تأثیر دو هفته تمرین تناوبی سرعتی همراه با مصرف مکمل امگا-۳ بر سطوح سرمی آیریزین، BDNF و نیمرخ لیپیدی دختران دارای اضافه وزن

فاطمه دیناروندی[۱]، حدیث شریفی[۱]، دکتر وحید ولی‌پور ده‌نو[۲*]، دکتر امیر خسروی[۳]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۳. استادیار گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آیت‌الله العظمی بروجردی (ره)، بروجرد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۹/۱۰/۱۰

خلاصه

مقدمه: تمرین تناوبی شدید، روشی مؤثر برای بهبود عملکرد شناختی، سلامت قلبی- عروقی و کاهش وزن بدن می‌باشد و تاکنون اثر ترکیبی این نوع روش تمرینی به‌همراه مکمل امگا-۳ در دختران دارای اضافه‌وزن بررسی نشده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ۲ هفته تمرین تناوبی سرعتی همراه با مصرف مکمل امگا-۳ بر سطوح سرمی آیریزین، BDNF و نیمرخ لیپیدی دختران دارای اضافه‌وزن انجام شد.

روش‌کار: این مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی شده در سال ۱۳۹۸ بر روی ۱۵ نفر از دانشجویان دانشگاه لرستان با شاخص توده بدنی بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع انجام شد. افراد در دو گروه تمرین-دارونما و تمرین- مکمل قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان در یک پروتکل ۲ هفته‌ای تمرین SIT به‌صورت ۳ جلسه در هفته شرکت کردند. افراد گروه تمرین- مکمل به‌مدت ۲ هفته روزانه یک قرص امگا-۳ هزار میلی‌گرمی و گروه تمرین- دارونما قرص‌های یک گرمی گلوکز مصرف کردند. ۲۴ ساعت پیش و پس از اجرای پروتکل، سطوح سرمی آیریزین، BDNF و نیمرخ لیپیدی افراد در حالت ناشتا اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۵) و آزمون‌های تی زوجی و کوواریانس انجام شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج مطالعه، افزایش معناداری در سطوح سرمی آیریزین و BDNF در هر دو گروه مشاهده شد ($p<۰/۰۵$)، اما در گروه تمرین- مکمل، سطوح سرمی LDL و کلسترول نیز کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج آزمون کوواریانس، اختلاف معناداری بین دو گروه در همه متغیرها وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: تمرین تناوبی سرعتی به‌مدت ۲ هفته با و بدون مصرف امگا-۳، سطوح سرمی آیریزین و BDNF در دختران دارای اضافه وزن را افزایش می‌دهد و مصرف مکمل امگا-۳ به‌همراه این نوع تمرین سطوح سرمی LDL و کلسترول را نیز کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: آیریزین، تمرین سرعتی اینتروال، چربی‌های خون، دختران دارای اضافه وزن، BDNF

* **نویسنده مسئول مکاتبات:** دکتر وحید ولی‌پور ده‌نو؛ دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. **تلفن:** ۰۶۶-۳۲۱۲۰۰۸۶؛ **پست الکترونیک:** valipour.v@lu.ac.ir

مقدمه

شیوع اضافه وزن و چاقی در سراسر جهان طی سه دهه گذشته به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است و چاقی و اضافه وزن به‌عنوان یک مشکل مهم بهداشتی در سراسر جهان شناخته شده است که بخش سلامت بیشتر کشورها درگیر کنترل، پیشگیری و کاستن از عوارض فزاینده آن است (۱، ۲). چاقی یک بیماری چندجانبه است که بافت‌های متعددی را در برمی‌گیرد و در اصل ناشی از عدم تعادل بین انرژی دریافتی و مصرفی است (۳، ۴). چاقی عوارض زیادی از جمله مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو، افزایش فشارخون، بیماری‌های قلبی- عروقی، سکته، برخی سرطان‌ها، سنگ کیسه صفرا، التهاب مفاصل، مشکلات تنفسی همچنین اختلالات متابولیکی مانند افزایش غلظت‌های سرمی کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL[1])، لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین (VLDL[2]) و تری‌گلیسرید و کاهش غلظت سرمی لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL[3]) را در پی دارد (۸-۵).

بافت چربی در بدن انسان به دو شکل چربی سفید و چربی قهوه‌ای یافت می‌شود. بافت چربی سفید نمایان‌گر بخش عمده بافت چربی در انسان‌ها و ناحیه فیزیولوژیک ذخیره تری‌گلیسرید است (۹). اما بافت چربی قهوه‌ای با بیان بالای پروتئین جداساز نوع ۱ (UCP-1[4]) میتوکندریایی مشخص می‌شود و عملکرد گرمازایی دارد؛ لذا به‌عنوان هزینه کننده انرژی شناخته می‌شود و در نتیجه نقش مهمی در تنظیم وزن بدن ایفا می‌کند (۳). گزارش شده که میزان بافت چربی قهوه‌ای در افراد چاق پایین‌تر است که بیانگر ارتباط معکوس بین بافت چربی قهوه‌ای با درصد چربی و شاخص توده بدنی است (۲).

در یک دهه گذشته عضلات اسکلتی به‌عنوان یکی از ارگان‌های درون‌ریز شناخته شده است و هورمون‌های ترشح شده از عضله اسکلتی که مایوکاین نامیده می‌شود، تأثیرات متفاوتی بر سیستم‌های مختلف بدن بر جای می‌گذارد (۱۰). آیریزین یکی از این مایوکاین‌هایی می‌باشد که در اثر انقباض عضله ناشی از ورزش یا فعالیت جسمانی از عضله اسکلتی ترشح می‌شود و باعث افزایش بیان UCP-1 و به‌همین ترتیب، تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای می‌شود (۱۱، ۱۲). تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای به‌وسیله آیریزین سبب افزایش کالری مصرفی و گرمازایی شده و در نهایت منجر به کاهش وزن می‌شود (۵). نشان داده شده که مقادیر آیریزین ارتباط معکوسی با چاقی دارد (۲). به‌هر حال، مطالعات نشان داده‌اند که ورزش به‌صورت حاد و طولانی‌مدت بیان آیریزین را افزایش می‌دهد که به‌وسیله افزایش انرژی مصرفی کل بدن سبب کاهش وزن یا چربی بدن می‌شود (۱۳).

عامل مغذی عصبی مشتق از مغز (BDNF[5]) یک عامل رشد عصبی است که نقشی تنظیمی در تمایز نورونی، شکل‌پذیری سیناپسی و روندهای مرگ سلولی ایفا می کند و اثر خود را از طریق گیرنده پروتئینی تیروزین کیناز B اعمال می‌کند (۱۶-۱۴). توزیع BDNF در مناطق مختلف مغزی و در سطح بالایی در هایپوکمپ که قطب اصلی تشکیلات حافظه و یادگیری است، گزارش شده است (۱۷). شیوه زندگی بر میزان بیان BDNF تأثیر می‌گذارد. از جمله عوامل تغذیه‌ای مؤثر بر سطوح BDNF چربی‌ها و امگا-۳ می‌باشد. همچنین، سطوح BDNF می‌تواند به‌وسیله رژیم غذایی و فعالیت بدنی تعدیل شود (۱۷). رژیم غذایی با چربی اشباع می‌تواند غلظت BDNF را کاهش دهد، درحالی‌که مکمل‌های غذایی با اسید چرب امگا-۳ سطوح آن را افزایش می‌دهد (۱۸). شواهد زیادی نشان می‌دهد که شیوه زندگی سالم که به‌معنی تمرین و رژیم غذایی و از بین بردن خطرات زیست‌محیطی می‌باشد، به‌طور قابل توجهی بر سطوح BDNF تأثیر می‌گذارد و اینکه سطوح سرمی BDNF در افراد چاق و دارای اضافه وزن کاهش می‌یابد (۱۹). مطالعات نشان داده‌اند که هر دوی تمرین مقاومتی و هوازی سطوح سرمی BDNF را در انسان افزایش می‌دهد که می‌تواند علاوه بر سوخت‌وساز چربی، برخی عملکردهای دیگر از جمله نروژنز را افزایش دهد (۱۳).

[1] Low-density lipoprotein
[2] Very low-density lipoprotein
[3] High-density lipoprotein
[4] Uncoupling protein-1
[5] Brain-derived neurotrophic factor

فعالیت ورزشی یکی از روش‌های غیرتهاجمی، کم‌هزینه و بدون عوارض جانبی در درمان چاقی و اضافه وزن می‌باشد (۵). در بین انواع فعالیت ورزشی، تمرین تناوبی سرعتی (SIT[1]) تمرینی کم‌حجم و کوتاه‌مدت شامل وهله‌های کوتاه (کمتر از ۳۰ ثانیه) ورزش با شدت بالا می‌باشد که دارای دوره‌های برگشت به‌حال اولیه فعال یا غیرفعال بین تکرارهای آن می‌باشد (۲۰). از لحاظ نظری، SIT به‌طور نسبی در دوره‌های کوتاه و برای چندین هفته تا چندین ماه انجام می‌شود و نشان داده شده که سازگاری‌های آنزیمی در هر سه سیستم انرژی را موجب می‌شود (۲۱). شواهد نشان می‌دهد تمرینات SIT به‌صورت بالقوه برای کاهش توده چربی با صرفه‌تر و سودمندتر از تمرینات یکنواخت با شدت ثابت مانند راه رفتن و دوی نرم است (۲۱). تمرینات تناوبی به‌دلیل حجم تمرینی کم می‌تواند روش تمرینی مناسبی برای افراد مختلف باشد. همچنین، می‌توان این روش تمرینی را به‌طور ایمن در برنامهٔ افراد دیابتی، چاق و دارای اضافه وزن و بیماران قلبی- عروقی قرار داد (۲۲).

امروزه گرایش به مکمل‌های غذایی و کمک‌های نیروزا مورد توجه پزشکان، ورزشکاران و فیزیولوژیست‌های ورزشی قرار گرفته است. مکمل‌های غذایی از طریق ارتقای عملکرد و یا پیشگیری از اختلالات دستگاه‌های مختلف بدن، افزایش سلامت را فراهم می‌کند (۲۳، ۲۴). یکی از این مکمل‌ها، امگا-۳ می‌باشد که نوعی چربی غیراشباع چندگانه است و برای بدن ضروری است و چون به‌وسیله خود بدن تولید نمی‌شود، باید به‌وسیله رژیم غذایی و مکمل‌ها تأمین شود (۲۵-۲۳). امگا-۳ دارای خواص ضد التهابی، محافظت‌کننده قلب و ضد تری‌گلیسرید است؛ از این رو، این اسیدهای چرب ممکن است در درمان و پیشگیری از بیماری‌های مزمن ناشی از چاقی به‌ویژه با بهبود اجزای مختلف سندرم متابولیک کمک نماید (۲۶). به‌هرحال، تحقیقات منتشر شده در مورد انسان نشان می‌دهد که هرچند امگا-۳ ممکن است به کاهش وزن کمکی نکند، اما ممکن است افزایش وزن را کاهش دهد و می‌تواند در رژیم غذایی و یا به‌عنوان یک مکمل برای کمک به حفظ کاهش وزن مفید باشد (۲۶).

سطوح سرمی BDNF در افراد چاق کاهش می‌یابد و نقش این عامل در سوخت‌وساز چربی مشخص شده است. همچنین نشان داده شده که ورزش و مصرف مکمل امگا-۳ و غذاهای حاوی امگا-۳ باعث افزایش سطوح سرمی BDNF می‌شوند (۲۷، ۲۸).

به‌تازگی ارتباط بین دو مایوکاین آیریزین و BDNF در افزایش سوخت‌وساز چربی نشان داده شده است. به‌ویژه BDNF می‌تواند از طریق فسفوریلاسیون AMPK در سوخت‌وساز چربی مشارکت کند (۱۳، ۲۹). همچنین، آیریزین می‌تواند در افزایش مصرف انرژی از طریق افزایش گرمازایی به کاهش وزن کمک کند (۱۳). بنابراین، با توجه به ارتباط بین این دو مایوکاین در سوخت‌وساز چربی و اینکه شدت، عامل اصلی برای ایجاد سازگاری‌های ناشی از ورزش است و اخیراً در برنامه‌های کاهش وزن و تندرستی از تمرینات با شدت بالا و اینتروال استفاده می‌شود، همچنین با توجه به نقش اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه در ارتقاء سلامتی جسمانی افراد به‌ویژه افراد دارای اضافه وزن، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات کوتاه‌مدت (۲ هفته) مصرف اسید چرب غیراشباع امگا-۳ و تمرین سرعتی اینتروال بر سطوح سرمی آیریزین، BDNF و چربی‌های خون در دختران دارای اضافه وزن انجام شد. علاوه بر این، بررسی پاسخ مایوکاین‌هایی مانند BDNF و آیریزین که دارای ارتباط تنگاتنگ و عملکردهای چندگانه (بهبود عملکرد شناختی و متابولیسم محیطی) هستند، بسیار ضروری می‌باشد.

روش‌کار

این مطالعه کارآزمایی بالینی با کد IRCT20161129031165N4 و کد اخلاق دانشگاه علوم پزشکی لرستان IR.LUMS.REC.1398.088 در سال ۱۳۹۸ بر روی دانشجویان دارای اضافه‌وزن دانشگاه لرستان انجام شد. این پژوهش یک سوکور دارای طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود که در آن شرکت‌کنندگان دو گروه از روش تمرینی و نوع مکمل-سازی یکدیگر آگاه نبودند. جامعه آماری تمام دانشجویان

[1] Sprint interval training

دختر چاق یا دارای اضافه وزن دانشگاه لرستان بودند که تعداد ۱۵ دختر از آنها به‌طور داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند و به‌روش تصادفی ساده و بر اساس شاخص توده بدنی به دو گروه تمرین-دارونما (۷ نفر، سن: ۳/۰۹±۲۳/۱۳ سال، وزن: ۱۵/۹۲±۷۹/۰۰ کیلوگرم، قد: ۰/۰۷±۱/۶۳ متر و BMI: ۴/۲۲±۲۹/۷۲) و تمرین- مکمل (۸ نفر، سن: ۲/۲۳±۲۱/۸۸ سال، وزن: ۹/۴۶±۷۴/۰۲ کیلوگرم، قد: ۰/۰۴±۱/۵۸ متر و BMI: ۲/۹۸±۲۹/۶۳) تقسیم شدند. شرکت‌کنندگان پس از آگاهی از شرایط پژوهش در مطالعه شرکت کردند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: داشتن شاخص توده بدنی بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع، نداشتن مشکل ارتوپدی، پذیرش شرایط مطالعه و نداشتن مشکل روان‌شناختی و معیارهای خروج از مطالعه شامل: عدم هماهنگی کامل با پژوهشگر در خلال پژوهش، دچار آسیب شدن و ناتوانی برای ادامه شرکت در پژوهش و ناتوانی در اجرای برنامه ورزشی به‌طور مناسب بود. شرکت‌کنندگان پیش از شرکت در مطالعه رضایت‌نامه کتبی را امضاء کردند.

شرکت‌کنندگان ضمن انجام امور روزمره خود در یک پروتکل ۲ هفته‌ای تمرین SIT که ۳ جلسه در هفته اجرا می‌شد، شرکت کردند. در تمرین SIT از پروتکل RAST[3] استفاده شد. در این پروتکل شرکت‌کنندگان ۶ بار مسافت ۳۵ متر را در مسیر مستقیم با سرعت بیشینه طی می‌کردند و بین هر تکرار ۱۰ ثانیه استراحت می‌کردند (۳۰). پروتکل تمرینی شامل گرم کردن به‌مدت ۱۰ دقیقه با دوی آرام و حرکات کششی فعال سپس اجرای تمرین SIT و سرد کردن به‌مدت ۱۰ دقیقه با دوی آرام و حرکات کششی غیرفعال انجام شد. پروتکل تمرینی SIT در جدول ۱ آورده شده است. بین هر نوبت ۴-۳ دقیقه استراحت وجود داشت.

جدول ۱- پروتکل تمرینی SIT

جلسات تمرینی	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
تعداد نوبت‌ها	۱	۲	۲	۲	۲	۲

مکمل‌دهی:

شرکت‌کنندگان گروه تمرین- مکمل به‌مدت ۲ هفته یعنی در خلال دوره تمرینی، هر روز یک قرص امگا-۳ (شرکت ویوا، کانادا) ۱۰۰۰ میلی‌گرمی حاوی ۱۸۰ میلی‌گرم EPA[1] و ۱۲۰ میلی‌گرم DHA[2] را مصرف کردند. همچنین شرکت‌کنندگان گروه تمرین- دارونما در همین مدت قرص‌های یک گرمی گلوکز مصرف کردند. ۲۴ ساعت پیش و پس از اجرای پروتکل تمرینی نمونه خونی توسط کارشناس آزمایشگاه از شرکت‌کنندگان در حالت ناشتا بین ساعت ۸-۷:۳۰ دقیقه صبح گرفته شد. نمونه خونی با ۳۵۰۰ دور در دقیقه برای ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و سرم به‌دست آمده در داخل تیوپ‌های ویژه ریخته شد و برای آزمایش‌های بعدی در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای اندازه‌گیری سطوح سرمی آیریزین و BDNF از کیت‌های الایزا (به‌ترتیب: حساسیت: ۰/۷۸ نانوگرم/میلی‌لیتر، دامنه تشخیص: ۲۰۰-۳/۱۲ نانوگرم/میلی‌لیتر؛ حساسیت: ۰/۰۶۳ نانوگرم/میلی‌لیتر، دامنه تشخیص: ۲۰-۰/۳۱۲ نانوگرم/میلی‌لیتر Cusabio ژاپن) استفاده شد. سطوح سرمی کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL و HDL نیز اندازه‌گیری شد. همچنین، برای ارزیابی توان هوازی از آزمون بروس (Bruce) استفاده شد. به‌طور خلاصه، شرکت‌کنندگان بر روی نوارگردان تا واماندگی می‌دویدند؛ به این‌صورت که هر ۳ دقیقه یک‌بار در خلال آزمون سرعت و میزان شیب نوارگردان بر اساس پروتکل افزایش می‌یافت. زمانی که شرکت‌کنندگان قادر به ادامه آزمون نبودند، آزمون خاتمه می‌یافت و زمان مورد نظر به‌عنوان رکورد مشخص می‌شد. در نهایت، برای مشخص کردن بیشینه اکسیژن مصرفی شرکت‌کنندگان از فرمول $VO_2max=۴/۳۸$ x T-۳/۹ استفاده می‌شد که در آن T کل زمان آزمون بر حسب دقیقه و کسری از یک دقیقه می‌باشد (۳۰). ۴۸ ساعت پیش و پس از دوره تمرینی،

[1] Eicosapentaenoic acid
[2] Docosahexaenoic acid
[3] Running-based Anaerobic Sprint Test

توان هوازی برای ارزیابی اثرگذاری پروتکل تمرینی انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۵) و آزمون‌های تی زوجی و کوواریانس انجام شد. جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج آمار توصیفی و استنباطی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمون تی زوجی، سطوح سرمی آیریزین و BDNF و توان هوازی در هر دو گروه تمرین- دارونما و تمرین- مکمل افزایش معناداری را نشان داد ($p<۰/۰۵$)، اما در گروه تمرین- مکمل سطوح سرمی LDL و کلسترول کاهش معناداری یافت ($p<۰/۰۵$). به‌هرحال، سطوح سرمی تری‌گلیسرید و HDL به‌طور معناداری تحت تأثیر تمرین و مکمل امگا-۳ قرار نگرفت ($p>۰/۰۵$). همچنین، نتایج آزمون کوواریانس اختلاف معناداری را بین دو گروه در همه متغیرها نشان نداد ($p>۰/۰۵$)؛ یعنی تمرین به‌همراه دارونما همان تأثیر تمرین-مکمل را بر روی سطوح سرمی آیریزین و BDNF و متغیرهای سرمی داشته است.

جدول ۲- نتایج آزمون تی زوجی

گروه‌ها / متغیرها	گروه تمرین-دارونما		گروه تمرین-مکمل	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
آیریزین (نانوگرم/ میلی‌لیتر)	۵۷/۷۷±۴/۴۴	*۷۳/۷۷±۱۱/۱۳	۵۳/۰۴±۳/۱۶	*۶۳/۹۰±۸/۲۴
LDL (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۹۰/۳۵±۸۶/۴۳	۹۲/۳۳±۱۴/۶۳	۱۰۱/۳۲±۸۸/۶۵	*۹۲/۲۸±۶۳/۶۷
HDL (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۳۴/۵±۰۰/۰۷	۳۵/۷±۷۱/۰۹	۳۶/۴±۵۰/۱۷	۳۵/۱۰±۱۳/۷۰
TG (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۱۰۷/۶۷±۲۹/۳۱	۹۶/۲۷±۲۹/۹۴	۲۰۲/۱۰۶±۵۰/۰۱	۱۳۶/۴۱±۲۵/۴۹
Cho (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	۱۵۰/۱۴±۳۳/۶۵	۱۵۲/۲۹±۳۱/۷۸	۱۷۰/۸۶±۳۴/۶۶	*۱۵۶/۸۸±۲۲/۶۹
BDNF (نانوگرم/ میلی‌لیتر)	۷/۱۲±۰/۹۶	*۹/۳۴±۱/۷۹	۶/۹۳±۰/۷۸	*۸/۴۸±۱/۰۵
توان هوازی (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)	۳۱/۹۰±۵/۲۸	*۳۳/۴۲±۵/۹۷	۳۵/۵۷±۴/۸۵	*۳۷/۷۲±۵/۵۱

* اختلاف معنادار با پیش‌آزمون در سطح $p<۰/۰۵$، آزمون تی زوجی، اعداد بر اساس میانگین±انحراف معیار بیان شده‌اند.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرین سرعتی اینتروال برای ۲ هفته با و بدون مصرف مکمل امگا-۳، سطوح سرمی آیریزین و BDNF و توان هوازی در دختران چاق و دارای اضافه وزن را افزایش می‌دهد و مصرف مکمل امگا-۳ به‌همراه این نوع تمرین سطوح سرمی LDL و کلسترول را نیز کاهش می‌دهد. اما در ارزیابی تفاوت‌های بین‌گروهی، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تفاوت معناداری را نشان نداد که یکی از دلایل احتمالی برای این عدم اختلاف معنادار به‌نظر می‌رسد تعداد کم نمونه‌ها باشد. برخی از این نتایج با یافته‌های مطالعه حسنی و همکار (۲۰۱۸) و خدادادی و همکاران (۲۰۱۴) که نشان دادند ورزش موجب افزایش آیریزین و بهبود پروفایل لیپیدی می‌شود، همسو می‌باشد (۹، ۲۴). خدادادی و همکاران با ارزیابی تفاوت غلظت سرمی آیریزین در ۴۰ زن دارای اضافه وزن شهر مشهد نشان دادند غلظت سرمی آیریزین پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید افزایش معنی‌داری می‌یابد. همچنین، آنها دلیل افزایش آیریزین را در اثر تمرین تناوبی شدید در سیگنال‌های فعال‌کننده PGC-1α عنوان کردند که می‌تواند سبب آبشار پیام‌رسانی تغییر فنوتیپ بافت چربی شود.

در خصوص دلیل افزایش آیریزین در نتیجه فعالیت‌های ورزشی باید عنوان کرد که فعالیت ورزشی موجب تحریک PGC-1α می‌شود و این عامل موجب تحریک فعال‌کننده شاخص رونویسی یعنی PPAR-γ[1] می‌شود که بسیاری از اثرات بیولوژیکی خود را بر متابولیسم انرژی اعمال می‌کند. همچنین، افزایش PGC-1α با افزایش بیان ژن FNDC5[2] همراه است که این

[1] Peroxisome proliferator-activated receptor -γ
[2] Fibronectin type III domain-containing protein 5

پروتئین غشایی پس از شکستن و جدا شدن از غشای سلولی و تجزیه، به‌صورت آیریزین در خون آزاد می‌شود و پس از رسیدن به سلول هدف سبب القای خاصیت بافت چربی قهوه‌ای در بافت چربی سفید می‌شود (۳۱). این فرآیند به تولید حرارت به‌جای تولید ATP منجر می‌شود. از آنجایی که آیریزین یک عامل مولد حرارت است، اعتقاد بر این است که نقش مهمی در کاهش توده چربی دارد و مصرف انرژی کل بدن را افزایش می‌دهد (۱۳، ۳۲، ۳۳). از سویی، برخی تحقیقات عدم افزایش غلظت سرمی آیریزین را در نتیجه یک دوره تمرین گزارش کرده‌اند. در همین راستا، هکستن و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر ۲۶ هفته تمرین استقامتی و قدرتی بر آیریزین در ۱۰۲ مرد و زن نشان دادند با وجود افزایش عملکرد در گروه‌های تمرینی، تفاوتی در سطوح آیریزین در سه گروه استقامتی، قدرتی و کنترل وجود ندارد (۳۴). همچنین در مطالعه وحدت و همکاران (۲۰۱۸) در نتیجه ۶ هفته تمرینات هوازی شدید، با وجود افزایش اندک در سطح آیریزین خون در پس‌آزمون گروه تمرینی، تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (۳۵). تفاوت یافته‌های حاصل از این پژوهش و تحقیقات پیشین، احتمالاً مربوط به تفاوت در ویژگی‌های فیزیولوژیکی شرکت‌کنندگان، طول دوره تحقیق، پروتکل تمرینی و یا روش آزمایشگاهی سنجش آیریزین باشد.

همچنین در مطالعه حاضر ۲ هفته تمرین سرعتی اینتروال به‌همراه مکمل امگا-۳ موجب کاهش سطوح سرمی کلسترول و LDL شد. نتایج این بخش از پژوهش در خصوص اثرات توأم ورزش و مصرف امگا-۳ بر متابولیسم چربی‌ها با نتایج تحقیقات توفیقی و همکار (۲۰۱۳) و تالون و همکاران (۲۰۱۵) همسو بود (۳۶، ۳۷). اگرچه کلسترول عملکردهای بیولوژیکی سودمند زیادی دارد، اما سطوح بالای کلسترول خون موجب توسعه بیماری شریان کرونری می‌شود. به‌هرحال، ورزش می‌تواند موجب توزیع کلسترول در بدن شود که از این طریق نیز می‌تواند خطر بیماری شریان کرونری را کاهش دهد (۳۸). بنابراین، کاهش بیشتر اگر چه غیرمعنادار در سطوح کلسترول و LDL در نتیجه مصرف مکمل امگا-۳ در خلال تمرین تناوبی سرعتی از اهمیت برخوردار است و این احتمال وجود دارد که اگر مکمل‌سازی پیش از شروع پروتکل شروع شود یا دوره تمرینی طولانی‌تر شود، اثرات مصرف مکمل امگا-۳ بیشتر و معنادار شود. به‌هرحال، مصرف مکمل امگا-۳ در خلال ورزش به‌نظر می‌رسد برای کنترل سطح کلسترول ضروری باشد، زیرا نشان داده شده که بهبود نیمرخ چربی (کاهش کلسترول تام و افزایش HDL کلسترول) تنها با ورزش به‌سختی انجام می‌شود، زیرا کاهش وزن و محتوای چربی اشباع رژیم غذایی نیز تأثیرگذار هستند (۳۸). مصرف امگا-۳ به‌همراه فعالیت ورزشی موجب کاهش توده چربی بدن می‌شود و از آنجایی که آیریزین هم یک عامل مولد حرارت است و اعتقاد بر این است که نقش مهمی در کاهش توده چربی دارد، در نتیجه تمرینات ورزشی با و بدون مصرف مکمل امگا-۳ محرک مناسبی برای ترشح آیریزین هستند؛ همچنین، یکی دیگر از دلایل افزایش احتمالی آیریزین می‌تواند مربوط به کاهش توده چربی بدن شرکت‌کنندگان باشد که در مطالعات مختلفی ارتباط منفی و معنادار آیریزین با این عامل بیان شده است (۳۲، ۴۲-۳۹).

تمرین ورزشی و مصرف امگا-۳ موجب افزایش اکسیداسیون چربی‌ها، کاهش توده چربی بدن و کاهش شاخص توده بدنی می‌شود. آیریزین سرم از طریق اتصال با گیرنده‌های ناشناخته سلول‌های چربی سفید و سایر بافت‌ها، با افزایش بیان PPAR-γ موجب افزایش بیان ژن UCP1 و سایر ژن‌های وابسته به چربی قهوه‌ای می‌گردد. با افزایش بیان UCP1 انرژی به‌صورت گرما هدر می‌رود و منجر به افزایش انرژی مصرفی بدن می‌شود. علاوه بر این، آیریزین می‌تواند با افزایش سطوح سرمی BDNF اثر خود را بر متابولیسم چربی و در نتیجه کاهش وزن یا چربی اعمال کند (۱۳). بنابراین آیریزین به‌عنوان پیام القاءکننده مصرف انرژی عمل کرده و به‌طور مستقیم با بافت چربی سفید در ارتباط است. این اثر، نیم‌رخ متابولیکی را بهبود داده و با افزایش هزینه انرژی کل بدن می‌تواند سبب کاهش وزن گردد. از سویی این عوامل (تمرین و مصرف

همزمان مکمل امگا-۳) موجب فعال‌سازی PGC-1α شده و به‌احتمال زیاد می‌تواند سبب آبشار پیامدهی تغییر فنوتیپ بافت چربی شود. اسیدهای چرب امگا-۳ به‌همراه عامل رونویسی PPAR-α تنظیم‌کننده کلیدی رونویسی ژن‌های کبدی است. این تنظیم‌کننده‌ها می‌تواند اثرات گوناگونی بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها داشته باشد (۴۳). با اثر تحریکی PPAR-α اکسیداسیون اسیدهای چرب افزایش می‌یابد و این امر سبب کاهش چربی‌های پلاسما و افزایش بتا اکسیداسیون در میتوکندری و در نتیجه کاهش کلسترول خون می‌شود.

در پژوهش‌های پترسون و همکاران (۲۰۰۲) و موری و همکاران (۲۰۰۰) ناهمسو با یافته‌های پژوهش حاضر، مکمل‌یاری با ۴ گرم روغن ماهی یا تجویز ۴ گرم DHA و EPA اثر معنی‌داری بر LDL-C و کلسترول تام نداشت (۴۴، ۴۵). البته در پژوهش‌های آنها تنها از مکمل‌سازی استفاده شده بود. هنوز به‌طور کامل، مکانیسم دقیق اثر مکمل‌یاری با اسیدهای چرب امگا-۳ به‌عنوان یکی از اجزای متشکله تری‌گلیسرید روشن نیست.

همچنین، در مطالعه حاضر سطح سرمی BDNF در هر دو گروه به‌طور معناداری افزایش یافت، اگرچه تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد. در ابتدا نقش BDNF در سازوکارهای مرتبط با عملکرد شناختی، حافظه و یادگیری بررسی شده بود، اما اکنون مشاهده شده که BDNF می‌تواند در متابولیسم انرژی به‌ویژه افزایش مصرف چربی نقش داشته باشد (۱۳). این عملکرد هم به‌طور مستقیم و هم از طریق تحریک به‌وسیله ترشح آیریزین در نتیجه ورزش نشان داده شده است (۱۳، ۲۹). همان‌طور که از پژوهش‌ها برمی‌آید، تمرین در شدت‌های مختلف تأثیرات متفاوتی بر مقادیر BDNF دارد (۴۷، ۴۸). درباره شدت و فشار تمرینی در ترشح BDNF، در پژوهشی که فرریس و همکاران (۲۰۰۷) انجام دادند، مشخص شد که فعالیت با شدت بالاتر موجب افزایش بیشتری در مقادیر سرمی BDNF می‌شود که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا بود (۴۷). بنابراین، شاید فشار فیزیولوژیکی حاصل از فعالیت ورزشی با میزان ترشح BDNF و به‌ویژه مقادیر BDNF سرمی در هنگام فعالیت ارتباط داشته باشد و بتواند در طولانی‌مدت سازگاری‌های گسترده‌تری را ایجاد کند. بنابراین، شاید تمرینات تناوبی به‌دلیل شدت بالاتر بتواند اثر بیشتری بر مقادیر BDNF سرمی داشته باشد. در مجموع با نگاهی به بررسی‌های انجام شده، به‌خوبی نشان داده شده که متعاقب تمرینات ورزشی به‌ویژه تمرینات شدید، تولید BDNF افزایش می‌یابد. بنابراین نتایج این تحقیق با توجه به شدت بالای تمرین راجع به افزایش مقادیر سرمی BDNF قابل توجیه است.

وو و همکاران (۲۰۰۸) و ماتسوکا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند مصرف امگا-۳ در ترکیب با فعالیت‌های ورزشی و یا به‌تنهایی باعث افزایش BDNF می‌شود که بخشی از نتایج مطالعه آنها با نتایج مطالعه حاضر همسو بود (۴۹، ۵۰). به‌هرحال، چون در مطالعه حاضر گروهی که تنها مکمل امگا-۳ مصرف کرده باشد وجود نداشت، امکان مقایسه کامل وجود نداشت. وو و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تأثیر ترکیبی مکمل امگا-۳ و تمرینات اختیاری بر تغییرپذیری سیناپسی و شناخت در موش‌های صحرایی پرداختند. مکمل‌یاری امگا-۳ موجب افزایش پیش‌ساز BDNF و پروتئین بالغ شد و برنامه تمرینات ورزشی اختیاری این افزایش را تقویت کرد (۴۹).

امگا-۳ می‌تواند سطح BDNF را با استفاده از چند سازوکار افزایش دهد: ۱. امگا-۳ به نروپروتکتین D1 تبدیل می‌شود که می‌تواند سطوح BDNF را افزایش دهد، ۲. عمل امگا-۳ روی غشای پلاسمایی می‌تواند سازوکارهای پیام‌رسانی را فعال کند که موجب افزایش BDNF می‌شود، ۳. ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی امگا-۳ می‌تواند به کاهش استرس اکسایشی که سرکوب کننده BDNF است، کمک کند و در نتیجه سطوح آن را افزایش دهد، ۴. امگا-۳ می‌تواند به انتقال گلوکز از سد خونی- مغزی کمک کرده و انرژی لازم برای نرون‌ها را تأمین کند (۴۹). ۵. همچنین ارتباط معناداری بین مصرف امگا-۳ و حجم ماده خاکستری آمیگدال، هایپوکمپ و شکنج قدامی مغز در حیوانات سالم بالغ

وجود دارد که نشان می‌دهد مصرف امگا-۳ حجم ماده خاکستری آمیگدال، هایپوکمپ و شکنج قدامی مغز را افزایش می‌دهد که به‌ترتیب موجب افزایش بیان BDNF می‌شود. بنابراین، کمبود این مکمل به کاهش حجم این ساختارها منجر می‌شود (۵۱). بنابراین، احتمالاً افزایش حجم این ساختارها و به‌ویژه هایپوکمپ که نقش عمده‌ای در تولید BDNF در پی مصرف امگا-۳ دارد، عامل اصلی افزایش تولید BDNF به دنبال مصرف امگا-۳ است، البته این حالت باید در طولانی‌مدت اتفاق بیافتد.

همچنین، مطالعات نشان می‌دهد که فعالیت جسمانی و مصرف مکمل امگا-۳ می‌تواند سطوح سرمی BDNF را در انسان افزایش دهد. به‌علاوه، افزایش سطوح سرمی آیریزین به‌عنوان یک مایوکاین در نتیجه ورزش می‌تواند پس از عبور از سد خونی مغزی سطوح BDNF در هایپوکمپ و در نتیجه در سرم را افزایش دهد (۲۷، ۲۹). به‌هرحال، اگرچه مصرف مکمل امگا-۳ و تمرین سرعتی تناوبی در این مطالعه نتوانست در مقایسه با گروه تمرین- دارونما سطوح سرمی BDNF را بیشتر افزایش دهد، اما به‌نظر می‌رسد با افزایش طول دوره مصرف یا طول دوره تمرینی بتوان این اثر را به‌وجود آورد.

از محدودیت‌های این مطالعه تعداد کم نمونه‌ها به‌دلیل انصراف دادن چند نفر از آزمودنی‌ها در خلال مطالعه و نداشتن گروه کنترلی بود که در خلال دوره هیچ‌گونه تمرینی انجام نداده باشد.

نتیجه‌گیری

تمرین تناوبی سرعتی به‌مدت ۲ هفته با و بدون مصرف مکمل امگا-۳ سطوح سرمی آیریزین و BDNF و توان هوازی در دختران دارای اضافه‌وزن را افزایش می‌دهد و مصرف مکمل امگا-۳ به‌همراه این تمرین سطوح سرمی LDL و کلسترول را نیز کاهش می‌دهد. بنابراین، به دختران دارای اضافه‌وزن پیشنهاد می‌شود به‌همراه تمرین تناوبی سرعتی از مکمل امگا-۳ نیز حداقل برای کاهش سطوح سرمی LDL و کلسترول استفاده نمایند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه لرستان می‌باشد. بدین‌وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان در مطالعه و همچنین از آقای حسین جعفری و خانم لیلا جهانگیری، پرسنل آزمایشگاه دانش خرم‌آباد تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Wiklund P. The role of physical activity and exercise in obesity and weight management: Time for critical appraisal. Journal of Sport and Health Science 2016; 5(2):151-4.
2. Abedi B, Akhlaghi R, Saremi A. Plasma Irisin increases after acute endurance exercise in obese and normal weight women. CMJA 2017; 7(2):1887-96. (Persian).
3. Ramezanikhani A, Syori R. The effect of 16 weeks of caloric restriction on serum ayrizine levels and insulin resistance index in obese, obese women. Food Technology & Nutrition 2017; 14:99-106.
4. Esmaieli M, Abedi B, Fathollahi Shoorabeh F. Effect of aerobic training with Chlorella supplement on insulin resistance and serum ghrelin levels in obese women. Iran J Obstet Gynecol Infertil 2018; 21(10):48-56. (Persian).
5. Hakimi M, Attarzade Hosseini S. The Changes of Irisin Serum Levels and Lipid Profile of Overweight Male Students after Eight Weeks of Aerobic Training. JSSU 2016; 23:1189-1201. (Persian).
6. Sarvestani R, Kargermrzieh, Kaveh M, Tabatabaee H . The Effect of Behavioral Adjustment Program on Food Behavior of Shiraz Adolescent Girls. Journal of Iranian Children's Diseases. 2008; 18: 71-76. (Persian).
7. Howley ET, Thompson D. Fitness Professional's Handbook. 7nd ed. Human Kinetics; 2016.
8. Amirkhani Z, Azarbayjani MA, Peeri M, Matin Homaei H. Effect of Combining Resistance Training and Curcumin Supplementation on Lipid Profile in Obese Women. Iran J Obstet Gynecol Infertil 2017; 20(9):24-32. (Persian).
9. Khodadadi H, Rajabi H, Seyyed Reza Attarzadeh SR, Abbasian S. The effect of high intensity interval training (HIIT) and pilates on levels of irisin and insulin resistance in overweight women. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism 2014; 16(3):190-6. (Persian).

10. Soori R, Ravasi A, Hazrati Molaee S. Comparing the effects of high intensity endurance training and resistance training on irisin levels and insulin resistance in rats. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism 2015; 17(3):224-9. (Persian).
11. Rodrigues AC, Ferreira EF, Carneiro-Júnior MA, Natali AJ, Bressan J. Effects of exercise on the circulating concentrations of irisin in healthy adult individuals: A review. Science & Sports 2016; 31(5):251-60.
12. Moienneia N, Hosseini SR. Acute and chronic responses of metabolic myokine to different intensities of exercise in sedentary young women. Obesity Medicine 2016; 1:15-20.
13. Zoladz JA. Muscle and Exercise Physiology. London: Academic Press; 2019.
14. Yuan J, Yankner BA. Apoptosis in the nervous system. Nature 2000; 407(6805):802-9.
15. Nurjono M, Tay YH, Lee J. The relationship between serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and cardiometabolic indices in schizophrenia. Schizophrenia research 2014; 157(1-3):244-8.
16. Kishi T, Hirooka Y, Nagayama T, Isegawa K, Katsuki M, Takesue K, et al. Calorie restriction improves cognitive decline via up-regulation of brain-derived neurotrophic factor. International heart journal 2014: 14-68.
17. Fahnestock M, Marchese M, Head E, Pop V, Michalski B, Milgram WN, et al. BDNF increases with behavioral enrichment and an antioxidant diet in the aged dog. Neurobiology of aging 2012; 33(3):546-54.
18. Vetrivel U, Ravichandran SB, Kuppan K, Mohanlal J, Das UN, Narayanasamy A. Agonistic effect of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and its metabolites on brain-derived neurotrophic factor (BDNF) through molecular docking simulation. Lipids in health and disease 2012; 11(1):1-8.
19. Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids and athletics. Current Sports Medicine Reports 2007; 6(4):230-6.
20. Kelly DT, Tobin C, Egan B, McCarren A, O'Connor PL, McCaffrey N, et al. Comparison of sprint interval and endurance training in team sport athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research 2018; 32(11):3051-8.
21. Koral J, Oranchuk DJ, Herrera R, Millet GY. Six sessions of sprint interval training improves running performance in trained athletes. Journal of strength and conditioning research 2018; 32(3):617.
22. Kazemi A, Rahmati M, Eskandari F, Taherabadi SJ. Effect of 8 weeks sprint interval training on serum levels of Adiponectin and insulin in overweight children. Iran South Med J 2016; 19(1):37-47. (Persian).
23. Ghorbani M, Hassani A, Donyai A, Qadiri M. The effect of 8-weeks compound exercises training with omega-3 and l-carnitine supplementation intake on serum levels of visfatin in type 2 diabetic women. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2017; 19:18-25. (Persian).
24. Hassani A, Ghorbani M. Effcts of combind exercises beside consumption of omega-3, L-carnitine supplements on theserum of irisin, resistance insulin, profile lipid of type 2 diabetic women. Knowledge and health 2018; 13:55-64. (Persian).
25. Khoshkam F, Taghian F, Jalali Dehkordi K. Effect of eight weeks of supplementation of omega-3 supplementation and TRX training on visfatin and insulin resistance in women with polycystic ovary syndrome. Iran J Obstet Gynecol Infertil 2018; 21(9):58-70. (Persian).
26. Albracht-Schulte K, Kalupahana NS, Ramalingam L, Wang S, Rahman SM, Robert-McComb J, et al. Omega-3 fatty acids in obesity and metabolic syndrome: a mechanistic update. The Journal of nutritional biochemistry 2018; 58:1-6.
27. Meeusen R. Exercise, nutrition and the brain. Sports Medicine 2014; 44(1):47-56.
28. Kooshki A, Tofighiyan T. The effects of omega-3 fatty acids on depression in female students. Iran J Obstet Gynecol Infertil 2014; 17(107):1-6. (Persian).
29. Pedersen BK. Physical activity and muscle–brain crosstalk. Nature Reviews Endocrinology 2019; 15(7):383.
30. Mackenzie B. Performance evaluation tests. London: Electric World plc 2005; 24(25):57-158.
31. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1-α-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. Nature 2012; 481(7382):463-8.
32. Khademi S, Ranjbar R, Ghanbarzadeh M. Effect of 8 weeks of circuit training on serum Irisin levels and Insulin Resistance Index in overweight girls. Scientific Journals Management System 2015; 13(10):91-101.
33. Balaghi Inaloo F, Shakeryan S, Ghanbarzadeh M. The Effects of Two Acute Eccentric and Concentric Exercises on Serum Irisin Level and Insulin Resistance Index in Inactive Obese Women. Journal of Arak University of Medical Sciences 2016; 19(9):12-21. (Persian).
34. Hecksteden A, Wegmann M, Steffen A, Kraushaar J, Morsch A, Ruppenthal S, et al. Irisin and exercise training in humans–results from a randomized controlled training trial. BMC medicine 2013; 11(1):1-8.
35. Vahdat H, Mombini H, Eslami Farsani M, Ab Abzadeh S, Barzegar H. Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on the Levels of Irisin and Interleukin-10 in Overweight Men. Qom University of Medical Sciences Journal 2018; 12(2):35-44. (Persian).
36. Tofighi A, Ghafari G. Effects of regular aerobic training accompanied by omega-3 supplementation on soluble intercellular adhesion molecule-1 and lipid profiles of obese elderly women. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology 2013; 8(3):35-44. (Persian).
37. de Camargo Talon L, de Oliveira EP, Moreto F, Portero-McLellan KC, Burini RC. Omega-3 fatty acids supplementation decreases metabolic syndrome prevalence after lifestyle modification program. Journal of Functional Foods 2015; 19:922-8.
38. Powers SK, Howley ET. Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance. New York, NY: McGraw-Hill; 2018.
39. Aydin S. Three new players in energy regulation: preptin, adropin and irisin. Peptides 2014; 56:94-110.

40. Soori R, Asad MR, Khosravi M, Abbasian S. Comparison of the effects of regular aerobic training irisin serum changes in sedentary obese men. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism 2016; 18(4):270-8. (Persian).
41. Liu J, Hu Y, Zhang H, Xu Y, Wang G. Exenatide treatment increases serum irisin levels in patients with obesity and newly diagnosed type 2 diabetes. J Diabetes Complications 2016; 30(8):1555-1559.
42. Miyamoto-Mikami E, Sato K, Kurihara T, Hasegawa N, Fujie S, Fujita S, et al. Endurance training-induced increase in circulating irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. PLoS One 2015;10(3):e0120354.
43. Shapiro H, Tehilla M, Attal-Singer J, Bruck R, Luzzatti R, Singer P. The therapeutic potential of long-chain omega-3 fatty acids in nonalcoholic fatty liver disease. Clin Nutr 2011; 30(1):6-19.
44. Petersen M, Pedersen H, Major-Pedersen A, Jensen T, Marckmann P. Effect of fish oil versus corn oil supplementation on LDL and HDL subclasses in type 2 diabetic patients. Diabetes Care 2002; 25(10):1704-8.
45. Mori TA, Burke V, Puddey IB, Watts GF, O'Neal DN, Best JD, et al. Purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids have differential effects on serum lipids and lipoproteins, LDL particle size, glucose, and insulin in mildly hyperlipidemic men. Am J Clin Nutr 2000; 71(5):1085-94.
46. Smith MA, Makino S, Kvetňanský R, Post RM. Effects of stress on neurotrophic factor expression in the rat brain. Annals of the New York Academy of Sciences 1995; 771(1):234-9.
47. Ferris LT, Williams JS, Shen CL. The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. Med Sci Sports Exerc 2007; 39(4):728-34.
48. Déry N, Pilgrim M, Gibala M, Gillen J, Wojtowicz JM, Macqueen G, et al. Adult hippocampal neurogenesis reduces memory interference in humans: opposing effects of aerobic exercise and depression. Front Neurosci 2013; 7:66.
49. Wu A, Ying Z, Gomez-Pinilla F. Docosahexaenoic acid dietary supplementation enhances the effects of exercise on synaptic plasticity and cognition. Neuroscience 2008; 155(3):751-9.
50. Matsuoka Y, Nishi D, Yonemoto N, Hamazaki K, Hamazaki T, Hashimoto K. Potential role of brain-derived neurotrophic factor in omega-3 Fatty Acid supplementation to prevent posttraumatic distress after accidental injury: an open-label pilot study. Psychother Psychosom 2011; 80(5):310-2.
51. Conklin SM, Gianaros PJ, Brown SM, Yao JK, Hariri AR, Manuck SB, et al. Long-chain omega-3 fatty acid intake is associated positively with corticolimbic gray matter volume in healthy adults. Neurosci Lett 2007; 421(3):209-12.