از شرکت در تحقیق، کلیه مراحل و روش کار برای آنها توضیح داده شد و پس از آگاهی کامل و تکمیل پرسشنامه پزشکی، رضایتنامه کتبی از آنها گرفته شد. از بین افراد داوطلب ٤٤ نفر با بازه سنی ۲۳-۳۲ سال، انتخاب شد. در جلسه اول از همه آزمودنی‌ها قد، وزن گرفته شد و توضیحات کامل در ارتباط با تمرینات، نحوه انجام آنها و بقیه مراحل داده شد. در جلسه دوم از آزمودنی‌ها تست تعیین یک تکرار بیشینه گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها به صورت همگن بر اساس 1RM و مشخصات فردی به ٤ گروه ۱) کنترل (۱۱ نفر)، ۲) مکمل (۱۱ نفر)، ۳) تمرین (۱۱ نفر)، ٤) تمرین مکمل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. یک تکرار بیشینه (1RM) آزمودنی‌ها با استفاده از معادله برزیسکی محاسبه شد (۲): روش تعیین یک تکرار بیشینه به این صورت است که ابتدا فرد با وزنه سبک گرم می‌کند سپس وزنه ای انتخاب می کند که حداکثر تا ۱۰ تکرار بتواند انجام دهد. اگر وزنه سبک باشد و تعداد تکرارها بیشتر از ۱۰ تکرار شد، بعد از کمی استراحت وزنه بیشتری انتخاب می شود تا جایی که بتواند کمتر از ۱۰ تکرار انجام دهد. مقدار وزنه و تعداد تکرارها در هر حرکت ثبت و سپس در فرمول قرار داده می‌شود.

/ وزن جابه‌جاشده (کیلوگرم) =یک تکرار بیشینه

۰/۰۲۷۸ (× تعداد تکرار تا خستگی) – ۱/۰۲۷۸

پروتکل تمرین تناوبی مقاومتی شامل ۸ حرکت بالا تنه و پایین تنه (اسکات، پرس سینه، خم کردن زانو، جلو بازو، پرس پا، سرشانه با هالتر، زیربغل سیم کش از پشت) بود که به صورت تناوبی و در شدت های مختلف انجام شد (۳۰، ۳۱). انجام حرکات (اسکات، پرس سینه، خم کردن زانو، جلو بازو، پرس پا، سرشانه با هالتر، زیربغل سیم کش از پشت) به شکل ۳ ست ۱۳ تکراری با ٦۰ درصد 1RM، استراحت بین ست ها فعال و با شدت ۲۰ درصد و تعداد تکرار ۱۵. استراحت بین ست ها برای همه گروه ها فعال و با شدت ۲۰ درصد و تعداد تکرار ۱۵ در نظر گرفته شد.

ضمنا افراد قبل از هر جلسه تمرینی به مدت ده دقیقه گرم کردن و به مدت ده دقیقه آخر تمرین سرد کردن را انجام دادند. در نهایت گروه کنترل طی ۱۲ هفته تمرین زندگی روزمره خود را داشتند و از شرکت در فعالیت های منظم منع شدند. تمامی اصول اخلاقی طی مراحل تمرین رعایت شد و آزمودنی هر زمانی طی دوره تمرین اجازه انصراف از ادامه تحقیق را داشتند.

مکمل‌گیری: آزمودنی‌های گروه مکمل ۱۸۰۰ میلیگرم جلبک آلگومد ر به صورت ٦ قرص (۲ قرص یک و نیم ساعت قبل از صبحانه، ۲ قرص یک ساعت و نیم قبل از نهار، ۲ قرص یک ساعت و نیم قبل از شام) (بر اساس دستور عمل کارخانه) مصرف کردند. گروه دارونما نیز قرصهای نشاسته همرنگ قرص آلگومئ مصرف کردند. لازم به ذکر است که از همه آزمودنی-ها سه روز قبل از خونگیری پیش آزمون و سه روز قبل از خون گیری پس آزمون یادآمد غذایی گرفته شد. اولین نمونه خونی به صورت ناشتا ٤٨ ساعت قبل و دومین نمونه خونی ٤٨ ساعت بعد از دوره تمرینی دوازده هفته‌ای از ورید بازویی دست راست آزمودنی‌ها تهیه شد. نمونه های خونی گرفته شده به لوله های آزمایش مخصوص جهت تهیه‌ی پلاسما (لوله‌های حاوی EDETA) انتقال داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. پلاسمای حاصل در دمای ۷۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد. لازم به ذکر است، تمامی مراحل اجرای آزمون در شرایط یکسان و استاندارد در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام گرفت. شاخص‌های یاد شده به روش زیر اندازه‌گیری شد. فتوئین A با استفاده از دستگاه الایزا و کیت شرکت (RandD Systems Quantikine, Minneapolis, Minnesota, USA)، شماره کاتالوگ: #DFTA00 اندازه گیری شد. فتوئین B با استفاده از دستگاه الایزا و کیت شرکت (Biovendor, Karasek, Czech Republic)، شماره کاتالوگ : #RD191172200R. اندازه‌گیری شد. برای دسته بندی و تعیین شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. آزمون گلموگروف اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردارند. جهت مقایسه بین گروه‌ها آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همه داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شدند. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ویرایش ۲۲ صورت گرفت و از نظر آماری معنی‌دار (p <۰/۰۵) تلقی گردید.

جدول ۱- برنامه تمرین تناوبی مقاومتی با شدت متوسط به مدت ۱۲ هفته

تمرین‌ها: اسکات، پرس سینه، خم کردن زانو، جلو بازو، پرس پا، سرشانه با هالتر، زیربغل سیم کش از پشت
ست: ۳، تکرار: ۱۳، شدت: ٦۰ درصد، استراحت بین ست: استراحت بین ست ها فعال و با شدت ۲۰ درصد و تعداد تکرار ۱۵

نتایج

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس، تفاوت بین گروهی (بین گروه‌های دارونما، آلگومد، تمرین و تمرین+ آلگومد) معناداری را برای سطوح FGF-21 نشان داد (p <۰/۰۰۱) (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی، کاهش سطوح FGF-21 در گروه-های آلگومد، تمرین و تمرین+ آلگومد در مقایسه با گروه دارونما معنادار بوده است (p <۰/۰۰۱)، اما تغییرات سطوح FGF-21 بین سایر گروه‌ها معنادار نبود (p > ۰/۰۵). درصد تغییرات سطوح FGF-21 در گروه‌های دارونما، مکمل آلگومد، تمرین و

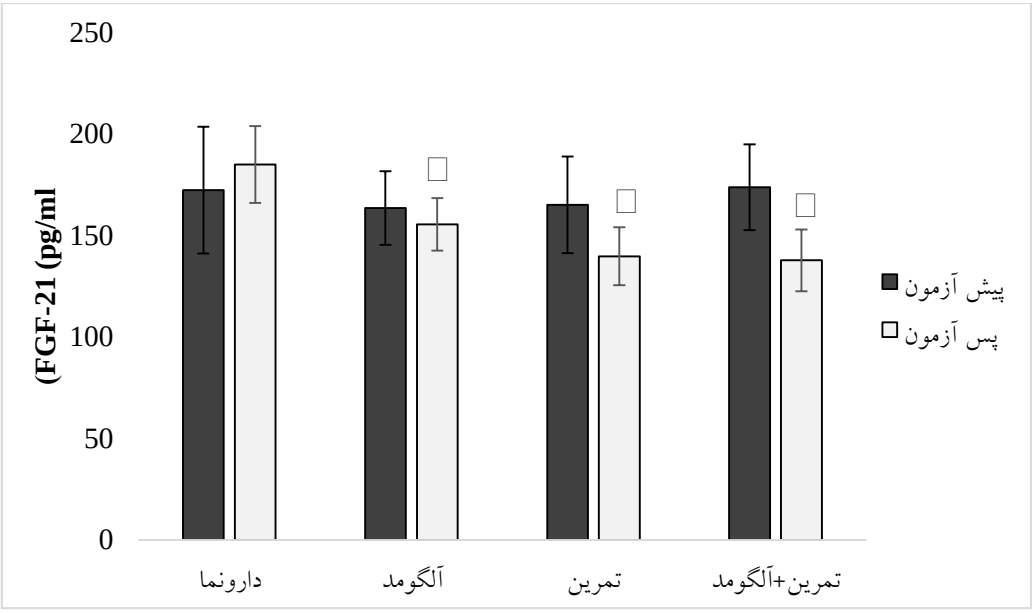
تمرین+مکمل آلگومد در مقایسه با مرحله پیش آزمون در نمودار ۲ نمایش داده شده است. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس، تفاوت بین گروهی (بین گروه‌های دارونما، آلگومد، تمرین و تمرین+ آلگومد) معناداری را برای سطوح سلنوپروتئین P نشان داد ($p < ۰/۰۰۱$) (جدول ۲). بر اساس نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی، کاهش سطوح سلنوپروتئین P در گروه‌های آلگومد ($p =۰/۰۰۵$) و تمرین ($p <۰/۰۰۱$) در مقایسه با گروه دارونما معنادار بوده است. همچنین، کاهش معنادار سلنوپروتئین P در گروه تمرین+آلگومد در مقایسه با گروه‌های دارونما ($p < ۰/۰۰۱$) و آلگومد ($p =۰/۰۳٤$) مشاهده شد. اما تغییرات سطوح سلنوپروتئین P بین سایر گروه‌ها معنادار نبود ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۲- آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح FGF-21

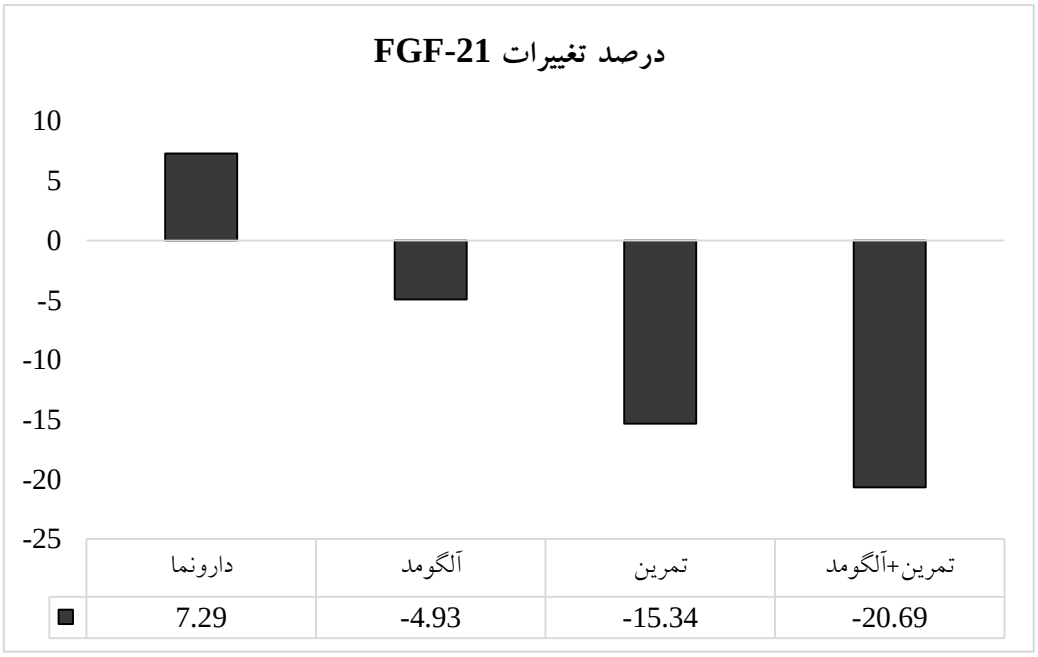
	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	ارزش p
مدل تصحیح‌شده	٤	٤۱۷۲/۲٦۸	۱۹/۰۰۹	۰/۰۰۰
مقادیر اولیه FGF-21	۱	۱۰۳۲/٦٦۹	٤/۷۰۵	۰/۰۰۰
گروه	۳	۵۳۳۳/۳۱۱	۲٤/۲۹۸	۰/۰۰۰
خطا	۳۹	۲۱۹/٤۹٤		
مجموع	٤٤			

جدول ۳- آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح سلنوپروتئین P

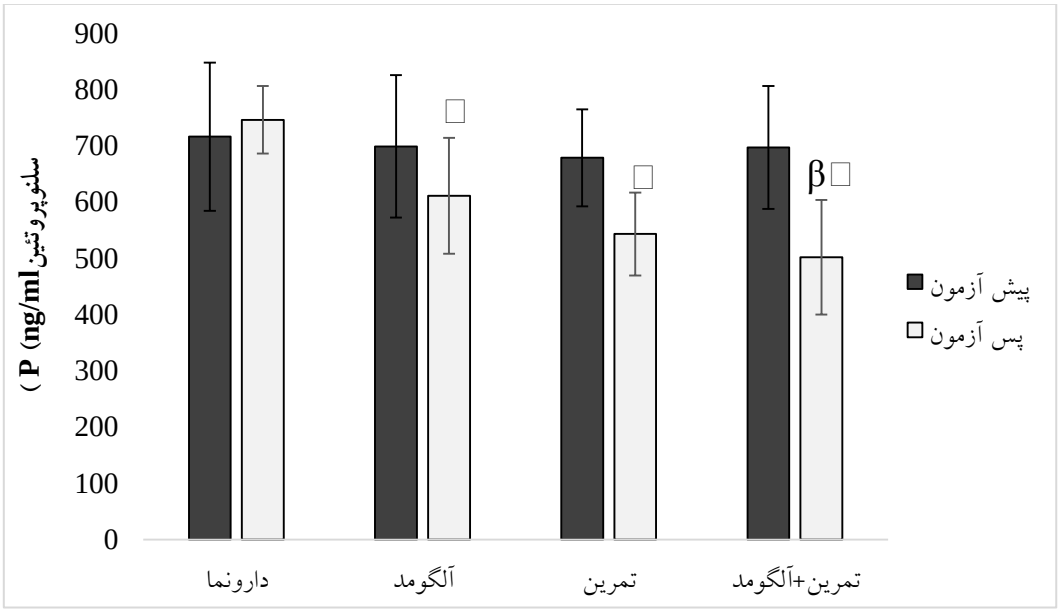
	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	ارزش p
مدل تصحیح‌شده	٤	۹٤۵۷۵/۰٤۸	۱۲/۲۷۰	۰/۰۰۰
مقادیر اولیه سلنوپروتئین P	۱	۸۵/۸۸٦	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰
گروه	۳	۱۲٤٦۱۱/۱۷٤	۱٦/۱٦۷	۰/۰۰۰
خطا	۳۹	۷۷۰۷/۷۷۲		
مجموع	٤٤			



نمودار ۱- سطوح FGF-21. □ کاهش معنادار در مقایسه با گروه دارونما.

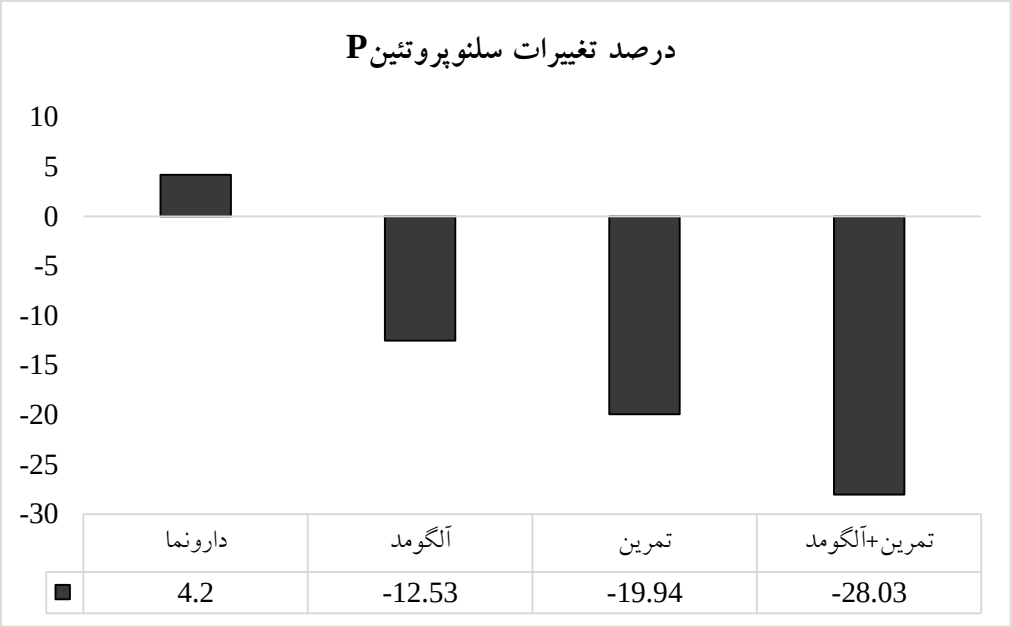


نمودار ۲- درصد تغییرات FGF-21.



نمودار ۳- سطوح سلنوپروتئین P. □ کاهش معنادار در مقایسه با گروه دارونما. β کاهش معنادار در مقایسه با گروه آلگومد.

درصد تغییرات سطوح سلنوپروتئین P در گروه‌های دارونما، مکمل آلگومد، تمرین و تمرین+مکمل آلگومد در مقایسه با مرحله پیش آزمون در نمودار ٤ نمایش داده شده است.



نمودار ٤- درصد تغییرات سلنوپروتئین P.

بحث

هدف از اجرای مطالعه حاضر، بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی مقاومتی همراه با مصرف مکمل جلبک آلگومد بر سطوح هپاتوکاین‌های منتخب از قبیل FGF-21 و سلنوپروتئین P در مردان چاق بود. از نتایج اصلی پژوهش حاضر سطوح FGF-21 در گروه-های تمرین، مکمل آلگومد و تمرین+آلگومد کاهش معناداری را در مقایسه با گروه دارونما نشان داد. FGF-21 یکی از اعضای شناخته شده و جدید خانواده FGFs است که عمدتاً در بافت کبد بیان می-شود و از این رو به عنوان یک هپاتوکاین مورد توجه قرار گرفته است (۳۲). امروزه FGF-21 به عنوان یک تنظیم کننده مهم متابولیسم مورد توجه قرار گرفته است که می‌تواند یک هدف درمانی بالقوه برای درمان چاقی و دیابت نوع۲ باشد (۲۰). سطوح FGF-21 دارای همبستگی مثبتی با میزان بافت چربی، گلوکز پلاسمایی و سطوح انسولین (مقاومت به انسولین) است و همبستگی منفی آن با سطوح HDL نشان داده شده است (۳۰). در تایید همبستگی مثبت گزارش شده بین سطوح FGF-21 و بافت چربی، محققان عنوان کرده‌اند که چاقی با افزایش سطوح FGF-21 همراه است و چاقی را به عنوان وضعیت مقاومت به FGF-21 معرفی کرده‌اند که افزایش سطوح FGF-21 در چاقی با تنظیم کاهشی گیرنده‌های FGF همراه است (۱۰، ۳۰). در مقابل، نتایج حاضر نشان داد که برخی از تاثیرات مثبت تمرینات تناوبی مقاومتی در افراد چاق بواسطه کاهش سطوح FGF-21 اعمال می-شود. محققان در پژوهشی روی زنان یائسه دارای اضافه وزن و چاق ضمن تایید یافته‌های حاضر نشان دادند که تمرینات استقامتی به کاهش سطوح FGF-21 منجر می‌شود، اما تمرین ترکیبی طی ۱۲ هفته تاثیری بر سطوح FGF-21 نداشته است و محققان عنوان کردند که استرس القا شده توسط تمرین ترکیبی احتمالاً تنها عاملی نیست که می‌تواند به تعدیل سطوح این هپاتوکاین منجر می‌شود (۳۷). باوجود این، برخی محققان برخلاف یافته‌های حاضر افزایش معنادار سطوح FGF-21 را در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع۲

نشان داده‌اند که افزایش سطوح FGF-21 با کاهش سطوح گلوکز و بهبود مقاومت به انسولین و همچنین نیمرخ لیپیدی همراه بود (۹). این یافته‌ها نشان می‌دهد که تاثیر تمرین ورزشی بر سطوح سرمی FGF-21 بسته به وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها می‌تواند متفاوت باشد. در تایید این ادعا، شبخیز و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی روی مردان سالمند با یا بدون دیابت نوع۲ نشان دادند که اگرچه ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در مردان چاق و دارای اضافه وزن دیابتی نوع۲ تاثیری بر سطوح سرمی FGF-21 و مقاومت به انسولین نداشته است، اما سطوح سرمی FGF-21 و مقاومت به انسولین در گروه غیر دیابتی نوع۲ کاهش معناداری را نشان داد (٤٦). این محققان عنوان کردند که تاثیر تمرینات ورزشی بر سطوح FGF-21 بسته به نوع، طول دوره تمرین، مدت زمان هر جلسه و شدت فعالیت ورزشی و همچنین ویژگی‌های جسمانی آزمودنی‌ها متفاوت است. علاوه بر این، عنوان کردند که تاثیر تمرین مقاومتی در کاهش FGF-21 ممکن است ناشی از افزایش گیرنده‌های FGF-21 باشد و اینکه تنظیم کاهشی سطوح FGF-21 در افراد چاق ممکن است تاحدود ناشی از کاهش مقاومت به FGF-21 باشد (٤٦). مدت زمان دوره اجرای تمرینات ورزشی مقاومتی نیز به عنوان یکم عامل تاثیرگذار در تغییرات مشاهده شده در سطوح FGF-21 قلمداد می‌شود و در همین رابطه لی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی عنوان کردند که باوجود کاهش سطوح FGF-21 متعاقب یک دوره کوتاه تمرین مقاومتی دایره‌ای در زنان غیرفعال جوان، میزان این تغییرات از نظر آماری معنادار نبوده است که عدم تغییر معنادار سطوح FGF-21 با افزایش غیرمعنادار سطوح آیریزین در گروه تمرین کرده همراه بود (۲۲). این درحالی است که نتایج حاضر ۱۲ هفته تمرین تناوبی مقاومتی را به عنوان یک مداخله موثر به منظور تنظیم کاهشی سطوح FGF-21 معرفی کرد. برخی محققان نیز تمرینات ورزشی را به عنوان یک عامل محرک برای تنظیم افزایشی سطوح FGF-21 معرفی کرده‌اند. در همین راستا، کواس و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که حتی ۲ هفته تمرین هوازی با شدت بالا (۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه) منجر به افزایش معنادار سطوح FGF-21 در زنان سالم می‌شود که افزایش سطوح FGF-21 با بهبود وضعیت‌های متابولیک از جمله کاهش اسیدهای چرب آزاد (FFAs) خون همراه بود (۵). برخی محققان نیز تاثیر یک جلسه فعالیت ورزشی را در افزایش سطوح FGF-21 گزارش کرده‌اند و محققان در تایید این گفته‌ها، در یک متاآنالیز عنوان کرده‌اند که سطوح FGF-21 در پاسخ به فعالیت ورزشی حاد افزایش می‌یابد و یک ساعت بعد از فعالیت ورزشی در افراد دارای اضافه وزن و چاق به اوج غلظت خود می‌رسد و بعد از سه ساعت ریکاوری به مقادیر استراحتی برمی‌گردد که محققان افزایش تولید و بیان کبدی FGF-21 را به عنوان دلیل تنظیم افزایشی سطوح این هپاتوکاین متعاقب یک جلسه فعالیت ورزشی معرفی کردند (۱۹). از طرف دیگر، باتوجه به نقش عضلات در ترشح FGF-21 و در نظر گرفتن آن به عنوان یک مایوکاین، می‌توان بخشی از افزایش مشاهده شده در سطوح FGF-21 بعد از فعالیت ورزشی حاد را به ترشح این مایوکاین از عضله اسکلتی نسبت داد (٤٥). با این همه شناسایی سازوکارهای دیگر تنظیم افزایشی یا کاهشی سطوح FGF-21 با تمرینات ورزشی مختلف مستلزم اجرای مطالعات بیشتر است و از این رو باید در پژوهش‌های آتی بدان پرداخته شود. علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاهش سطوح سلنوپروتئین P در گروه‌های تمرین، آلگومد و همچنین تمرین+آلگومد در مقایسه با گروه دارونما معنادار بوده است و کاهش سطوح سلنوپروتئین P در گروه تمرین+آلگومد در

مقایسه با گروه آلگومد نیز معنادار بوده است. سلنوپروتئین P یک هپاتوکاین دیگر است که به عنوان یک پروتئین ترشحی عمدتاً توسط بافت کبد تولید و ترشح می‌شود (۳) و به عنوان انتقال دهنده سلنیوم به بافت‌های محیطی ایفای نقش می‌کند (۱۳) مطالعات صورت گرفته، تنظیم افزایشی سطوح این هپاتوکاین را در افراد چاق و دارای مقادیر بالای بافت چربی احشایی و همچنین در بیماران مبتلا به کبد چرب نشان داده‌اند (٤). مقایسه سطوح این هپاتوکاین در افراد لاغر با افراد دارای اضافه وزن و چاقی نشان داد که سطوح این هپاتوکاین در افراد دارای اضافه وزن و چاقی به صورت معناداری بیشتر از افراد لاغر است که بر ترشح احتمالی سلنوپروتئین P از بافت چربی تاکید دارد (۷) و بر همین اساس کاهش توده چربی را می‌توان به عنوان سازوکار محتمل در کاهش سطوح سلنوپروتئین P در نظر گرفت. گزارش شده است که سلنوپروتئین P موجب مقاومت به انسولین سلولی در هپاتوسیت‌ها و میوسیت‌ها می‌شود که این تاثیر پاتولوژیک سلنوپروتئین P در مسیر انسولین بواسطه سرکوب اتوفسفوریلاسیون مقاومت به انسولین، کاهش مسیر پیام‌رسانی پایین دست Akt پاسخ دهنده به انسولین و کاهش جذب گلوکز سلولی ناشی از انسولین تایید شده است. علاوه بر این، عنوان شده است که سلنوپروتئین P منجر به مقاومت به انسولین تاحدودی از طریق سرکوب مسیر پیام‌رسانی AMPK در هپاتوسیت‌ها و همچنین مختل کردن تولید انسولین توسط سلول‌های بتای پانکراس می‌شود (۷، ٤۹) و بر همین اساس، تنظیم کاهشی سلنوپروتئین P را می‌توان به عنوان یک استراتژی درمانی موثر برای چاقی و اختلالات ناشی از آن از جمله مقاومت به انسولین در نظر گرفت که یافته‌های حاضر نقش مثبت تمرینات تناوبی مقاومتی به تنهایی و بویژه همراه با مکمل‌یاری آلگومد را در کاهش سطوح سلنوپروتئین P نشان داد.

قربانیان و اقتصادی (۲۰۲۲) اخیراً یافته‌های حاضر را تایید کردند و کاهش معنادار سطوح سلنوپروتئین P در زنان مبتلا به کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) را متعاقب هشت هفته تمرین تناوبی شدید نشان دادند که کاهش سطوح این هپاتوکاین با کمتر شدن میزان مقاومت به انسولین به صورت معنادار همراه بود و بر اساس نتیجه‌گیری محققان، این احتمال وجود دارد که در این پژوهش تمرینات تناوبی شدید با تاثیرگذاری بر شاخص‌های چربی خون و کبد عاملی بر کاهش معنادار سلنوپروتئین P شده است (۱۲). باوجود این گفته، برخی محققان برخلاف یافته‌های حاضر نشان داده‌اند که سطوح سلنوپروتئین P بعد از شش هفته تمرین هوازی و مقاومتی در مردان دارای اضافه وزن و چاق تغییر معناداری نداشته است و محققان بهبود نیمرخ لیپیدی را مستقل از تغییرات در سطوح سلنوپروتئین P نشان دادند (۲۸). شاید محتمل‌ترین دلیل تناقض یافته‌های فوق با مطالعه حاضر را بتوان با مدت زمان بیشتر دوره تمرین ورزشی در مطالعه حاضر (۱۲ هفته در مقایسه با شش هفته) مرتبط دانست. باوجود مشاهده تنظیم کاهشی سطوح سلنوپروتئین P به دنبال تمرینات ورزشی منظم، به نظر می‌رسد که تاثیرات حاد یک جلسه فعالیت ورزشی متمایز از تاثیرات مزمن و بلند مدت آن است و محققان افزایش سلنوپروتئین P را متعاقب جلسه تمرین ورزشی نشان داده‌اند که افزایش آن را با کاهش سطوح انسولین به عنوان تاثیر شناخته شده فعالیت ورزشی و همچنین استرس اکسایشی ناشی از فعالیت ورزشی مرتبط دانستند (۲۷). بنابراین، هنگام بررسی تاثیر فعالیت ورزشی بر سطوح این هپاتوکاین باید ماهیت فعالیت ورزشی اجرا شده (حاد یا مزمن) مد نظر قرار گیرد. علاوه بر تاثیرات مثبت مشاهده شده برای تمرین ورزشی در تعدیل سطوح هپاتوکاین‌های بررسی شده در مطالعه حاضر، یافته‌های پژوهش پیش

رو بیانگر نقش مصرف مکمل آلگومد به تنهایی در کاهش سطوح FGF-21 و سلنوپروتئین P بود. ثابت شده است که برخی عناصر تشکیل دهنده مواد غذایی نقش مهمی در پیشگیری از چاقی و اختلالات ناشی از آن دارند. برای مثال، *کلرلا* (*Chlorella*) نوعی ماده مغذی است که مشتمل بر جلبک‌های تک سلولی سبز می‌باشد که غنی از کلروفیل، کاروتنوئیدها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و پروتئین‌ها است و به صورت مکمل برای حفظ سلامتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۳) و تاثیرات این مکمل در پیشگیری از برخی اختلالات از قبیل پرفشار خونی (۲۹)، هایپرلیپیدمی، آترواسکلروز و سرکوب تاثیرات ایمونوفارماکولوژیک نشان داده شده است (۳۳). علاوه بر این، تاثیرات ضد هیپرانسولینمیک کلرلا مشاهده شده است که این تاثیرات مثبت کلرلا را به نقش آن در تعدیل هایپرتروفی بافت چربی و ترشح آدیپوسایتوکاین‌ها نسبت داده‌اند. به نحویکه تنظیم کاهشی سطوح لپتین و MCP-1 به عنوان سایتوکاین‌های التهابی و تنظیم افزایشی سطوح آدیپونکتین به عنوان یک سایتوکاین ضدالتهابی متعاقب مکمل‌یاری کلرلا مشاهده گردید (۳۳). اگرچه در رابطه با تاثیر همزمان مصرف جلبک آلگومد همراه با تمرینات ورزشی بر سطوح متغیرهای بررسی شده در مطالبعه حاضر اطلاعی در دست نیست، اما محققان در پژوهشی کاهش معنادار سطوح لپتین و LDL و افزایش همزمان سطوح HDL را بعد از هشت هفته تمرین هوازی به تنهایی و همراه با مصرف جلبک *کلرلا ولگاریس* نشان دادند که محققان تاثیرات مثبت تمرین ورزشی در کاهش لپتین و نیمرخ لیپیدی را به کاهش وزن بدن و بهبود اکسیداسیون لیپید و تاثیرات مثبت *کلرلا ولگاریس* را به غلظت بالای نیاسین موجود در آن نسبت دادند و به نظر می‌رسد که مقادیر بالای فیبر، گلیکولیپید و فسفولیپید نیز در تاثیرات پایین‌آورنده لیپید *کلرلا ولگاریس* نقش عمده‌ای دارد (۱۸). علاوه بر این، محققان نشان داده‌اند که تمرین تناوبی شدید به همراه مصرف *کلرلا ولگاریس* می‌تواند در بهبود نیمرخ لیپیدی و وضعیت گلیسمیک زنان دارای اضافه وزن و چاق نقش عمده‌ای داشته باشد (۴۳). در تایید نقش مثبت *کلرلا ولگاریس* در بهبود متابولیسم گلوکز، نشان داده شده است که این مکمل در نمونه‌های حیوانی می‌تواند از مقاومت به انسولین ناشی از تغذیه با رژیم غذایی چرب جلوگیری کند که بواسطه افزایش تحمل گلوکز و انسولین تایید شده است که این محققان این تاثیرات مثبت کلرلا را تاحدودی با بهبود مسیر پیام‌رسانی انسولین بواسطه افزایش فسفوریلاسیون گیرنده انسولین (IR)، IRS-1 و همچنین Akt مرتبط دانستند (۵۰). علاوه بر این، شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه مکمل‌یاری کلرلا در ترکیب با تمرینات ورزشی هوازی می‌تواند مسیرهای پیام‌رسانی PI3K، Akt و GLUT-4 عضلانی را در رت‌های دیابتی نوع۲ به میزان بیشتری در مقایسه با مکمل‌یاری کلرلا یا تمرین هوازی به تنهایی تحریک کند و از این رو ترکیب مکمل‌یاری کلرلا و تمرین ورزشی می‌تواند تاثیر سینرژیک در تحریک PI3K، Akt و GLUT4 داشته باشد که موجب مدیریت بهتر هایپرگلیسمی در بیماران دیابتی نوع۲ می‌شود (۱۴). در همین رابطه، محققان در پژوهشی روی مردان دارای اضافه وزن نشان دادند که شش هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف کلرلا به بهبود مقاومت به انسولین و کاهش سطوح IL-6 منجر می‌شود که کاهش مشاهده شده در میزان مقاومت به انسولین و IL-6 در گروه تمرین+کلرلا در مقایسه با گروه تمرین کرده بدون مصرف کلرلا به صورت معناداری بیشتر بود که این یافته‌ها بر تقویت تاثیرات ضدالتهابی تمرین ورزشی توسط کلرلا تاکید دارد (۴۷). با وجود موارد مطرح شده، به دلیل محدودیت‌های پژوهش حاضر از جمله

تعداد محدود آزمودنی‌ها و عدم کنترل دقیق تاثیر تغذیه روتین آزمودنی‌ها بر سطوح هپاتوکاین‌های بررسی شده از یک طرف و اطلاعات اندک موجود در مورد تاثیر همزمان تمرین ورزشی و آلگومد، شناسایی سازوکار تغییرات در سطوح هپاتوکاین‌های مختلف باید در مطالعات آتی مشخص شود و مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاضر نشان داد که مصرف آلگومد به تنهایی نیز می‌تواند نقش موثری در تعدیل سطوح هپاتوکاین‌ها در مردان چاق داشته باشد و به همراه تمرین ورزشی نیز تاثیرگذاری بیشتر این مکمل در کاهش سطوح هپاتوکاین‌ها مشاهده شد. باتوجه به یافته‌های حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مصرف آلگومد یک مکمل تغذیه‌ای موثر برای تقویت تاثیرات مثبت تمرین ورزشی است و اضافه کردن آن به برنامه تمرین ورزشی مردان چاق می‌تواند تاثیر سینرژیک اعمال کند.

منابع

1. Alcaraz P., Sánchez-Lorente J., Blazevich A. 2008. Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3):667.

2. Brzycki M. 1993. Strength testing-predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 64(1):88-90.

3. Burk R.F., Hill K.E. 2005. Selenoprotein P: an extracellular protein with unique physical characteristics and a role in selenium homeostasis. *Annual Review of Nutrition*, 25:215.

4. Choi H.Y., Hwang S.Y., Lee C.H., Hong H.C., Yang S.J., Yoo H.J., 2013. Increased selenoprotein p levels in subjects with visceral obesity and nonalcoholic Fatty liver disease. *Diabetes and Metabolism Journal*, 37(1):63-71.

5. Cuevas-Ramos D., Aguilar-Salinas C.A., Gómez-Pérez F.J. 2012. Metabolic actions of fibroblast growth factor 21. *Current Opinion in Pediatrics*, 24(4):523-529.

6. Ebrahimi-Mameghani M., Aliashrafi S., Khoshbaten M., Allahverdi Mamaghani B. 2013. The Effect of Microalgae Chlorella Vulgaris Supplementation on Lipid Profile and Lipid Peroxidation in Non-alcoholic Fatty Liver Disease: A Double- blind randomized Clinical Trial. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 23(105) :9-18

7. El-Kafrawy N., Atta A.E.B.M., Abdelsattar S., Zewain S.K.E.D. 2021Serum selenoprotein P in lean and obese Egyptian individuals and its relation to insulin resistance. *Alexandria Journal of Medicine*, 57(1):61-69.

8. Ennequin G., Sirvent P., Whitham M. 2019. Role of exercise-induced hepatokines in metabolic disorders. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 317(1):E11-E24.

9. Farzanegi P. 2022. Aerobic and Resistance Exercises Modulate Fibroblast Growth Factor-21 Level in Menopause Women with Type II Diabetes. *West Indian Medical Journal*, 69(7):471-477.

10. Fisher F.M., Chui P.C., Antonellis P.J., Bina H.A., Kharitonenkov A., Flier JS, 2010. Obesity is a fibroblast growth factor 21 (FGF21)-resistant state. *Diabetes*, 59(11):2781-2789.

11. Flisiak-Jackiewicz M., Bobrus-Chociej A., Wasilewska N., Tarasow E., Wojtkowska M., Lebensztejn D.M. 2019. Can hepatokines be regarded as novel non-invasive serum biomarkers of intrahepatic lipid content in obese children? *Advances in Medical Sciences*, 64(2):280-284.

concentration in adults: Systematic review and meta-analysis. *Hormones*, 20(1):23-33.

20. Kharitonenkov A., Shiyanova T.L., Koester A., Ford A.M., Micanovic R, Galbreath E.J. 2005. FGF-21 as a novel metabolic regulator. *The Journal of Clinical Investigation*, 115(6):1627-1635.

21. Lebensztejn D.M., Flisiak-Jackiewicz M., Białokoz-Kalinowska I., Bobrus-Chociej A., Kowalska I. 2016. Hepatokines and non-alcoholic fatty liver disease. *Acta Biochimica Polonica*, 63(3):459-467.

22. Lee J.S., Yoon E.S., Jung S.Y., Yim K.T., Kim D.Y. 2021. Effect of high-intensity circuit training on obesity indices, physical fitness, and browning factors in inactive female college students. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 17(3):207.

23. Martínez-Garza Ú., Torres-Oteros D., Yarritu-Gallego A., Marrero P.F., Haro D., Relat J. 2019. Fibroblast growth factor 21 and the adaptive response to nutritional challenges. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19):4692.

24. Meex R.C., Hoy A.J, Morris A, Brown RD, Lo JC, Burke M, 2015. Fetuin B is a secreted hepatocyte factor linking steatosis to impaired glucose metabolism. *Cell Metabolism*, 22(6):1078-1089.

25. Meex R.C., Watt M.J. 2017. Hepatokines: linking nonalcoholic fatty liver disease and insulin resistance. N*ature Reviews Endocrinology*, 13(9):509-520.

26. Misu H., Takamura T., Takayama H., Hayashi H., Matsuzawa-Nagata N., Kurita S. 2010. A liver-derived secretory protein, selenoprotein P, causes insulin resistance. *Cell Metabolism*, 12(5):483-495.

27. Miya N., Uratani A., Chikamoto K., Naito Y., Terao K., Yoshikawa Y. 2020. Effects of exercise on biological trace element concentrations and selenoprotein P expression in rats with fructose-induced glucose intolerance. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 2020:19-96.

12. Ghorbanian B., Egtesadi S. 2022. The effect of high intensity interval training (HIIT) on serum levels of selenoprotein P and glycemic and body composition indices in women with nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 9(1):12-21.

13. Hariharan S., Dharmaraj S. 2020. Selenium and selenoproteins: It's role in regulation of inflammation. *Inflammopharmacology*, 28(3):667-695.

14. Horii N., Hasegawa N., Fujie S., Uchida M., Iemitsu K., Inoue K. 2019. Effect of combination of chlorella intake and aerobic exercise training on glycemic control in type 2 diabetic rats. *Nutrition*, 63:45-50.

15. Jeong H., Kwon H.J., Kim M.K. 2009. Hypoglycemic effect of Chlorella vulgaris intake in type 2 diabetic Goto-Kakizaki and normal Wistar rats. *Nutrition Research and Practice*, 3(1):23-30.

16. Jung T.W., Choi H.Y., Lee S.Y., Hong H.C., Yang S.J., Yoo H.J., 2013. Salsalate and adiponectin improve palmitate-induced insulin resistance via inhibition of selenoprotein P through the AMPK-FOXO1α pathway. *PLoS One*, 8(6):e66529.

17. Karaarslan S., Buyukyazi G., Taneli F., Ulman C., Tikiz C., Gumuser G., 2010. Effects of different intensity resistance exercise programs on bone turnover markers, osteoprotegerin and receptor activator of nuclear factor kappa β ligand in post-menopausal women. *Turkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 30(1):123-134.

18. Karbalamahdi A., Abedi B., Fatolahi H., Pazoki A. 2019. Effect of Aerobic Training and C. vulgaris Intake on Lipid Profile and Leptin in Obese Women. *Hormozgan Medical Journal*, 23(2):e91436-e.

19. Khalafi M., Alamdari K.A., Symonds M.E., Nobari H., Carlos-Vivas J. 2021. Impact of acute exercise on immediate and following early post-exercise FGF-21

28. Mobasseri S., Khodaei K., Zolfaghar Didani M. 2022. A comparison of effectiveness of aerobic and resistance training during ketogenic diet on fibroblast growth factor 21 and selenoprotein P and blood lipid profile in overweight or obese men. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 2022:1.

29. Murakami T. 1987. Effect of Chlorella on blood pressure, cerebral stroke lesions, hypertensive vascular changes and life span in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Sciences*, 40:351-359.

30. Murata Y., Konishi M., Itoh N. 2011. FGF21 as an endocrine regulator in lipid metabolism: from molecular evolution to physiology and pathophysiology. *Journal of Mutrition and Metabolism*, 2011:981315.

31. Ni B., Farrar J.S., Vaitkus J.A., Celi F.S. 2015. Metabolic effects of FGF-21: thermoregulation and beyond. *Frontiers in Endocrinology*, 6:148.

32. Nishimura T., Nakatake Y., Konishi M., Itoh N. 2000. Identification of a novel FGF, FGF-21, preferentially expressed in the liver. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Structure and Expression*, 1492(1):203-206.

33. Noguchi N., Konishi F., Kumamoto S, Maruyama I, Ando Y, Yanagita T. 2013. Beneficial effects of Chlorella on glucose and lipid metabolism in obese rodents on a high-fat diet. Obesity *Research and Clinical Practice*, 7(2):e95-e105.

34. Ogawa K., Sanada K., Machida S., Okutsu M., Suzuki K. 2010. Resistance exercise training-induced muscle hypertrophy was associated with reduction of inflammatory markers in elderly women. *Mediators of Inflammation*, 2010.

35. Oh K.J., Lee D.S., Kim W.K., Han B.S., Lee S.C., Bae K.H. 2017. Metabolic adaptation in obesity and type II diabetes: myokines, adipokines and hepatokines. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1):8.

36. Paoli A., Moro T., Marcolin G., Neri M., Bianco A., Palma A. 2012. High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *Journal of Translational Medicine*, 10(1):1-8.

37. Perez-Lopez A., Gonzalo-Encabo P., Pérez-Köhler B., Garcia-Honduvilla N., Valades D. 2022. Circulating myokines IL-6, IL-15 and FGF21 response to training is altered by exercise type but not by menopause in women with obesity. *European Journal of Sport Science*, 22(9):1426-1435.

38. Pescatello L.S., Franklin B.A., Fagard R., Farquhar W.B., Kelley G.A., Ray C.A. 2004. American college of sports medicine position stand. exercise and hypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3):20.

39. Pichon C., Hunter G., Morris M., Bond R., Metz J. 1996. Blood pressure and heart rate response and metabolic cost of circuit versus traditional weight training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3):153.

40. Pollock M.L., Franklin B.A., Balady G.J., Chaitman B.L., Fleg J.L., Fletcher B., 2000. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescriptionan advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, american heart association. *Circulation*, 101(7):828-833.

41. Saeidi A., Seifi-Ski-Shahr F., Soltani M., Daraei A., Shirvani H., Laher I. 2020. Resistance training, gremlin 1 and macrophage migration inhibitory factor in obese men: a randomised trial. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 2020:1-9.

42. 11.Saito Y. 2019. Selenoprotein P as an in vivo redox regulator: disorders related to its deficiency and excess. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 2019:19-31.

Neishabour University of Medical Sciences, 7(3):75-88.

48. Taaffe D., Pruitt L., Pyka G., Guido D., Marcus R. 1996. Comparative effects of high-and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clinical Physiology*, 16(4):381-392.

49. Tsutsumi R., Saito Y. 2020. Selenoprotein P; P for plasma, prognosis, prophylaxis, and more. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 43(3):366-374.

50. Vecina J.F., Oliveira A.G., Araujo T.G., Baggio S.R., Torello C.O., Saad M.J.A. 2014. Chlorella modulates insulin signaling pathway and prevents high-fat diet-induced insulin resistance in mice. *Life Sciences*, 95(1):45-52.

51. Yang S.J., Hong H.C., Choi H.Y., Yoo H.J., Cho G.J., Hwang T.G. 2011. Effects of a three-month combined exercise programme on fibroblast growth factor 21 and fetuin-A levels and arterial stiffness in obese women. *Clinical Endocrinology*, 75(4):464-469.

52. Yoo H.J., Choi K.M. 2015. Hepatokines as a link between obesity and cardiovascular diseases. *Diabetes and Metabolism Journal*, 39(1):10-15.

43. Sanayei M., Izadi A., Hajizadeh-Sharafabad F., Amirsasan R., Kaviani M., Barzegar A. 2021. *Chlorella vulgaris* in combination with high intensity interval training in overweight and obese women: a randomized double-blind clinical trial. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, 20(1):781-792.

44. Saremi A., Gheraati M. 2010. The effect of resistance training on serum myostatin level and insulin re Resistance in Obese-*Overweight Men. Journal of Sport Biosciences, 2*(4):93-108.

45. Segsworth B.M. 2015. Acute sprint interval exercise induces a greater FGF-21 response in comparison to work-matched continuous exercise. MSc Thesis, Western University, Ontario.

46. Shabkhiz F., Khalafi M., Rosenkranz S., Karimi P., Moghadami K. 2021. Resistance training attenuates circulating FGF-21 and myostatin and improves insulin resistance in elderly men with and without type 2 diabetes mellitus: A randomised controlled clinical trial. *European Journal of Sport Science*, 21(4):636-645.

47. Shafeie A.A., Tahmasebi W., AZIZI M. 2019. The simultaneous effects of Chlorella vulgaris supplementation and high intensity interval training on IL-6 serum levels reduction and insulin resistance on overweight men. *Journal of*

The Effect of 12 Weeks of Intermittent Resistance Training with Algomed Supplementation on Plasma Levels of FGF-21 Selenoprotein P in Men with Obesity

Mohammad Mahdi Madani, Hossein Abednatanzi*, Mandana Gholami, Farshad Ghazalian

Department of professional Physical Education and Sports Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

Abstract

Obesity is one of the main causes of death in developing countries, especially in Iran. The aim of this study was to investigate the effect of 12 weeks of interval resistance training with Algomed supplement on FGF-21 and Selenoprotein P in obese men. 44 obese men will be divided into four groups of 11 people: control, training, supplement and supplemental training. Subjects in the 12-week training group will perform three sessions of resistance training sessions a week. Also, the subjects of the supplement group of 1800 mg Algomed Algae in the form of 6 tablets (2 tablets one and a half hour before breakfast, 2 tablets one and a half hour before lunch, 2 tablets one and a half hour before dinner) (according to the instructions factory) consumed. Blood was drawn 48 hours before the start of the research and 48 hours after the last day of training, and the mentioned indicators were measured using an ELISA kit and device. The results of the present study showed that there is a significant difference between the groups ($p < 0.05$). Bonferroni's post hoc test showed that training, supplement and supplement training caused decrease in FGF-21 and Selenoprotein P compared to the control group ($p < 0.05$). The present results showed that interval resistance training alone and with algomed supplementation decreased the levels of FGF-21 and Selenoprotein P in obese men. Also, consumption of algomed along with interval resistance training compared to interval resistance training alone had a greater effect on the levels of the investigated variables.

Keywords: Resistance training, Algomed, Hepatokines, Obesity.