

مقایسه تاثیر ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین-۲ در زنان چاق

ماندانا غلامی^۱، حسین عابد نطنزی^۲، امینه موسی پور سوران^۳

^۱ هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

^۲ هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

^۳ کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده

بافت چربی موجب ترشح عوامل مختلفی می‌شود که به عنوان آدیپوکاین نامگذاری می‌شوند که در پاتوژنز وضعیت‌های مختلف از جمله سندرم متابولیک نقش مهمی دارند. باوجود تاثیرات مثبتی که تمرین ورزشی بر مقاومت به انسولین و متابولیسم لیپید دارد، تاثیر تمرین ورزشی از جمله HIIT بر سطوح لیپوکالین-۲ در وضعیت چاقی کمتر مورد توجه قرار گرفته است و باید مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد. آزمودنی‌های مقاله حاضر همگی زنان چاق بوده که به بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت مبتلا نبودند. برنامه تمرین ورزشی در از نوع تناوبی شدید و تداومی با شدت متوسط بود. برنامه تمرین ورزشی زیر نظر متخصص فیزیولوژی ورزشی انجام شد از روش‌های آماری توصیفی به منظور توصیف ویژگی‌های آزمودنی‌ها و آمار استنباطی برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از این مقاله نشان داد که ۱۲ هفته تمرین ورزشی به صورت تداومی با شدت متوسط و تناوبی شدید منجر به کاهش معنادار لیپوکالین-۲ و مقاومت به انسولین می‌شود و تفاوت معناداری بین دو نوع تمرین ورزشی در تاثیر بر لیپوکالین-۲ و مقاومت به انسولین وجود نداشته است.

کلمات کلیدی: تمرین تداومی، چاقی، لیپوکالین-۲

مقدمه

چاقی که عمدتاً به عنوان وزن اضافی بدن به نسبت قد مشخص تعریف شده است، همواره یکی از اصلی‌ترین مشکلات سلامتی در سراسر جهان بوده است و با افزایش خطر انواع مختلف بیماری‌ها بویژه بیماری‌های قلبی-عروقی، پرفشار خونی و دیابت ملیتوس نوع ۲ همراه است. شاخص توده بدن (BMI^1) (وزن بدن به کیلوگرم/قد به متر به توان دو " $kg.m^2$ ") رایج‌ترین فرمولی است که برای تعریف اضافه وزن ($Bmi = 25-29.9 kg/m^2$) و چاقی ($BMI > 30 kg/m^2$) مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرچند این فرمول میزان دقیق چربی و چاق بودن را ارزیابی نمی‌کند و یک مقیاس ساده برای پایش سلامتی در مطالعات اپیدمیولوژیک است (گادی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸).

چاقی وضعیتی است که از تجمع بافت چربی اضافی ناشی می‌شود و تاثیرات نامطلوب و معکوسی بر سلامتی دارد. ناتوانی و طول عمر کوتاه وابسته به چاقی از عوارض بیماری‌های همراه آن است، که از جمله می‌توان به مقاومت انسولین، دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی آترواسکلروتیک، بیماری کبد چرب غیر الکلی، پرفشار خونی و هیپر لیپیدمی اشاره کرد (اسچوارزبرگ و سینایکوک^۳، ۲۰۰۶). چاقی با تغییرات در سطوح برخی عوامل و عناصر گردش خون همراه است که از جمله آنها می‌توان به لیپوکالین^۲ اشاره کرد. سطوح لیپوکالین^۲ در افراد داری اضافه وزن و چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی افزایش می‌یابد که این تغییرات با مقاومت به انسولین و اختلال در متابولیسم لیپید همراه است. باوجود تاثیرات مثبتی که تمرین ورزشی بر مقاومت به انسولین و متابولیسم لیپید دارد، تاثیر تمرین ورزشی از جمله HIIT بر سطوح لیپوکالین^۲ در وضعیت چاقی کمتر مورد توجه قرار گرفته است و باید مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

برخی محققان عنوان کرده‌اند که بیان لیپوکالین^۲ در بافت چربی زنان چاق به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند و دارای همبستگی مثبتی با سایتوکاین‌های التهابی از قبیل اینترلوکین ۶ (IL-6) می‌باشد (اوگست^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس موارد مطرح شده، محققان لیپوکالین^۲ را به عنوان یک عامل التهابی معرفی کرده‌اند که دارای همبستگی مثبتی با چاقی، مقاومت به انسولین و هایپرگلیسمی در نمونه‌های انسانی است و دارای ارتباط تنگاتنگ با التهاب مزمن و اختلالات متابولیک ناشی از آن می‌باشد و کاهش سطوح لیپوکالین^۲ موجب کاهش مقاومت به انسولین می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). بر این اساس، لیپوکالین^۲ می‌تواند به عنوان یک هدف درمانی برای مقابله با مقاومت به انسولین و بهبود پروفایل متابولیک مورد توجه باشد. باوجود تاثیرات مثبت تمرین ورزشی از جمله در بهبود مقاومت به انسولین، تاثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی بویژه تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر سطوح لیپوکالین^۲ کمتر مورد توجه قرار گرفته است و محقق در پژوهش حاضر به بررسی و مقایسه تاثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین^۲ در زنان چاق پرداخته است. هدف ما در این مقاله تبیین تاثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین^۲ در زنان چاق است.

1. Body Mass Index

2. Gadde

3. Schwarzenberg and Sinaiko

4. Auguet

پیشینه پژوهش

محققان در پژوهشی به بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین ترکیبی (۵ جلسه در هفته) بر سطوح لیپوکالین ۲ در زنان چاق پرداختند. هر جلسه تمرین ورزشی ترکیبی (استقامتی-مقاومتی) حدود یک ساعت طول می کشید که با یک گرم کردن مختصر آغاز می شد. سپس آزمودنی ها به مدت ۴۵ دقیقه با شدت ۷۵-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره به تمرین هوازی می پرداختند و بعد از آن نیز ۲۰ دقیقه تمرین مقاومتی اجرا می شد و در انتهای هر جلسه تمرین نیز چند دقیقه سرد کردن اجرا می شد. نتایج این پژوهش نشان داد که سه ماه تمرین ترکیبی تاثیر معناداری بر سطوح لیپوکالین ۲ نداشته است (چوی و همکاران، ۲۰۰۹).

در پژوهشی دیگر، مقدسی و محمدی (۲۰۱۴) به بررسی تاثیر هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر سطوح لیپوکالین ۲ در مردان جوان پرداختند. برنامه تمرین هوازی (دویدن با شدت ۸۰-۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه) و مقاومتی (به صورت دایره ای با ۴-۲ ست و هشت ایستگاه با ۸۰-۶۵ درصد قدرت یک تکرار بیشینه) به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته اجرا شد. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو تمرین هوازی و مقاومتی منجر به کاهش سطوح لیپوکالین ۲ شده است، اما تغییر معناداری در مقاومت به انسولین و سطوح پروتئین واکنشگر C (CRP) مشاهده نشد (مقدسی و محمدی، ۲۰۱۴).

روش تحقیق

در مقاله حاضر، محقق در یک کارآزمایی بالینی تصادفی سازی شده به مقایسه تاثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین-۲ در زنان چاق پرداخته است. پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و همچنین کاربردی بود که با استفاده از آزمون های آزمایشگاهی و میدانی اجرا شده است. زنان چاق با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال، جامعه آماری پژوهش حاضر را تشکیل می دادند که از بین افراد داوطلب و واجد شرایط برای شرکت در پژوهش حاضر، ۳۶ آزمودنی که باتوجه به معیارهای در نظر گرفته شده توسط محقق و همچنین پس از ارزیابی پزشکی، مشکلی برای شرکت در برنامه تمرین ورزشی نداشتند، به عنوان نمونه آماری مورد بررسی انتخاب شدند.

فرضیه های تحقیق

۱. ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین-۲ در زنان چاق تاثیر دارد.
۲. ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر مقاومت به انسولین در زنان چاق تاثیر دارد.
۳. ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح کلسترول در زنان چاق تاثیر دارد.
۴. ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح تری گلیسیرید در زنان چاق تاثیر دارد.
۵. ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح LDL-C در زنان چاق تاثیر دارد.
۶. ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح HDL-C در زنان چاق تاثیر دارد.

طراحی مطالعه

در ابتدای پژوهش از طریق اطلاع‌رسانی و ذکر شرایط مورد نیاز آزمودنی‌ها سعی بر آن شد تا آزمودنی‌های مورد نظر به منظور اجرای پژوهش حاضر شناسایی شوند. از بین افراد مراجعه‌کننده، افرادی که دارای معیارهای مورد نظر نبودند، از پژوهش کنار گذاشته می‌شدند. بعد از مشخص شدن و انتخاب آزمودنی‌های مدنظر، شرایط و نحوه اجرای پژوهش برای همگی توضیح داده شد تا از مزایا و معایب تمرینات ورزشی برای افراد دارای اضافه وزن و چاق مطلع شوند. سپس از بین افرادی که تمایل به ادامه همکاری داشتند، بر اساس معیارهای ورود و خروج در نظر گرفته شده، تعداد ۳۶ آزمودنی به منظور اجرای پژوهش انتخاب شدند و قبل از اجرای پژوهش از همه آنها رضایت‌نامه آگاهانه اخذ شد.

به منظور کنترل دقیق عوامل مخل و تاثیرگذار طی اجرای پژوهش، از آزمودنی‌های خواسته شد که طی دوره ۱۲ هفته‌ای پژوهش از هرگونه تغییر در سبک زندگی خودداری کنند. علاوه بر این، از آزمودنی‌ها درخواست شد تا در طی پژوهش، میزان فعالیت جسمانی خود را در مقایسه با وضعیت قبلی تغییر نداده و آزمودنی‌های گروه تمرین نیز به جز برنامه تمرین ورزشی در نظر گرفته شده توسط محقق در برنامه ورزشی دیگری شرکت نکنند.

اندازه‌گیری‌های آنترپومتریک

اندازه‌گیری‌های آنترپومتریک در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون توسط یک نفر متخصص و آشنا به سنجش متغیرهای آنترپومتریک انجام شد. قد و وزن آزمودنی‌ها توسط ترازو و قدسنج سکا (seca) ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. برای برآورد شاخص توده بدن (BMI) آزمودنی‌ها نیز از تقسیم وزن به کیلوگرم بر قد به متر به توان دو (kg.m^2) استفاده شد. به منظور سنجش درصد چربی بدن نیز از آنالیز ترکیب بدن ساخت کشور کره استفاده شد.

اندازه‌گیری $\text{VO}_{2\text{max}}$

برای اندازه‌گیری $\text{VO}_{2\text{max}}$ از آزمون یک مایل راه رفتن راکپورت استفاده شد. آزمون راه رفتن راکپورت، یک آزمون برای برآورد $\text{VO}_{2\text{max}}$ در مردان و زنان و در محدوده سنی ۲۰ الی ۶۹ سال است. از افراد شرکت‌کننده در این آزمون خواسته می‌شود تا مسافت یک مایل ($1/6\text{km}$) را تا آنجا که می‌توانند به تندی راه بروند. اجرای این آزمون بسیار راحت است و حتی برای اشخاص کم‌تحرک و یا افراد مسن نیز مناسب است. آزمودنی باید لباس مناسب و کفش راحت بپوشد و قبل از شروع آزمون پنج الی ده دقیقه گرم کردن و حرکات کششی سبک انجام دهد که همه این موارد در پژوهش حاضر مورد توجه قرار گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا مسافت یک مایل را تا آنجا که ممکن است به تندی راه بروند. بلافاصله بعد از اتمام آزمون، ضربان قلب آزمودنی از روی ضربان‌سنج پلار ثبت شد. نهایتاً $\text{VO}_{2\text{max}}$ با توجه به فرمول زیر اندازه‌گیری شد (زافرا^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). در این فرمول جنس برای خانم‌ها برابر با ۰ و برای آقایان ۱ در نظر گرفته می‌شود.

⁵. Zafra

$$VO_{2max} (ml.kg.min^{-1}) = ۱۳۲/۸۵۳ - ۰/۱۶۹۲ (\text{وزن بدن به کیلوگرم}) - ۰/۳۸۷۷ (\text{سن به سال}) + ۶/۳۱۵ (\text{جنس}) - ۳/۲۶۴۹ (\text{زمان}) - ۰/۱۵۶۵ (\text{ضربان قلب})$$

تجزیه و تحلیل آماری

از روش‌های آماری توصیفی به منظور توصیف ویژگی‌های آزمودنی‌ها و آمار استنباطی برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. در آمار توصیفی از شاخص‌های پراکندگی انحراف معیار، میانگین و نمودار و در بخش آمار استنباطی جهت تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک، همچنین به منظور تعیین معناداری تفاوت بین گروه‌های پژوهشی از آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS-24 انجام و سطح معناداری نیز برابر با p کمتر از ۵ صدم ($p < 0.05$) در نظر گرفته شد.

آزمون فرضیه‌های پژوهش

در بخش حاضر، فرضیه‌های پژوهش به صورت جداگانه آزمون می‌شوند و در رابطه با پذیرش یا رد آنها بر اساس p در نظر گرفته شده ($p < 0.05$)، تصمیم‌گیری می‌شود. تغییرات بین گروهی (گروه کنترل، MICT و HIIT) با استفاده از آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) و آزمون تعقیبی بونفرونی بررسی شده است و در بخش انتهایی هر فرضیه نیز، میزان تغییرات هر گروه در مقایسه با پیش آزمون (درصد تغییرات) به صورت جداگانه ارائه شده است.

فرضیه اول

۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین ۲ در زنان چاق تاثیر ندارد.

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) به منظور بررسی تغییرات بین گروهی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) لیپوکالین ۲، تفاوت معنادار بین گروهی را نشان داد ($p < 0.001$) که نتایج آن در جدول شماره ۱ ارائه شده است. با توجه به اینکه معناداری (p) بین گروهی کمتر از ۵ صدم بود، فرض صفر رد می‌شود. یعنی ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین ۲ در زنان چاق تاثیر دارد.

جدول ۱: آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح لیپوکالین ۲

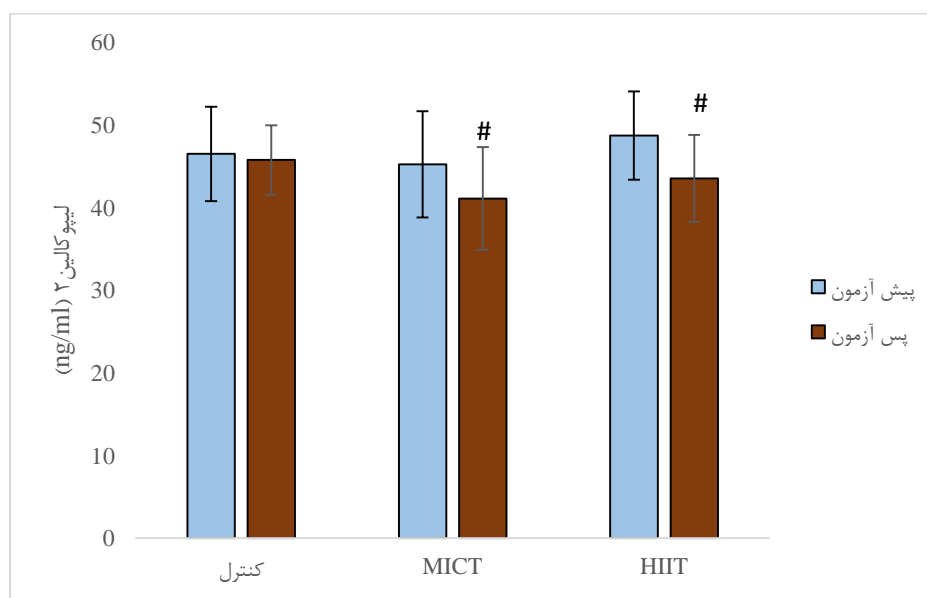
اندازه اثر	ارزش p	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۸۲۹	<۰/۰۰۱	۵۱/۷۷۰	۲۹۲/۲۰۴	۳	مدل تصحیح شده
۰/۸۰۵	<۰/۰۰۱	۱۳۲/۱۴۶	۷۴۵/۸۶۵	۱	مقادیر اولیه
۰/۳۹۵	<۰/۰۰۱	۱۰/۴۵۰	۵۸/۹۸۵	۲	گروه
			۵/۶۴۴	۳۲	خطا

مقایسه تغییرات سطوح لیپوکالین ۲ بین گروه‌های مختلف پژوهشی با آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح لیپوکالین ۲ در گروه MICT ($p=0/002$) و HIIT ($p=0/001$) در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح لیپوکالین ۲ در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح لیپوکالین ۲

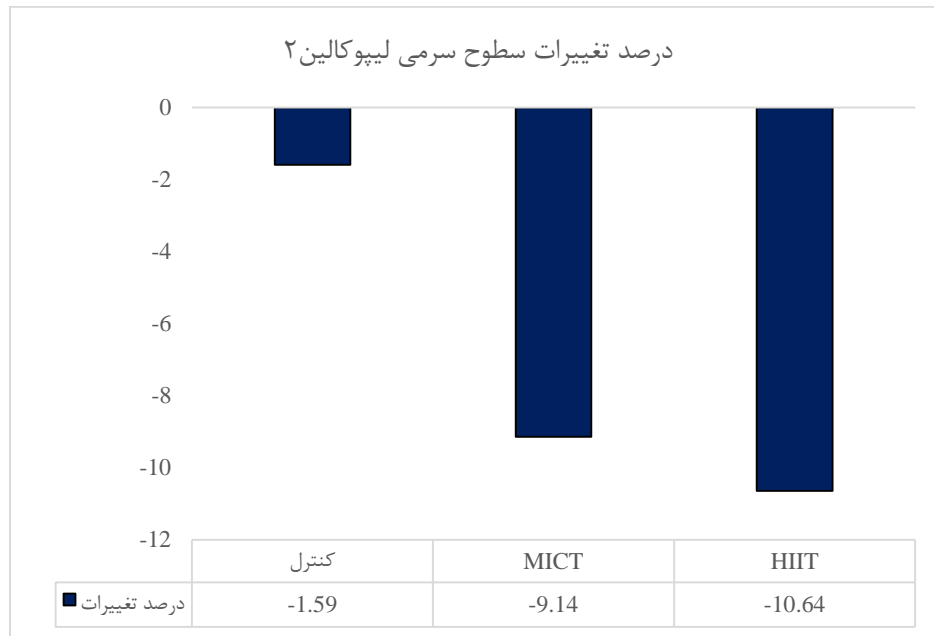
معناداری	میانگین اختلاف	گروه	گروه
0/002	3/638	MICT	کنترل
0/001	4/026	HIIT	
0/002	-3/638	کنترل	MICT
1/000	0/388	HIIT	
0/001	-4/026	کنترل	HIIT
1/000	-0/388	MICT	

تغییرات سطوح لیپوکالین ۲ در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱. تغییرات سطوح لیپوکالین ۲. نشانه کاهش معنادار در مقایسه با گروه کنترل

درصد تغییرات سطوح لیپوکالین ۲ در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در مرحله پس از آزمون نسبت به مرحله پیش از آزمون در نمودار ۲ ارائه شده است.



نمودار ۲: درصد تغییرات سطوح لیپوکالین ۲

فرضیه دوم

۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر مقاومت به انسولین در زنان چاق تاثیر ندارد.

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) به منظور بررسی تغییرات بین گروهی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) مقاومت به انسولین، تفاوت معنادار بین گروهی را نشان داد ($p < 0.001$) که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه معناداری (P) بین گروهی کمتر از ۵ صدم بود، فرض صفر رد می‌شود. یعنی ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر مقاومت به انسولین در زنان چاق تاثیر دارد.

جدول ۳: آزمون تحلیل کوواریانس برای میزان مقاومت به انسولین

اندازه اثر	ارزش p	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۸۴۱	<۰/۰۰۱	۵۶/۴۷۵	۱/۳۹۹	۳	مدل تصحیح شده
۰/۸۱۲	<۰/۰۰۱	۱۳۸/۴۲۴	۳/۴۲۹	۱	مقادیر اولیه
۰/۶۰۴	<۰/۰۰۱	۲۴/۴۴۹	۰/۶۰۶	۲	گروه

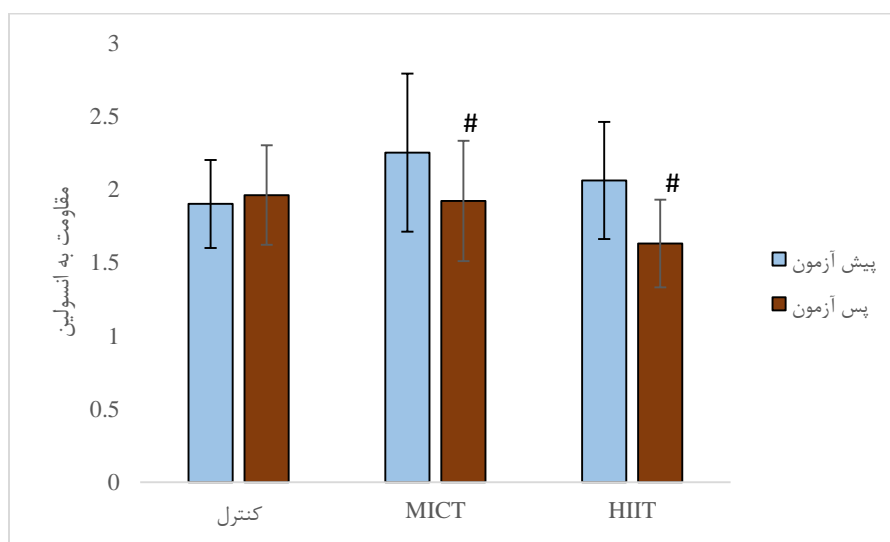
			۰/۰۲۵	۳۲	خطا
--	--	--	-------	----	-----

مقایسه تغییرات میزان مقاومت به انسولین بین گروه‌های مختلف پژوهشی با آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که میزان مقاومت به انسولین در گروه MICT ($p < 0/001$) و HIIT ($p < 0/001$) در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای میزان مقاومت به انسولین در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای میزان مقاومت به انسولین

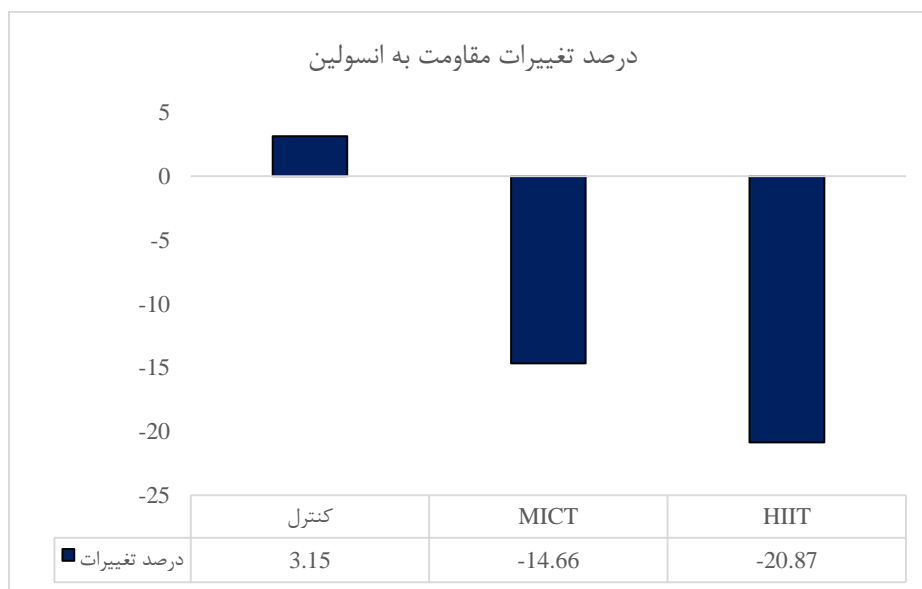
معناداری	میانگین اختلاف	گروه	گروه
۰/۰۰۰	۰/۳۱۰	MICT	کنترل
۰/۰۰۰	۰/۴۴۹	HIIT	
۰/۰۰۰	-۰/۳۱۰	کنترل	MICT
۰/۱۲۵	۰/۱۳۹	HIIT	
۰/۰۰۰	-۰/۴۴۹	کنترل	HIIT
۰/۱۲۵	-۰/۱۳۹	MICT	

تغییرات میزان مقاومت به انسولین در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است.



نمودار ۳. تغییرات میزان مقاومت به انسولین. # نشانه کاهش معنادار در مقایسه با گروه کنترل

درصد تغییرات میزان مقاومت به انسولین در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در مرحله پس از آزمون نسبت به مرحله پیش از آزمون در نمودار ۴ ارائه شده است.



نمودار ۴: درصد تغییرات میزان مقاومت به انسولین

فرضیه سوم

۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح کلسترول در زنان چاق تاثیر ندارد.

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) به منظور بررسی تغییرات بین گروهی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) سطوح کلسترول، تفاوت معنادار بین گروهی را نشان داد ($p < 0.001$) که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به اینکه معناداری (p) بین گروهی سطوح کلسترول کمتر از ۵ صدم بود، فرض صفر رد می‌شود. یعنی ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح کلسترول در زنان چاق تاثیر دارد.

جدول ۵: آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح کلسترول

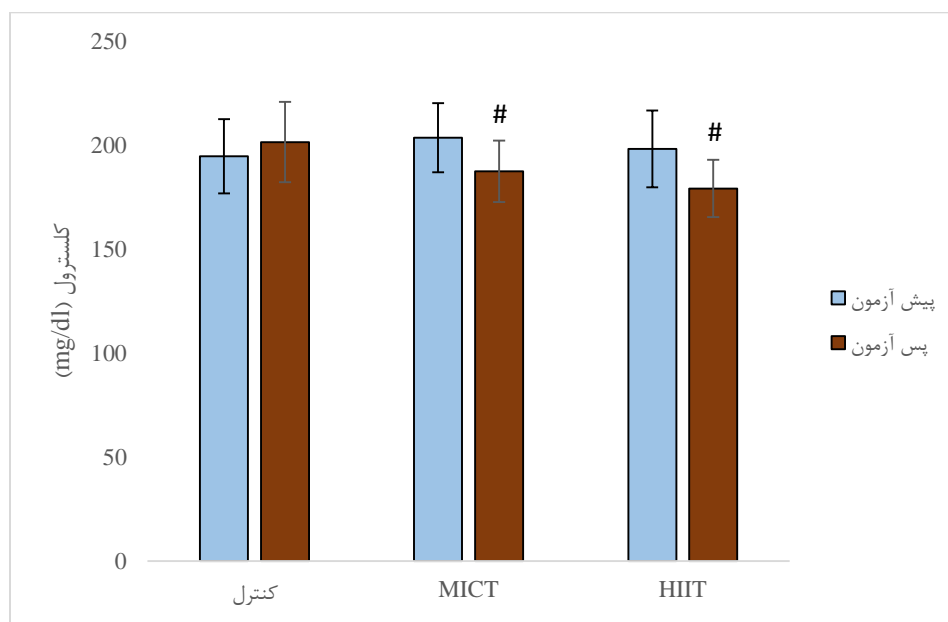
اندازه اثر	ارزش p	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۶۴۱	<۰/۰۰۱	۱۹/۰۵۳	۲۴۹۳/۱۷۷	۳	مدل تصحیح شده
۰/۵۱۳	<۰/۰۰۱	۳۳/۷۶۸	۴۴۱۸/۸۰۸	۱	مقادیر اولیه
۰/۴۹۰	<۰/۰۰۱	۱۵/۳۹۷	۲۰۱۴/۷۹۲	۲	گروه
			۱۳۰/۸۵۸	۳۲	خطا

مقایسه تغییرات سطوح کلسترول بین گروه‌های مختلف پژوهشی با آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح کلسترول در گروه MICT ($p=0/001$) و HIIT ($p<0/001$) در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح کلسترول در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح کلسترول

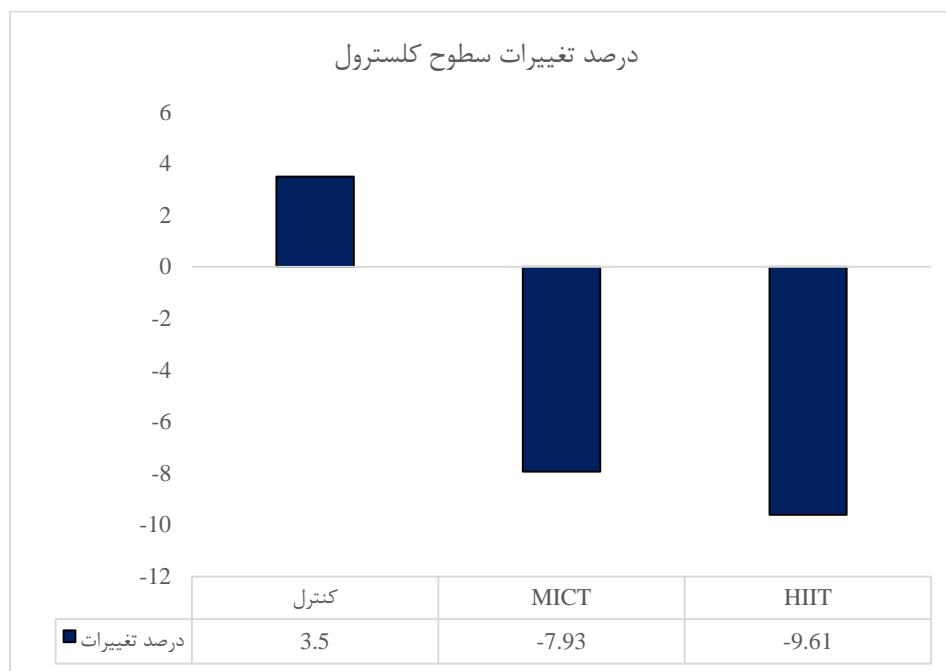
معناداری	میانگین اختلاف	گروه	گروه
0/001	19/928	MICT	کنترل
0/000	24/682	HIIT	
0/001	-19/928	کنترل	MICT
0/961	4/754	HIIT	
0/000	-24/682	کنترل	HIIT
0/961	-4/754	MICT	

تغییرات سطوح کلسترول در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در نمودار ۵ نشان داده شده است.



نمودار ۵. تغییرات سطوح کلسترول. # نشانه کاهش معنادار در مقایسه با گروه کنترل

درصد تغییرات سطوح کلسترول در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در مرحله پس آزمون نسبت به مرحله پیش آزمون در نمودار ۶ ارائه شده است.



نمودار ۶: درصد تغییرات سطوح کلسترول

فرضیه چهارم

۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح تری گلیسیرید در زنان چاق تاثیر ندارد.

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) به منظور بررسی تغییرات بین گروهی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) سطوح تری گلیسیرید، تفاوت معنادار بین گروهی را نشان داد ($p=0/029$) که نتایج آن در جدول ۷ ارائه شده است. با توجه به اینکه معناداری (P) بین گروهی سطوح تری گلیسیرید کمتر از ۵ صدم بود، فرض صفر رد می‌شود. یعنی ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح تری گلیسیرید در زنان چاق تاثیر دارد.

جدول ۷: آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح تری گلیسیرید

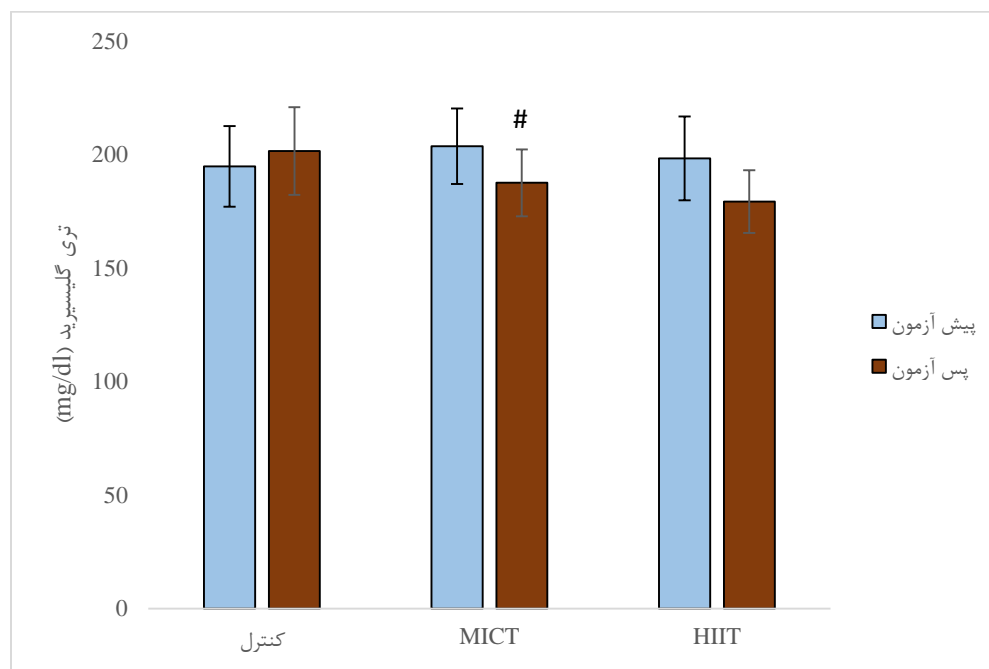
اندازه اثر	ارزش p	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۴۴۷	<۰/۰۰۱	۸/۶۳۱	۶۵۳/۴۰۷	۳	مدل تصحیح شده
۰/۴۳۱	<۰/۰۰۱	۲۴/۲۶۲	۱۸۳۶/۷۲۱	۱	مقادیر اولیه
۰/۱۹۹	۰/۰۲۹	۳/۹۶۸	۳۰۰/۴۲۳	۲	گروه
			۷۵/۷۰۴	۳۲	خطا

مقایسه تغییرات سطوح تری‌گلیسیرید بین گروه‌های مختلف پژوهشی با آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح تری‌گلیسیرید در گروه MICT ($p=0/037$) در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح تری‌گلیسیرید در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح تری‌گلیسیرید

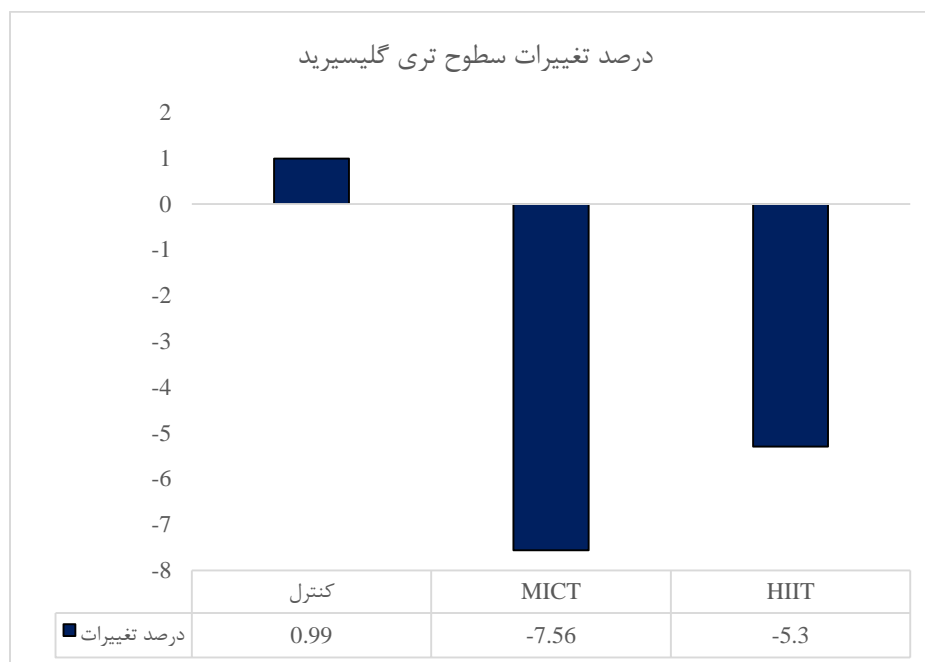
معناداری	میانگین اختلاف	گروه	گروه
۰/۰۳۷	۱۰/۲۵۸	MICT	کنترل
۰/۱۰۵	۷/۹۷۹	HIIT	
۰/۰۳۷	-۱۰/۲۵۸	کنترل	MICT
۱/۰۰۰	-۲/۲۷۹	HIIT	
۰/۱۰۵	-۷/۹۷۹	کنترل	HIIT
۱/۰۰۰	۲/۲۷۹	MICT	

تغییرات سطوح تری‌گلیسیرید در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در نمودار شماره ۷ نشان داده شده است.



نمودار ۷. تغییرات سطوح تری‌گلیسیرید. # نشانه کاهش معنادار در مقایسه با گروه کنترل

درصد تغییرات سطوح تری‌گلیسیرید در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون در نمودار ۸ ارائه شده است.



نمودار ۸: درصد تغییرات سطوح تری‌گلیسیرید

فرضیه پنجم

۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح LDL-c در زنان چاق تاثیر ندارد.

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) به منظور بررسی تغییرات بین گروهی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) سطوح LDL-c، تفاوت معنادار بین گروهی را نشان داد ($p=0/001$) که نتایج آن در جدول ۹ ارائه شده است. با توجه به اینکه معناداری (p) بین گروهی سطوح LDL-c کمتر از ۵ صدم بود، فرض صفر رد می‌شود. یعنی ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح LDL-c در زنان چاق تاثیر دارد.

جدول ۹: آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح LDL-c

اندازه اثر	ارزش p	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۷۱۷	<۰/۰۰۱	۲۶/۹۷۱	۱۲۰۶/۷۲۲	۳	مدل تصحیح‌شده
۰/۵۳۱	<۰/۰۰۱	۳۶/۱۹۲	۱۶۱۹/۲۷۷	۱	مقادیر اولیه

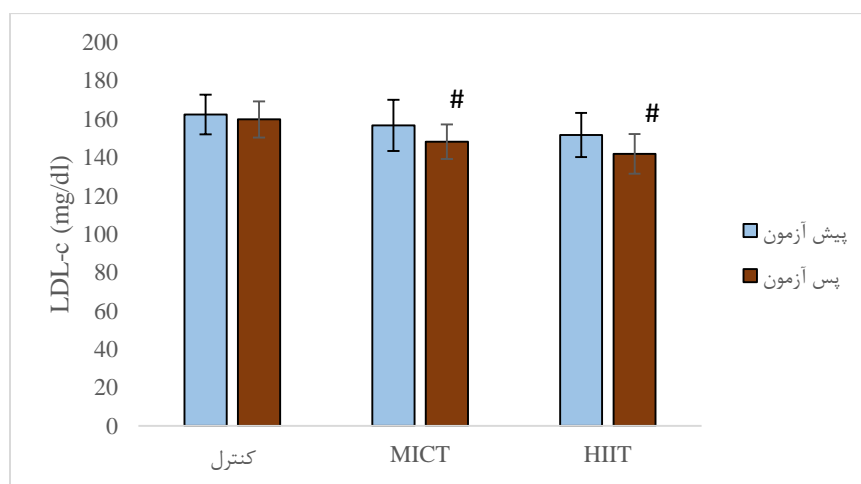
۰/۳۴۳	۰/۰۰۱	۸/۳۷۰	۳۷۴/۴۸۶	۲	گروه
			۴۴/۷۴۱	۳۲	خطا

مقایسه تغییرات سطوح LDL-C بین گروه‌های مختلف پژوهشی با آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح LDL-C در گروه MICT ($p=0/017$) و گروه HIIT ($p=0/001$) در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح LDL-C در جدول شماره ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح LDL-c

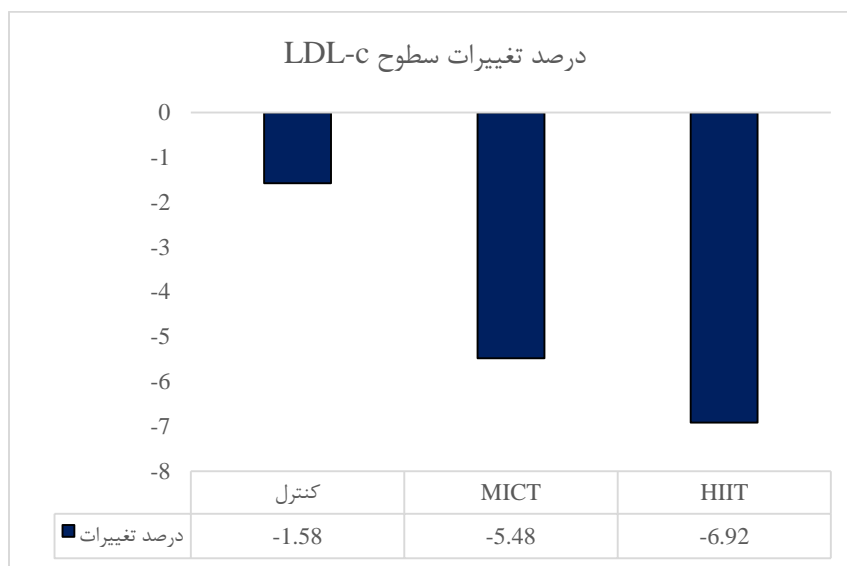
معناداری	میانگین اختلاف	گروه	گروه
۰/۰۱۷	۸/۲۹۳	MICT	کنترل
۰/۰۰۱	۱۱/۶۰۰	HIIT	
۰/۰۱۷	-۸/۲۹۳	کنترل	MICT
۰/۷۲۷	۳/۳۰۷	HIIT	
۰/۰۰۱	-۱۱/۶۰۰	کنترل	HIIT
۰/۷۲۷	-۳/۳۰۷	MICT	

تغییرات سطوح LDL-C در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در نمودار ۱۰ نشان داده شده است.



نمودار ۱۰. تغییرات سطوح LDL-c. نشانه کاهش معنادار در مقایسه با گروه کنترل

درصد تغییرات سطوح LDL-C در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در مرحله پس از آزمون نسبت به مرحله پیش از آزمون در نمودار ۱۱ ارائه شده است.



نمودار ۱۱: درصد تغییرات سطوح LDL-c

فرضیه ششم

۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح HDL-c در زنان چاق تاثیر ندارد.

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس (Ancova) به منظور بررسی تغییرات بین گروهی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) سطوح HDL-c، تفاوت معنادار بین گروهی را نشان داد ($p < 0.001$) که نتایج آن در جدول ۱۰ ارائه شده است. باتوجه به اینکه معناداری (p) بین گروهی سطوح HDL-c کمتر از ۵ صدم بود، فرض صفر رد می‌شود. یعنی ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح HDL-c در زنان چاق تاثیر دارد.

جدول ۱۰: آزمون تحلیل کوواریانس برای سطوح HDL-c

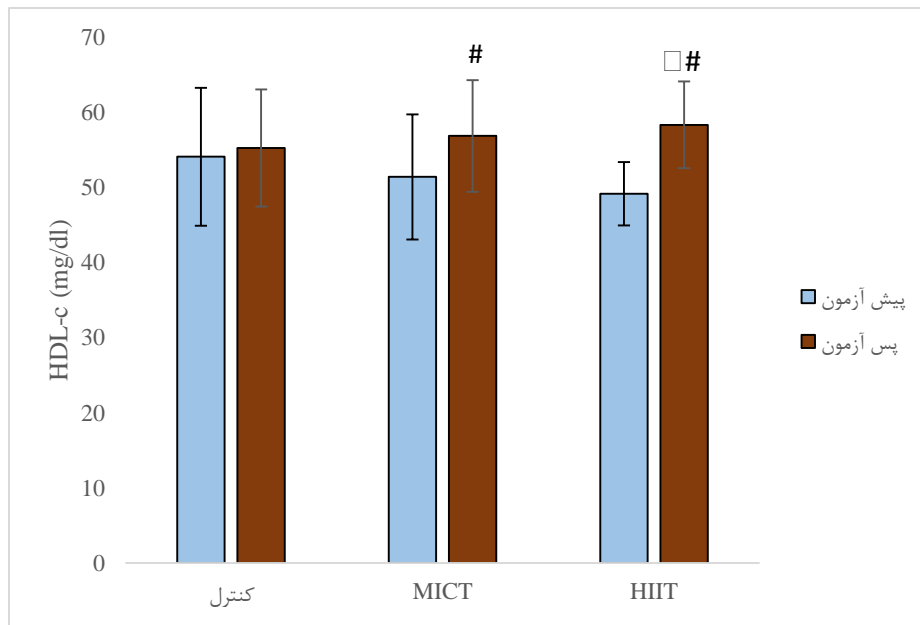
اندازه اثر	ارزش p	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۸۶۵	<۰/۰۰۱	۶۸/۴۹۵	۴۹۰/۰۸۷	۳	مدل تصحیح شده
۰/۸۶۱	<۰/۰۰۱	۱۹۷/۴۶۴	۱۴۱۲/۸۷۱	۱	مقادیر اولیه
۰/۵۶۷	<۰/۰۰۱	۲۰/۹۷۴	۱۵۰/۰۶۷	۲	گروه
			۷/۱۵۵	۳۲	خطا

مقایسه تغییرات سطوح HDL-C بین گروه‌های مختلف پژوهشی با آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح HDL-C در گروه MICT ($p=0/007$) و گروه HIIT ($p<0/001$) در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری افزایش یافته است. علاوه بر این، افزایش معنادار سطوح HDL-C در گروه HIIT در مقایسه با گروه MICT مشاهده شد ($p=0/006$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح HDL-C در جدول شماره ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۱: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای سطوح HDL-c

معداری	میانگین اختلاف	گروه	گروه
۰/۰۰۷	-۳/۶۴۲	MICT	کنترل
۰/۰۰۰	-۷/۳۳۹	HIIT	
۰/۰۰۷	-۳/۶۴۲	کنترل	MICT
۰/۰۰۶	-۳/۶۹۸	HIIT	
۰/۰۰۱	۷/۳۳۹	کنترل	HIIT
۰/۰۰۶	۳/۶۹۸	MICT	

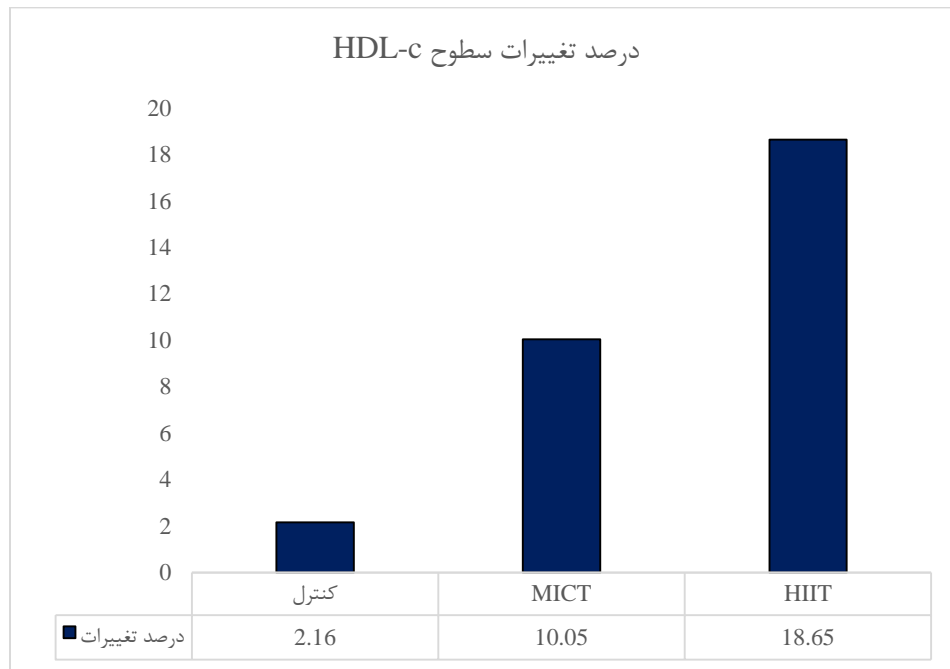
تغییرات سطوح HDL-C در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در نمودار ۱۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱۲. تغییرات سطوح HDL-c. افزایش معنادار در مقایسه با گروه کنترل. افزایش معنادار در مقایسه با گروه

MICT

درصد تغییرات سطوح HDL-C در گروه‌های مختلف پژوهشی (گروه‌های کنترل، MICT و HIIT) در مرحله پس آزمون نسبت به مرحله پیش آزمون در نمودار ۱۳ ارائه شده است.



نمودار ۱۳: درصد تغییرات سطوح HDL-c

بحث و نتیجه‌گیری

لیپوکالین ۲، مقاومت به انسولین، نیمرخ لیپیدی

پژوهش حاضر با هدف مقایسه تاثیر ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر سطوح سرمی لیپوکالین ۲ در زنان چاق صورت گرفته است. یافته اصلی پژوهش حاضر این بود که ۱۲ هفته تمرین ورزشی تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید منجر به کاهش معنادار سطوح سرمی لیپوکالین ۲ می‌شود. علاوه بر این، کاهش مقاومت به انسولین و بهبود نیمرخ لیپیدی در گروه‌های تمرین کرده در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. لیپوکالین ۲ یک گلیکوپروتئین ۲۵ کیلودالتونی است که می‌تواند به مولکول‌های لیپوفیلیک کوچک متصل و آنها را منتقل کند (فلو^۶ و همکاران، ۲۰۰۴). لیپوکالین ۲ در بافت‌های متعددی از قبیل نوتروفیل‌ها، ماکروفاژها، کلیه، کبد، ریه، تیموس و روده کوچک بیان می‌شود. علاوه بر این، لیپوکالین ۲ عمدتاً در آدیپوسیت‌ها بیان می‌شود (لو^۷ و همکاران، ۲۰۱۶).

محمدی و همکاران (۲۰۱۵) در تایید یافته‌های حاضر نشان دادند که هشت هفته تمرین هوازی (سه جلسه در هفته) با شدت ۶۵ تا ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه منجر به کاهش معنادار سطوح لیپوکالین ۲ در مردان چاق می‌شود. اما باوجود کاهش میزان مقاومت به انسولین، تغییرات آن از نظر آماری معنادار نبود. علاوه بر این، کاهش سطوح LDL-C و افزایش سطوح HDL-C در

^۶. Flo

^۷. Luo

گروه تمرین کرده مشاهده شد. این محققان کاهش سطوح لیپوکالین ۲ را با کاهش میانجی‌های التهابی (CRP) و درصد چربی بدن مرتبط دانستند. شاید دلیل تناقض یافته‌های مقاومت به انسولین در پژوهش فوق در مقایسه با پژوهش حاضر را بتوان با دوره کوتاه‌تر تمرین ورزشی در پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه با پژوهش حاضر نسبت داد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۵). در تایید تعامل بین لیپوکالین ۲ با میانجی‌های التهابی، برخی محققان نیز، لیپوکالین ۲ را به عنوان یک عامل التهابی معرفی کرده‌اند که با اختلالات متابولیک از جمله سندرم متابولیک مرتبط است (زاک^۸ و همکاران، ۲۰۱۵).

همسو با یافته‌های فوق در مورد ارتباط بین سطوح لیپوکالین ۲ و مقاومت به انسولین، محققان عنوان کرده‌اند که سطوح لیپوکالین ۲ در افراد دارای اضافه وزن و چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی افزایش پیدا می‌کند و همبستگی مثبتی بین سطوح لیپوکالین ۲ و مقاومت به انسولین وجود دارد (پانیدیس^۹ و همکاران، ۲۰۱۰). رشاد و همکاران (۲۰۱۷) نیز عنوان کردند که سطوح سرمی و بیان لیپوکالین ۲ در سلول‌های خونی می‌تواند یک عامل پیشگویی اولیه برای دیابت نوع ۲ باشد و این محققان سطوح سرمی و بیان بیشتر لیپوکالین ۲ را در زنان چاق در مقایسه با زنان لاغر نشان دادند که افزایش سرمی و بیان لیپوکالین ۲ با افزایش سطوح میانجی‌های التهابی از قبیل CRP همراه بود (رشاد^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی‌های صورت گرفته روی نمونه‌های حیوانی نیز نشان داده است که سرکوب لیپوکالین ۲ در موش‌ها موجب بهبود حساسیت به انسولین به صورت معنادار می‌شود (لاو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۰). این یافته‌های نشان دهنده آن است که سرکوب یا تنظیم کاهشی سطوح یا بیان لیپوکالین ۲ یکی از سازوکارهای موثر در بهبود حساسیت انسولین و کاهش مقاومت به انسولین است.

تمرین ورزشی از طریق سازوکارهای مختلفی موجب افزایش حساسیت انسولین می‌شود. انقباضات عضلانی موجب جابجایی انتقال دهنده گلوکز ۴ (GLUT-4) به غشای پلاسمایی به دلیل فعال‌سازی پروتئین کیناز فعال شده آدنوزین مونوفسفات^{۱۲} می‌شود که توسط افزایش غلظت کلسیم سیتوپلاسمیک ناشی از دیپلاریزاسیون غشا (سانتوس^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۸) و یا از طریق افزایش نسبت نسبت درون سلولی آدنوزین مونوفسفات به آدنوزین تری فسفات آغاز می‌شود که منعکس کننده به خطر افتادن وضعیت‌های انرژی سلول است (روتتر^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۳). فعال شدن کیناز c-Jun N-terminal و IκB کیناز / IκB / NF-κB از طریق محرک‌هایی مانند سایتوکاین‌ها، استرس رتیکولوم اندوپلاسمیک و اسیدهای چرب می‌تواند موجب فسفوریلاسیون سرین سوبسترای گیرنده انسولین ۱ (IRS-1) گردد (ساد^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۷) که به اختلال فسفوریلاسیون سوبسترای Akt 60 منجر می‌گردد که یک مرحله کلیدی در پیام‌رسانی انسولین است که جابجایی GLUT-4 را تنظیم می‌کند (مادور و پدرسن^{۱۶}، ۲۰۰۸). علاوه بر

8. Zaki

9. Panidis

10. Rashad

11. Law

12. Adenosine Monophosphate-activated Protein Kinase

13. Santos

14. Rutter

15. Saad

16. Mathur and Pedersen

این، نقش تمرینات ورزشی در کاهش التهاب نیز می‌تواند یکی از سازوکارهای موثر در کاهش مقاومت به انسولین به دنبال تمرینات ورزشی باشد (وانکاتاسامی^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۳).

یکی از یافته‌های حاضر این بود که تغییرات سطوح لیپوکالین ۲ بعد از ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید تفاوت معناداری نداشته است. با وجود این، متاسفانه مطالعه مشابهی در این رابطه صورت نگرفته است. در پژوهشی مقدسی و محمدی (۲۰۱۴) با بررسی تاثیر هشت هفته تمرین استقامتی و مقاومتی، کاهش معنادار سطوح لیپوکالین ۲ را در هر دو گروه استقامتی و مقاومتی نشان دادند، اما تغییرات سطوح لیپوکالین ۲ بین دو گروه استقامتی و مقاومتی تفاوت معناداری نشان نداد. علاوه بر این، کاهش سطوح لیپوکالین ۲ با تمرین استقامتی و مقاومتی با کاهش معنادار مقاومت به انسولین در هر دو گروه تمرین کرده همراه بود که در تایید یافته‌های حاضر نشان دهنده همبستگی منفی بین لیپوکالین ۲ و مقاومت به انسولین است. با وجود این، برخلاف یافته‌های حاضر تغییر معناداری در درصد چربی بدن و BMI آزمودنی‌ها مشاهده نشد که نشان می‌دهد تاثیرات مثبت تمرین ورزشی در کاهش سطوح لیپوکالین ۲ و مقاومت به انسولین می‌تواند مستقل از تغییرات معنادار درصد چربی بدن و BMI نیز اتفاق بیفتد (مقدسی و محمدی، ۲۰۱۴). اگرچه برخلاف یافته‌های فوق و در تایید یافته‌های حاضر، مطالعات قبلی نیز همبستگی مثبت بین لیپوکالین ۲ با وزن بدن، BMI، درصد چربی بدن و نسبت دور کمر به باسن (WHR) را نشان داده‌اند (چوی^{۱۸} و همکاران، ۲۰۰۸. دمیرچی و همکاران، ۲۰۱۱).

با وجود یافته‌های فوق، قربانیان و اسماعیل زاده (۲۰۱۷) عنوان کردند که هشت هفته تمرین مقاومتی (چهار روز در هفته) در مقایسه با گروه کنترل تاثیر معناداری بر سطوح لیپوکالین ۲ در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن و چاق ندارد. این محققان عنوان کردند که تغییر معنادار سطوح لیپوکالین ۲ مستلزم کاهش قابل ملاحظه درصد چربی بدن است (قربانیان و اسماعیل زاده، ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر نیز کاهش معنادار درصد چربی بدن و همچنین BMI همزمان با کاهش سطوح لیپوکالین مشاهده شد. همسو با این گفته‌ها، مطالعات صورت گرفته نشان داده است که همبستگی مثبت معناداری بین میزان توده چربی احشایی با سطوح لیپوکالین ۲ و MCP-1 وجود دارد که نشان می‌دهد توده چربی احشایی یکی از جایگاه‌های اصلی ترشح لیپوکالین ۲ به گردش خون است (لی^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۰). در همین راستا، آدیپوسیت‌ها به عنوان یکی از جایگاه‌های عمده بیان لیپوکالین ۲ شناخته شده‌اند (لو و همکاران، ۲۰۱۶). بیان لیپوکالین ۲ از جمله در بافت چربی احشایی توسط محرک‌های التهابی مختلفی و عمدتاً از طریق فعال‌سازی مسیرهای وابسته به NF-κB تحریک می‌شود و بر اساس شواهد موجود عنوان شده است که لیپوکالین ۲ می‌تواند در بیماری‌های التهابی مختلفی نقش داشته باشد (المسالامی^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۳).

یافته دیگر پژوهش حاضر این بود که ۱۲ هفته تمرین ورزشی به صورت تداومی با شدت متوسط و تناوبی شدید منجر به بهبود معنادار نیمرخ لیپیدی (کاهش سطوح کلسترول، تری‌گلیسیرید و LDL-C و افزایش معنادار سطوح HDL-C) می‌شود. وانگ^{۲۱} و همکاران (۲۰۰۷) در تایید یافته‌های حاضر مبنی بر ارتباط بین سطوح لیپوکالین ۲ با نیمرخ لیپیدی نشان دادند که همبستگی

17. Venkatasamy

18. Choi

19. Lee

20. El-Mesallamy

21. Wang

منفی معناداری بین لیپوکالین ۲ و HDL-C وجود دارد که در مطالعه حاضر نیز مورد تایید قرار گرفت (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهشی دیگر نیز محققان تایید کردند که کاهش سطوح لیپوکالین ۲ به دنبال تمرینات ورزشی با بهبود نیمرخ لیپیدی همراه است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۵).

در همین راستا، طلوعی آذر و همکاران (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی گزارش کردند که هشت هفته تمرین هوازی منتخب در آب در مردان میانسال دارای اضافه وزن منجر به کاهش معنادار سطوح لیپوکالین ۲ و به صورت همزمان کاهش درصد چربی بدن می‌شود. علاوه بر این، کاهش معنادار سطوح کلسترول، تری‌گلیسیرید و LDL-C در گروه تمرین کرده مشاهده شد. باوجود افزایش سطوح HDL-C در گروه تمرین کرده، میزان افزایش آن از نظر آماری معنادار نبود (طلوعی آذر و همکاران، ۲۰۱۸) که ناهم‌سویی با یافته‌های حاضر در مورد HDL-C را می‌توان با طول کوتاه‌تر دوره ورزشی در پژوهش طلوعی آذر و همکاران (۲۰۱۸) در مقایسه با پژوهش حاضر نسبت داد. باوجود این، تعیین سازوکار ارتباط بین سطوح لیپوکالین ۲ با نیمرخ لیپیدی نیازمند بررسی بیشتری است.

نتایج حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرین ورزشی به صورت تداومی با شدت متوسط و تناوبی شدید منجر به کاهش معنادار لیپوکالین ۲ و مقاومت به انسولین می‌شود و تفاوت معناداری بین دو نوع تمرین ورزشی در تاثیر بر لیپوکالین ۲ و مقاومت به انسولین وجود نداشته است. بر اساس یافته‌های حاضر، کاهش سطوح لیپوکالین ۲ با تمرین ورزشی تداومی و تناوبی شدید یکی از سازوکارهای تاثیرگذاری مثبت تمرین ورزشی در افراد چاق است. بر اساس یافته‌های حاضر، انواع مختلف تمرین ورزشی هوازی (تداومی با شدت متوسط و تناوبی شدید) می‌تواند نقش موثری در بهبود حساسیت به انسولین و کاهش عوامل خطرزا از جمله لیپوکالین ۲ داشته باشد و تفاوتی بین دو نوع تمرین تداومی و تناوبی شدید وجود نداشته است.

منابع

1. Auguet T, Quintero Y, Terra X, Martínez S, Lucas A, Pellitero S, et al. Upregulation of lipocalin 2 in adipose tissues of severely obese women: positive relationship with proinflammatory cytokines. *Obesity*. 2011; 19(12):2295-300.
2. Choi KM, Lee JS, Kim EJ, Baik SH, Seo HS, Choi DS, Oh DJ, Park CG. Implication of lipocalin-2 and visfatin levels in patients with coronary heart disease. *European journal of endocrinology*. 2008; 158(2):203-7.
3. Damirchi A, Rahmani-Nia F, Mehrabani J. Lipocalin-2: response to a progressive treadmill protocol in obese and normal-weight men. *Asian journal of sports medicine*. 2011; 2(1):44-50.
4. El-Mesallamy HO, Hamdy NM, Al-aliaa MS. Effect of obesity and glycemic control on serum lipocalins and insulin-like growth factor axis in type 2 diabetic patients. *Acta diabetologica*. 2013; 50(5):679-85.
5. Flo TH, Smith KD, Sato S, Rodriguez DJ, Holmes MA, Strong RK, et al. Lipocalin 2 mediates an innate immune response to bacterial infection by sequestering iron. *Nature*. 2004; 432(7019):917-21.
6. Gadde KM, Martin CK, Berthoud HR, Heymsfield SB. Obesity: pathophysiology and management. *Journal of the American College of cardiology*. 2018; 71(1):69-84.

7. ghorbanian B, esmaeilzadeh D. Effect of Progressive Resistance Training on Serum Lipocalin-2 and Lipid Profiles in In-active Men. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2017; 18 (5) :378-385
8. Mohammadi A, Reddy PV. Impact of aerobic exercise training on insulin resistance and plasma lipocalin 2 levels in obese young men. *Biomedical and Pharmacology Journal*. 2015; 7(1):45-52.
9. Panidis D, Tziomalos K, Koiou E, Kandaraki EA, Tsourdi E, Delkos D, et al. The effects of obesity and polycystic ovary syndrome on serum lipocalin-2 levels: a cross-sectional study. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2010; 8(1):151.
10. Rashad NM, El-Shal AS, Etewa RL, Wadea FM. Lipocalin-2 expression and serum levels as early predictors of type 2 diabetes mellitus in obese women. *IUBMB life*. 2017; 69(2):88-97.
11. Rutter GA, da Silva Xavier G, Leclerc I. Roles of 5'-AMP-activated protein kinase (AMPK) in mammalian glucose homeostasis. *Biochemical Journal*. 2003; 375(1):1-6.
12. Santos JM, Ribeiro SB, Gaya AR, Appell HJ, Duarte JA. Skeletal muscle pathways of contraction-enhanced glucose uptake. *International journal of sports medicine*. 2008; 29(10):785-94.
13. Schjerve IE, Tyldum GA, Tjønnå AE, Stølen T, Loennechen JP, Hansen HE, et al. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clinical science*. 2008 1 15(9):283-93.
14. Venkatasamy VV, Pericherla S, Manthuruthil S, Mishra S, Hanno R. Effect of physical activity on insulin resistance, inflammation and oxidative stress in diabetes mellitus. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2013; 7(8):1764.
15. Yan QW, Yang Q, Mody N, Graham TE, Hsu CH, Xu Z, et al. The adipokine lipocalin 2 is regulated by obesity and promotes insulin resistance. *Diabetes*. 2007; 56(10):2533-40.
16. Zafra MM, García-Cantó E, García PL, Pérez-Soto JJ, López PJ, Guillamón AR, López ML. Influence of a physical exercise programme on VO2max in adults with cardiovascular risk factors. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis (English Edition)*. 2018; 30(3):95-101.
17. Zaki ME, El-Bassyouni H, Youness E, Mohamed N. Lipocalin-2 is an inflammatory biomarker associated with metabolic abnormalities in Egyptian obese children. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2015; 5(05):007-12.