

## تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر سطوح پلاسمایی BDNF و حافظه کوتاه مدت زنان ۵۰-۶۵ ساله مبتلا به سندروم متابولیک

علی اوصالی<sup>۱</sup>✉، سیروس چوبینه<sup>۲</sup>، رحمن سوری<sup>۳</sup>، علی اصغر رواسی<sup>۴</sup>، حسین مصطفوی<sup>۵</sup>

۱. استادیار، تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بناب، بناب، ایران

۲. استادیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. دانشیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴. استاد، فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۵. استادیار، گروه فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱/۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۲۰

### چکیده

**هدف:** افزایش سن، عوامل التهابی و سندروم متابولیک از عوامل مؤثر در کاهش BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثرگذاری ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط بر سطوح پلاسمایی BDNF و حافظه کوتاه مدت زنان ۵۰-۶۵ ساله‌ی مبتلا به سندروم متابولیک می‌باشد. **روش شناسی:** ۲۴ زن مبتلا به سندروم متابولیک به طور داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه ۱۲ نفره تمرین و کنترل تقسیم شدند. گروه تمرین هفته اول سه ست ۸ دقیقه ای با فواصل استراحت پنج دقیقه با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد از ضربان قلب ذخیره ای تمرینات خود را روی تردمیل انجام دادند. با سپری شدن هر هفته، یک دقیقه به مدت زماست‌های تمرین افزوده می‌شد. قبل و پس از ۱۲ هفته تمرین جهت اندازه‌گیری سطوح BDNF نمونه‌گیری خونی انجام شد. میزان سطوح BDNF به روش الایزا، میزان حافظه کوتاه مدت نیز توسط آزمون یادداری عددی مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه تحلیل داده‌ها از ضریب همبستگی پیرسون، تی مستقل و تی جفتی استفاده گردید. **نتایج:** BDNF و حافظه کوتاه مدت پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی نسبت به پیش آزمون بطور معنی‌داری افزایش یافتند ( $P < 0.05$ ). همچنین هیچ تغییری معنی‌داری در سطوح BDNF ( $P = 0.09$ ) و حافظه کوتاه مدت ( $P = 0.16$ ) قبل از تمرین و پس از تمرین گروه کنترل مشاهده نگردید. **نتیجه‌گیری:** در اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط میزان سطوح BDNF افزایش یافت و این افزایش موجب بهبود عملکرد حافظه کوتاه مدت گردید.

**کلید واژه‌ها:** تمرین هوازی، BDNF، حافظه کوتاه مدت، سندروم متابولیک

### The Effect of Twelve Weeks Aerobic Exercise with Moderate Intensity on BDNF, and Short-term Memory in 50-65 Years Old Women with Syndrome Metabolic

#### Abstract

**Purpose:** The aim of this research was investigation the effect of twelve week aerobic exercise with moderate intensity on BDNF, and short-term memory in 50-65 years old women with syndrome metabolic. **Methods:** 24 women with metabolic syndrome (MetS) took part voluntarily and divided in tow group MetS exercise (ME), MetS control (MC). ME group participated in an aerobic exercise training (AT) program (12 weeks), tree session per week, each session contain tree performing part and tow rest part. Also blood samples were conducted before and after training for evaluate levels of BDNF. Short-term memory measured by Digit span memory test. BDNF level was measured by ELISA method. Data were analyzed using Pearson coefficient, pried-sample T-Test, and independent samples T-Test. **Results:** BDNF and short-term memory after twelve weeks aerobic exercise significantly changed ( $P > 0.05$ ). BDNF and short-term memory after twelve weeks in control group didn't significantly change ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** These findings indicate that tree month aerobic exercises induce to increase BDNF levels and ameliorate short-term memory score.

**Key words:** aerobic exercise, BDNF, short-term memory, metabolic syndrome.

✉ نویسنده مسئول: علی اوصالی      تلفن: ۰۹۱۲۷۴۱۹۶۴۹

بناب، دانشگاه بناب، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

پست الکترونیکی: osalialiphd@gmail.com

## مقدمه

افزایش سن و سندروم متابولیک همراه با افزایش التهاب خفیف می‌باشد (۱، ۲). با توجه به تغییر سبک زندگی شیوع سندروم متابولیک در جامعه امروزی بیشتر شده است (۱، ۲). سندروم متابولیک به حضور حداقل ۳ از ۵ عوامل خطر اطلاق می‌شود این عوامل عبارتند از چربی دور کمر بیشتر از ۹۴ سانتی‌متر، تری‌گلیسیرید بالاتر از ۱۵۰، سطح HDL-C<sup>۱</sup> کمتر از ۴۰، هایپرگلیسمی (گلوکز بیشتر از ۱۱۰) و فشار خون بالاتر از ۱۳۰/۸۵ (۱، ۲). بافت چربی نقش مهمی در علت شناسی سندروم متابولیک دارد. تک تک موارد مطرح در سندروم متابولیک ارتباط نزدیک با افزایش سایتوکاین‌های پیش التهابی دارد (۱، ۲). بافت چربی همچون یک غده درون ریزی که آدیپوسایتوکاین<sup>۲</sup> و سایتوکاین<sup>۳</sup> را ترشح می‌کند عمل نموده و این امر به صورت غیر مستقیم بر سطح IL-6<sup>۴</sup> تأثیر می‌گذارد (۱، ۲). عوامل التهابی همچون IL-6 قابلیت عبور از سد خونی را دارند (۱-۳) عوامل التهابی طی مکانیسمی موجب جلوگیری از افزایش بیان عامل رشدی مشتق از مغز می‌گردد، BDNF<sup>۵</sup> عامل نوروتروفیکی است که موجب بقاء و شکل‌گیری نرون و نورونز می‌گردد (۱، ۲). بیان بیش از اندازه‌ی IL-6 و TNF- $\alpha$ <sup>۶</sup> تخریب سلول‌های نورونی را افزایش می‌دهد (۱، ۲). همچنین تانکا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود گزارش نمودند افزایش سطوح TNF- $\alpha$  و IL1 $\beta$ <sup>۸</sup> در سلول میکروگلیال موجب کاهش بیان BDNF در هیپوکمپ می‌شود (۳). اکثر محققین تأثیر مثبت ورزش بر سندروم متابولیک را گزارش نمودند (۴). تأثیر کاهش ورزش بر مقدار گلوکز خون مورد تأیید محققین می‌باشد همچنین توماس و همکاران (۲۰۱۳) و کراب<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۷) ارتباط معکوس و معنی‌دار گلوکز و BDNF را گزارش نمودند (۵، ۶). BDNF از طریق کاهش بیان ژن گلوکونوزنز موجب کاهش تولید گلوکز کبدی می‌گردد (۵). افزایش گلوکز خون مزمن و فشار خون در بیماران مبتلا به سندروم متابولیک خود مانع نورونز خواهد گردید که در نتیجه این احتمال وجود دارد که با کاهش BDNF حجم مغز نیز کاهش و در پی آن کاهش حافظه‌ی

کوتاه‌مدت اتفاق بیفتد (۳). جلوگیری از کاهش حافظه‌ی کوتاه‌مدت یکی از مسائل مورد بحث علوم مختلف می‌باشد چراکه کاهش BDNF در اثر بیماری سندروم متابولیک منجر به اختلال حافظه‌ی کوتاه‌مدت می‌گردد (۷). مرور نتایج تحقیقات گذشته نشان از وجود روابط بین کاهش بیان BDNF در افراد مبتلا به سندروم متابولیک و کاهش عملکرد شناختی می‌باشد (۸) و از جایی که افزایش چربی دور کمر، تری‌گلیسیرید، گلوکز خون و فشار خون و کاهش سطح HDL-C نیز در ارتباط با کاهش BDNF و افزایش عوامل التهابی می‌باشد (۱، ۲) حساسیت برای بررسی سطوح BDNF بیشتر می‌شود تا مکانیسم‌های دخیل در آن روشن گردد. برخی از محققین انجام فعالیت ورزشی هوازی را موجب افزایش بیان BDNF گزارش نمودند به عنوان مثال توماس سی فرت و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۰) ۱۲ مرد سالم و غیر فعال که درصد چربی یشان بیشتر از ۲۵٪ و BMI ما بین ۲۵-۳۵ بود به مدت سه ماه تمرین ۶۰ دقیقه با شدت ۷۰٪ حداکثر ضربان قلب معادل ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی تمرین نمودند در نتیجه آن BDNF پایه نسبت به سه ماه قبل از تمرین افزایش داشت (۹). سانگ و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۴) تأثیر ۱۲ هفته فعالیت ورزشی منظم با شدت ۶۰-۵۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۴۰-۶۰ دقیقه هفته ای سه جلسه روی ۲۶ جوان پسر و دختر چاق انجام دادند، تمرین موجب افزایش معنی‌دار BDNF گردید (۱۰). درحالیکه برخی عدم تأثیر انجام تمرینات ورزشی را بر افزایش سطح BDNF را گزارش نمودند. بابایی و همکاران (۲۰۱۳) کاهش BDNF سرمی را در مردان میان‌سال مبتلا به سندروم متابولیک طی شش هفته تمرین هوازی با شدت متوسط را گزارش نمودند (۱۱). لاورا و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۰) اشاره نمودند که ورزش هوازی شدید در زنان ۵۵ تا ۸۵ ساله با ۷۵-۸۵٪ از ضربان قلب ذخیره ای، ۴۵-۶۰ دقیقه، چهار روز در هفته به مدت ۶ ماه موجب کاهش BDNF و بهبودی عملکرد شناختی می‌گردد (۱۲). سانگ و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر ۱۲ هفته فعالیت ورزشی منظم با شدت ۶۰-۵۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۴۰-۶۰ دقیقه، هفته ای سه جلسه روی

که در این تحقیق از ملاک ATPIII<sup>۱۴</sup> برای شناسایی شاخص‌های خطر متابولیک استفاده شد که به حضور سه از پنج شاخص، مد نظر بود (دور کمتر از ۹۴ سانتی‌متر، تری‌گلیسرید خون بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، HDL خون کمتر از ۴۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، فشار خون بیش از ۱۳۰/۸۵ میلی‌مترجیوه و گلوکز خون ناشتای بالاتر از ۱۱۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) (۲). به بیان دیگر، افراد داوطلب در صورت دارا بودن سه و یا بیش از سه شاخص خطر متابولیک بر اساس ملاک ATPIII، به عنوان آزمودنی دارای سندروم متابولیک لحاظ شدند تعداد افراد ۳۰ نفر بود که به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند. لازم به ذکر است که چهار نفر از آزمودنی‌ها به دلیل عدم حضور منظم در تمرینات و نیز دو نفر از افراد گروه کنترل به دلیل عدم حضور در پس آزمون از جریان تحقیق خارج شدند و در پایان نتایج ۲۴ نفر وارد تجزیه تحلیل آماری شد. ملاک خروج افراد غیبت بیش از سه جلسه از دوازده جلسه بود.

#### پروتکل تمرین

تمرینات مربوط به گروه تمرین (ME) که به وسیله تردمیل انجام می‌شد، شامل دوازده هفته تمرین، هفته‌ای ۳ جلسه هر جلسه به مدت ۲۴ تا ۵۷ دقیقه با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد از ضربان قلب ذخیره بود و در ضمن جلسات تمرینی ساعت ۹ تا ۱۲ صبح اجرا می‌شد (۲). در هر جلسه، تمرینات در قالب سه ست متوالی با فاصله استراحت ۵ دقیقه در بین ست‌ها انجام می‌شدند. زمان ست‌های تمرینی در هفته اول، هشت دقیقه بود و با سپری شدن هر هفته، یک دقیقه به مدت زماست‌های تمرین افزوده می‌شد، به طوری که در هفته دوازدهم تمرین به سه ست ۱۹ دقیقه‌ای رسید. لازم به ذکر است که ضربان قلب استراحتی، هر هفته چک می‌شد و شدت برنامه تمرین از روی آن با استفاده از دستگاه ضربان سنج پلار (Polar: Finland) تنظیم می‌شد. کل جلسات تمرین با ۵ دقیقه گرم کردن (نرمش و تمرینات کششی) آغاز می‌شد و در پایان نیز ۵ دقیقه سرد کردن وجود داشت. گروه کنترل در فاصله دوازده هفته، از انجام فعالیت بدنی غیرمعمول منظم، اجتناب کردند.

۲۶ جوان پسر و دختر مبتلا به دیابت نوع دو انجام دادند، تمرین موجب افزایش BDNF و TrKB گردید ولی این افزایش معنی‌دار نبود (۱۰).

در مقابل تحقیقات اندکی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط بر حافظه کوتاه مدت و BDNF زنان مبتلا به سندروم متابولیک را همزمان مورد بررسی قرار داده‌اند. بطور مثال بابایی و همکاران تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی را بر میزان حافظه‌ی کوتاه‌مدت و BDNF را مورد بررسی قرار دادند (۱۱) و همچنین اریکسون و همکاران<sup>۱۳</sup> تأثیر یکسال تمرین هوازی بر حافظه و BDNF را مورد بررسی قرار دادند (۱۳). با توجه به تناقض در نتایج تحقیقات پیشین و جامع نبودن آن‌ها، انجام تحقیقی جامع با در نظر گرفتن درصد چربی بدن، مقدار گلوکز خون، تری‌گلیسرید، فشار خون و BDNF برای رسیدن به عوامل تأثیرگذار بر امتیاز عملکرد حافظه ضرورت دارد. همچنین هیچ تحقیقی در خصوص تأثیر تمرین هوازی با شدت متوسط به مدت ۱۲ هفته بر میزان سطوح BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت زنان ۵۰-۶۵ ساله‌ی مبتلا به سندروم متابولیک انجام نگرفته است.

#### روش پژوهش

روش بررسی نیمه تجربی، از نوع بررسی‌های کاربردی می‌باشد که طرح پژوهشی شامل پیش آزمون و پس آزمون با یک گروه شاهد و یک گروه تجربی بود.

#### جامعه آماری

تعداد جامعه آماری پژوهش حاضر ۲۷۷ نفر همسر شهید ۵۰ تا ۶۵ ساله‌ی مبتلا به سندروم متابولیک شهرستان زنجان بود. پس از پخش آگهی در اداره کل بنیاد شهید و امور ایثارگران استان زنجان، در آغاز تحقیق تعداد ۷۰ زن میانسال داوطلب شهر زنجان (۵۰ تا ۶۵ ساله) برای اخذ مجوز حضور در فعالیت جسمانی مد نظر پژوهش، توسط پزشک از لحاظ سوابق بیماری و ناراحتی‌های جسمانی، مشکلات روانشناختی و خواب و فشارخون معاینه شدند و در صورت نیاز از برخی از آن‌ها تست سلامت قلب به عمل آمد. هیچ یک از آزمودنی‌ها در طی یک سال گذشته، سابقه شرکت در فعالیت بدنی منظم نداشتند. لازم به ذکر است

ضربان قلب ذخیره از طریق فرمول کاروونن محاسبه گردید. ضربان قلب استراحت + [۶۰ تا ۷۰٪] \* (ضربان قلب استراحت - حداکثر ضربان قلب) = ۶۰ تا ۷۰٪ ضربان قلب ذخیره‌ای ضربان قلب زمان بیدار شدن از خواب و قبل از برخاستن از رختخواب به حالت دراز کشیده = ضربان قلب استراحت

#### خون گیری

از تمام آزمودنی‌ها در دو مرحله شامل پیش‌آزمون و پس‌آزمون (بعد از دوازده هفته تمرین)، خون‌گیری به صورت ناشتا در ساعت ۹ صبح (برای اندازه‌گیری سطوح BDNF پلاسما، گلوکز، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین پرچگال) به‌عمل آمد. البته لازم به ذکر می‌باشد جهت حذف تأثیرات حاد ورزش از جمله کوفتگی تاخیری و آسیب‌های احتمالی کوچک در ساختار عضله بر میزان BDNF خونگیری در مرحله پس‌آزمون، چهار روز پس از آخرین جلسه‌ی تمرینی انجام شد (۲، ۱۱). در هر بار خون‌گیری، بخشی از نمونه‌های خونی (۲ سی‌سی) سیاهرگ‌بازوئی در تیوب‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA جمع‌آوری شدند و پس از سانتریفوژ (۱۲ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه) و جداسازی پلاسما، مقدار گلوکز خون به روش گلوکز اکسیداز و سطوح چربی به روش آنزیماتیک استاندارد (کیت پارس آزمون، کرج، ایران) با استفاده از دستگاه اتوانالایزر بیوشیمی مدل کوباس میرا اندازه‌گیری شد (۲، ۱۱). ضریب تغییرات این کیت در هر سنجش<sup>۱۵</sup> و بین سنجش‌های مختلف<sup>۱۶</sup> به ترتیب برای تری‌گلیسرید برابر با ۱/۸۲٪ و ۱/۱۶٪، برای قند خون برابر با ۱/۷۴٪ و ۱/۱۹٪ برای HDL برابر با ۲/۱۵٪ و ۱/۲۸٪ بود (۲، ۱۱). بخش دیگری از نمونه‌های خونی (۴ سی‌سی) در تیوب‌های ویژه سرد شده (BD Vacutainer® SST II Advance، جمع‌آوری شدند و یک ساعت در دمای معمولی تا لخته شدن باقی ماندند و در ادامه پس از سانتریفوژ (۱۲ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه)، سرم به دست آمده در دمای ۸۰- درجه سلسیوس منجمد شد. سطوح BDNF به روش الیزا توسط کیت ویژه سنجش مقدار BDNF (Adipo Bioscience, USA) شماره کاتالوگر SK00752-01 حساسیت کمتر از ۰/۵ ng/mL اندازه‌گیری شد.

#### آزمون حافظه کوتاه مدت

اندازه‌گیری عملکرد حافظه کوتاه مدت قبل و پس از چهار روز از آخرین جلسه تمرینی با استفاده از آزمون یادداری اعداد<sup>۱۷</sup> انجام شد. پایایی این آزمون‌ها، در یک مطالعه مقدماتی بر روی ۱۳ نفر آزمودنی میان‌سال توسط بابایی و همکاران انجام شد و ضریب همبستگی درونی (ICC)<sup>۱۸</sup> آزمون یادداری اعداد برابر با ۰/۷۷۷ r= محاسبه شد (۱۱).

قبل از انجام آزمون، ابتدا توضیحات کامل به آزمودنی ارائه می‌شد و پس از کسب اطمینان از توجیه کامل روش اجرای آزمون و اعلام آمادگی از سوی آزمودنی، آزمون آغاز می‌شد. آزمون یادداری اعداد در یک محیط ساکت و خلوت انجام شد. در این آزمون تعدادی اعداد مثل ۹ عدد تک رقمی به آزمودنی نمایش داده می‌شود. هر عدد به مدت ۱ ثانیه نمایش داده می‌شود و به دنبال ۰/۵ ثانیه مکث، شماره بعدی نمایش داده می‌شود. تکلیف شامل تکرار اعداد به ترتیب و یا به صورت بیان یک عدد چندرقمی (مثلاً ۴۳۰۰۶۵۷۸۹) بود (۱۱).

لازم به ذکر است که این آزمون از مشاهده و به خاطر سپاری سه عدد شروع می‌شود و در صورت پاسخ دهی صحیح از سوی آزمودنی، مرحله بعدی آزمون با افزودن یک عدد اضافی به تعداد اعداد قبلی دنبال می‌شود. آزمودنی سه نسخه متفاوت از این آزمون (حاوی اعداد متفاوت، ولی با الگوی یکسان) را تجربه می‌کند. در مرحله اول، آزمون تا زمان بروز اشتباه در یادآوری اعداد ادامه می‌یابد (مثلاً آزمودنی در یادآوری ۹ عدد تک رقمی اشتباه می‌کند). با بروز اولین اشتباه، نسخه اول آزمون کنار گذاشته می‌شود و آزمودنی در معرض نسخه دوم آزمون قرار می‌گیرد، ولی تست از مرحله‌ای با تعداد یک رقم کمتر از مرحله بروز اشتباه شروع می‌شود (مثلاً اگر آزمودنی در مرحله اول، در یادآوری ۹ عدد تک رقمی اشتباه کرده است، آزمون در نسخه دوم تست، از ۸ عدد تک رقمی شروع می‌شود). در ادامه با بروز دومین خطا در یادآوری صحیح اعداد نمایش داده شده (مثلاً یادآوری ۱۰ عدد تک رقمی)، نسخه سوم تست تجربه می‌شود، ولی مجدداً آزمون با تعداد یک عدد پایین‌تر (۹ عدد تک‌رقمی) شروع می‌شود. با بروز سومین اشتباه (مثلاً یادآوری ۱۰ عدد تک رقمی)، تعداد ارقام آخرین

عددی که به طور صحیح بیان شده است (۹)، به عنوان رکورد فرد در عملکرد حافظه کوتاه مدت ثبت می‌شود (۱۱).

نحوه محاسبه امتیاز Z

$$\begin{aligned} &+ \text{انحراف معیار} / (\text{لیپو پروتئین پرچگال} - ۴۰) = \text{امتیاز Z} \\ &- \text{قند خون ناشتا} + \text{انحراف معیار} / (۱۵۰ - \text{تری گلیسرید}) \\ &+ \text{انحراف معیار} / (۹۴ - \text{دور کمر}) + \text{انحراف معیار} / (۱۱۰) \\ &\text{انحراف معیار} / (۱۳۰ - \text{فشار خون سرخرگی}) \end{aligned}$$

نحوه محاسبه درصد چربی بدن

درصد چربی بدن آزمودنی‌ها توسط دستگاه بادی کامپوزیشن مدل BF500 OMRON ساخت کشور آلمان محاسبه گردید.

نحوه محاسبه کالری دریافتی

آزمودنی‌ها مواد غذایی مصرفی روزانه را در برگه یادداشت ثبت نمودند و مواد غذایی مصرف شده در صبحانه، میان وعده‌ها، نهار و شام توسط نرم افزار N4 سبه گردید.

تحلیل آماری

برای از اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگن بودن متغیرهای دو گروه از آزمون لون استفاده گردید. از درصد فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف ویژگی‌های فردی، از آزمون تی مستقل برای بررسی تغییرات بین گروهی و از آزمون تی جفتی جهت بررسی تغییرات درون گروهی استفاده گردید. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای وابسته از آزمون آماری همبستگی پیرسون استفاده شد ( $P \leq 0.05$ ). معنی دار بودن تفاوت‌های داده‌ها در سطح ( $P \leq 0.05$ ) محاسبه گردید.

### نتایج

نتایج مقایسه درون گروهی شاخص‌های سندروم متابولیک، امتیاز Z، BMI، وزن و درصد چربی بدن گروه EM و CM در (جدول ۱) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱. مقایسه درون گروهی شاخص‌های سندروم متابولیک، امتیاز Z، BMI، وزن و درصد چربی بدن

P	گروه		زمان اندازه‌گیری	شاخص
	CM	EM		
۰/۳۵	۱۳۹/۰۰±۱۹/۰۳	۰/۰۰	۱۳۷/۶۶±۱۷/۴۱	فشارخون دیاستول (میلی‌مترجیوه)
	۱۴۰/۳۳±۱۶/۷۵		۱۲۲/۰۸±۵/۶۸	
۰/۰۰	۱۰۳/۰۸±۸/۹۶	۰/۰۰	۱۰۳/۲۵±۹/۷۸	دور کمر (سانتی‌متر)
	۱۰۴/۸۳±۹/۶۳		۹۶/۳۳±۷/۱۱	
۰/۲۵	۱۳۰/۴۱±۶۳/۵۹	۰/۰۷	۱۳۰/۵۸±۶۴/۳۳	گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)
	۱۳۳/۰۸±۵۸/۸۵		۱۱۸/۹۱±۵۹/۴۰	
۰/۱۰	۲۱۲/۰۸±۷۶/۹۴	۰/۰۲	۲۱۱/۵۰±۷۹/۹۳	تری‌گلیسرید (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)
	۲۱۶/۲۵±۷۵/۶۲		۱۴۷/۷۵±۳۶/۹۱	
۰/۰۰	۴۹/۵۰±۱۲/۸۵	۰/۲۷	۵۰/۶۶±۱۳/۶۲	لیپوپروتئین پرچگال (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)
	۴۶/۸۳±۱۲/۴۸		۴۷/۶۶±۶/۲۷	
۰/۲۱	-۳/۴۹±۱/۷۷	۰/۰۰	-۳/۴۶±۱/۷۹	امتیاز Z
	-۴/۰۳±۲/۴۳		-۰/۲۰±۲/۸۴	
۰/۰۱	۳۱/۸۶±۳/۰۹	۰/۰۰	۳۱/۴۳±۳/۲۷	شاخص توده بدن <sup>۲</sup> (قد/وزن)
	۳۲/۱۲±۲/۹۱		۳۰/۲۴±۲/۸۳	
۰/۱۲	۷۷/۰۴±۸/۴۹	۰/۰۰	۷۵/۹۰±۸/۱۹	وزن کیلوگرم
	۷۸/۶۰±۸/۸۶		۷۳/۰۱±۷/۰۱	
۰/۰۳	۳۸/۷۶±۵/۲۳	۰/۰۰	۳۹/۹۲±۵/۴۷	درصد چربی بدن
	۳۹/۹۱±۳/۵۲		۳۴/۶۶±۳/۸۴	

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند. معناداری در سطح  $P \leq 0.05$

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان دهنده‌ی وجود ارتباط منفی و معنی‌دار بین BDNF و فشار خون، دور کمر، گلوکز، تری‌گلیسرید، BMI و درصد چربی می‌باشد همچنین رابطه مثبت و معنی‌داری بین BDNF و امتیاز Z وجود دارد که سطح همبستگی و معنی‌داری آن‌ها در شکل ۵ قابل مشاهده می‌باشد.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان دهنده‌ی وجود ارتباط منفی و معنی‌دار بین حافظه‌ی کوتاه‌مدت و فشار خون، دور کمر، تری‌گلیسرید، BMI و درصد چربی می‌باشد همچنین رابطه مثبت و معنی‌داری بین حافظه‌ی کوتاه‌مدت و امتیاز Z وجود دارد که سطح همبستگی و معنی‌داری آن‌ها در جدول ۶ قابل مشاهده می‌باشد.

آزمودنی‌های گروه ME در طول ۳۶ جلسه تمرین، با میزان پایبندی ۹۱ درصدی در این تحقیق مشارکت نمودند. نتایج آزمون آماری تی مستقل تفاوت معنی‌داری را در میزان کل کالری دریافتی، کالری دریافتی از پروتئین، کربوهیدرات، چربی دو گروه را نشان نداد (جدول ۲).

نتایج آزمون آماری تی جفتی تفاوت معنی‌داری را در افزایش BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت گروه تمرین را نشان داد در حالی که تفاوت معنی‌داری در مقادیر گروه کنترل مشاهده نگردید (جدول ۳).

نتایج آزمون آماری تی مستقل تفاوت معنی‌داری را در BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت دو گروه را نشان داد (جدول ۴).

جدول ۲. نتایج مقایسه شاخص‌های تغذیه‌ای پیش‌آزمون در بین آزمودنی‌های دو گروه سندروم متابولیک تمرین و کنترل

P	آزمون همسانی واریانس (لون)		گروه کنترل	گروه تمرین	
	P	F			
۰/۳۹	۰/۶۹۱	۰/۱۶۲	۲۵۴۱/۸۳±۱۱۸/۱۷	۲۴۸۲/۷۵±۱۴۵/۲۹	کل کالری دریافتی
۰/۸۶	۰/۶۱۷	۰/۱۵۷	۴۹۶/۰۰±۵۶/۸۱	۴۹۱/۷۵±۶۱/۰۷	کالری دریافتی از پروتئین
۰/۲۰	۰/۴۴	۰/۶۱۷	۱۲۹۷/۸۳±۶۳/۲۸	۱۲۵۶/۰۸±۸۹/۹۶	کالری دریافتی از کربوهیدرات
۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۰۶	۷۴۳/۴۱±۸۴/۳۸	۷۳۵/۸۳±۷۹/۳۳	کالری دریافتی از چربی

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند. معناداری در سطح  $P \leq 0/05$

جدول ۳. میزان تغییرات درون گروهی BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت

P	حافظه‌ی کوتاه‌مدت	P	BDNF	مرحله	گروه تمرین
۰/۰۰	۴/۵۰±۰/۱۵	۰/۰۰	۶/۴۹±۰/۳۷	پیش آزمون	
	۵/۳۳±۰/۱۸		۱۴/۴۱±۰/۶۲	پس آزمون	
۰/۱۶	۴/۵۸±۰/۱۹	۰/۰۹	۶/۳۶±۰/۳۶	پیش آزمون	گروه کنترل
	۴/۴۱±۰/۱۴		۶/۲۴±۰/۳۸	پس آزمون	

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند. معناداری در سطح  $P \leq 0/05$

جدول ۴. مقایسه بین گروهی میزان BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت پس از ۱۲ هفته

P	CM	EM	متغیر
۰/۰۰	۴/۴۱±۰/۱۴	۵/۳۳±۰/۱۸	حافظه‌ی کوتاه‌مدت
۰/۰۰	۱۴/۴۱±۰/۶۲	۶/۲۴±۰/۳۸	BDNF

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند. همبستگی معناداری در سطح  $P \leq 0/05$

جدول ۵. نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون بین BDNF و سایر متغیرها

درصد چربی	وزن	BMI	Z	HDL	تری‌گلیسرید	گلوکز	دور کمر	فشار خون	r BDNF
-۰/۸۰	-۰/۶۸	-۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۰۶	-۰/۵۱	-۰/۵۲	-۰/۶۱	-۰/۶۲	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	P

همبستگی معنادار در سطح  $P \leq 0/05$

جدول ۶. نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون بین حافظه‌ی کوتاه‌مدت و سایر متغیرها

درصد چربی	وزن	BMI	Z	HDL	تری‌گلیسرید	گلوکز	دور کمر	فشار خون	r حافظه‌ی کوتاه‌مدت
-۰/۶۹	-۰/۵۲	-۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۱۳	-۰/۵۲	-۰/۲۱	-۰/۵۹	-۰/۵۵	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	P

همبستگی معنادار در سطح  $P \leq 0.05$ 

چربی بدن، وزن، BMI و BDNF را نشان می‌دهد همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین امتیاز Z و BDNF مشاهده گردید. هر چند کاهش گلوکز معنی‌دار نبود ولی مقدار گلوکز پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی ۱۱۸ شد که نزدیک به مقدار معیار (گلوکز ۱۱۰) می‌باشد و نتایج حاصل از آزمون آماری تی تک نمونه‌ای<sup>۱۹</sup> نشان از عدم تفاوت معنی‌داری مقدار گلوکز حاصله بعد از ۱۲ هفته تمرین با مقدار گلوکز معیار می‌باشد  $P=0.61$ . که این نشان از این موضوع دارد که ۱۲ هفته تمرین در ایجاد عدم تفاوت گلوکز پس از آزمون با مقدار گلوکز معیار مؤثر می‌باشد با انجام آزمون آماری همبستگی پیرسون همبستگی بین تغییرات گلوکز و BDNF منفی و معنی‌دار می‌باشد.

BDNF در سیستم عصبی مرکزی، اندوتلیوم عروقی، سلول‌های ایمنی و عضلات صاف عروق ساخته و در پلاکت‌های خونی ذخیره می‌شود. BDNF قادر به عبور از سد خونی مغزی در هر دو جهت می‌باشد (۱، ۲). در اثر ورزش BDNF محیطی ذخیره شده در پلاکت‌ها با تحریک آگونیست‌ها و تقاضای بافت‌های خاص به BDNF، به جریان خون آزاد می‌شود (۱۴). بنابراین در مورد آزمودنی‌های سندروم متابولیک تصور ما بر آن بود که شاید منشأ مقدار BDNF افزایش یافته در سرم این آزمودنی‌ها در پاسخ به تمرین، مربوط به افزایش بیان آن نبوده است و فقط بر اساس تقاضای بافت‌های مختلف BDNF از پلاکت‌ها رها شده و وارد جریان خون شده است. در این راستا، لازم به ذکر است که بخشی از BDNF به طور آزاد در خون وجود دارد و مقدار قابل توجهی در پلاکت‌ها و یا سلول‌های ایمنی ذخیره شده است. پلاکت‌ها حداکثر تا ۱۱ روز در خون گردش می‌کنند، درحالی‌که BDNF حداکثر کمتر از ۱ ساعت در پلاسما باقی می‌ماند که نشان می‌دهد پلاکت‌ها یک محفظه ذخیره‌ای هستند و محتوای BDNF آن‌ها یک شاخص طولانی مدت برای BDNF پلاسما می‌باشد (۱۵)

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان دهنده‌ی وجود ارتباط مثبت و معنی‌دار بین BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت می‌باشد سطح همبستگی ۰/۶۹ و سطح معنی‌داری ۰/۰۰ می‌باشد (جدول ۷).

جدول ۷. نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون بین BDNF و حافظه‌ی کوتاه‌مدت

حافظه‌ی کوتاه‌مدت	r BDNF
۰/۶۹	
۰/۰۰	P

همبستگی معنادار در سطح  $P \leq 0.05$ 

### بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق دوازده هفته تمرین هوازی با شدت متوسط موجب کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید از ۲۱۱ به ۱۴۷، دور کمر از ۱۰۳ به ۹۶ و همچنین فشار خون از ۱۳۷ به ۱۲۲، وزن از ۷۵/۹ به ۷۳/۰۱، درصد چربی از ۳۹/۹ به ۳۴/۶۶ و شاخص توده بدن از ۳۱/۴۳ به ۳۰/۲۴ را موجب گردید. همچنین تغییر گلوکز از ۱۳۰ به ۱۱۸ و لیپوپروتئین پرچگال از ۵۰ به ۴۷ غیر معنی‌دار بود. مجموع امتیاز Z سندروم متابولیک از ۳/۴۶- به ۰/۲۰- افزایش یافت و این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

در تحقیق حاضر مقادیر BDNF در پیش آزمون ۶/۴۹ بود که پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط به ۱۴/۵۰ افزایش یافت که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید، سایز دور کمر، فشار خون، درصد چربی بدن، وزن، BMI و افزایش معنی‌دار امتیاز Z حاصل از شاخص‌های سندروم متابولیک را مؤثر در افزایش عامل تغذیه کننده مشتق از مغز دانست. نتایج همبستگی پیرسون نیز رابطه‌ی منفی و معنی‌داری را بین کاهش تری‌گلیسرید، سایز دور کمر، فشار خون، درصد

باشد (۲۴). از طرفی بر مبنای غلظت انسولین، به نظر می‌رسد که آزمودنی‌های دارای سندروم متابولیک دارای سطوح BDNF سرمی بیشتر، هنوز در مراحل اولیه این ناهنجاری بوده‌اند و وضعیت سلامتی عمومی آن‌ها وخیم نبوده است (۲۴، ۲۶).

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق بابایی و همکاران همخوانی ندارد. بابایی و همکاران کاهش BDNF را پس از شش هفته تمرین هوازی با شدت متوسط را گزارش نمودند در حالی که در تحقیق حاضر ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط موجب افزایش سطح BDNF گردید. احتمالاً آزمودنی‌های بابایی و همکاران در مرحله ابتدایی سندروم متابولیک بودند و این عارضه به احتمال زیاد در تحقیق حاضر از نوع پیشرفته محسوب می‌گردد. با توجه به نقش استروژن در تنظیم بیان BDNF می‌توان تفاوت‌های جنسیتی و عدم تجربه عادت ماهانه به علت بالا بودن سن آزمودنی‌ها و حضور تمامی آن‌ها در دوره یائسگی که موجب کاهش سطح هورمون استروژن می‌گردد را از دلایل عدم همخوانی عنوان نمود (۲۷). علت دیگر کاهش BDNF را به افزایش پردازش سلولی (سنتز، ترشح، جذب و تجزیه) ربط داده شده است (۲۸).

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق سانگ و همکارانش (۲۰۱۴) همخوانی دارد. میزان کاهش وزن در تحقیق سانگ و همکاران از ۸۰/۲۰۰ به ۷۳/۰۶ BMI از ۲۷/۴۷ به ۲۴/۷۰ و چربی از ۳۱/۷۷ به ۲۵/۵۲ معنی‌دار بود. از دلایل افزایش میزان BDNF می‌توان به کاهش معنی‌داری وزن، BMI و چربی در هر دو تحقیق اشاره نمود.

ابوالفضل شایان و همکاران ۲۰۱۵ نیز بیان کردند ۵ هفته تمرین استقامتی با شدت ۷۰-۸۵ درصد از حداکثر ضربان قلب به مدت ۴۰ دقیقه روی پیست هر هفته ۳ روز موجب افزایش معنی‌دار BDNF دانشجویان پسر کم تحرک گردید. یافته‌های شایان و همکاران همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. زمان خونگیری در تحقیق حاضر و تحقیق ذکر شده چهار روز بعد از آخرین جلسه تمرین بود این خود نشان از افزایش سطوح استراحتی BDNF می‌باشد (۲۹).

در تحقیق حاضر امتیاز حافظه‌ی کوتاه‌مدت در گروهی

بازگشت BDNF به حالت اولیه در کمتر از یک ساعت و بالا بودن سطح BDNF خون در پس آزمون گروه سندروم متابولیکی تمرین کرده، نشان از افزایش سطوح استراحتی BDNF در تحقیق حاضر می‌باشد چرا که زمان خونگیری پس از ۴ روز از آخرین جلسه تمرینی انجام گرفت.

لازم به ذکر است که در ادبیات تحقیقی موجود در مورد تأثیر برنامه تمرین بر سطوح BDNF توافق قطعی وجود ندارد. برخی تحقیقات افزایش سطوح BDNF پلاسما (۱۶) و سرم (۱۷) به دنبال تمرین هوازی را گزارش کرده‌اند که با یافته‌های حاضر همخوانی دارد، در حالی که سایر مطالعات هیچ نوع تغییر معنی‌داری در سطوح BDNF را به دنبال تمرین هوازی (۱۸-۲۱) مشاهده نکردند. زولادز و همکاران (۲۲)، افزایش BDNF پلاسما را در جوانان را به دنبال پنج ماه تمرین هوازی گزارش کردند. اریکسون و همکاران (۱۳) با انجام یک کارآزمایی بالینی بزرگ بر روی افراد سالمند سالم بدون زوال عقل، هیچ نوع تغییر BDNF را به دنبال شش ماه تمرین هوازی مشاهده نکردند. استیفر و همکاران (۱۹) نیز هیچ نوع تغییر BDNF به دنبال تمرین هوازی و مقاومتی را در آزمودنی‌های سالم جوان مشاهده نکردند.

برچتولد و همکاران (۲۳) نیز گزارش کرده‌اند که ورزش روزانه (ورزش ارادی بر روی چرخ‌گردان) بعد از ۱۴ روز به افزایش چشمگیر سطوح BDNF منجر شد که این افزایش‌ها تا پایان دوره تمرین (۹۰ روز) ادامه داشت. به‌علاوه، بعد از هفت روز قطع تمرینات، مقدار آن نسبت به گروه کنترل بالا بود (۲۳). این اطلاعات حاکی از تأثیر تمرین بر افزایش سطوح BDNF مغز می‌باشد، با این حال با انجام حداقل چندین ماه، بیشترین فواید حاصل می‌شود.

در تحقیق بابایی و همکاران سطوح BDNF پایه در آزمودنی‌های مبتلا به سندروم متابولیک بالاتر از مقادیر پیش آزمون تحقیق حاضر می‌باشد که نتایج مشابه بابایی و همکاران در سایر مطالعات گذشته نیز گزارش شده است (۲۴-۲۶). در این راستا، سووا و همکاران (۲۰۰۶) پیشنهاد کرده‌اند که افزایش سطوح BDNF ممکن است بیانگر یک پاسخ جبرانی در مراحل اولیه سندروم متابولیک



پیشانی در پاسخ به افزایش BDNF سرمی، باشد (۳۱، ۳۲). در این راستا واین من و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان داده‌اند که تزریق آنتی‌بادی BDNF در هیپوکامپ تأثیر ورزش بر حافظه فضایی را مهار کرد (۳۲). مطالعات حیوانی نشان داده‌اند که ورزش داوطلبانه سبب افزایش BDNF در هیپوکامپ می‌شوند. در یک تحقیق در مورد موش‌ها برچتولد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که BDNF هیپوکامپ بلافاصله پس از ورزش افزایش یافت و این افزایش تا چندین هفته حفظ شد (۳۳). به علاوه بهبود عملکرد حافظه در تمرین ماز آبی به همراه افزایش در دسترس بودن BDNF در هیپوکامپ بود. در انسان‌ها ورزش حاد سبب افزایش BDNF سرم شد (۳۴). پیشنهاد شده است که سندروم متابولیک به نارسایی ظرفیت شناختی در سالمندی می‌انجامد و این فرآیند در افرادی با سطوح التهابی شدیدتر، بیشتر اتفاق می‌افتد (۳۵). در زنان سالمند کاهش BDNF پلاسما با عملکرد ضعیف در تکالیف شناختی چندگانه همراه بود (۳۶). بنابراین اثر BDNF بر عملکرد هیپوکامپ، یادگیری و شکل‌پذیری، آن را به عنوان یک واسطه مهم اثر ورزش بر شناخت و حافظه مطرح می‌کند. BDNF و IGF-1 به نظر می‌رسد که به طور هماهنگ واسطه اثرات ورزش بر مغز هستند. به علاوه سایر عوامل رشدی (VEGF و FGF-2) در اثرات مثبت ورزش در مغز نقش دارند (۳۷).

نتایج حاصله و قرارگیری آن‌ها در کنار هم موجب روشن شدن مکانیسم‌های تأثیر ورزش بر عملکرد حافظه می‌شود. با این تفسیر که کاهش معنی‌دار در میزان تری‌گلیسرید، سایز درور کمر، فشار خون، درصد چربی و افزایش امتیاز Z شاخص‌های سندروم متابولیک پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی مؤثر در افزایش معنی‌دار BDNF و در نتیجه مؤثر در بهبود حافظه‌ی کوتاه‌مدت می‌باشد. کاهش درصد چربی بدن پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی به احتمال زیاد موجب کاهش عوامل التهابی و افزایش BDNF می‌شود (۳). در خصوص میزان گلوکز نیز BDNF از طریق کاهش بیان ژن گلوکونوزونز موجب کاهش تولید گلوکز کبدی می‌گردد (۵). سطح BDNF خون ارتباط معکوس با

که ۱۲ هفته تمرین هوازی انجام داده بود روند افزایشی داشت هرچند کم ولی معنی‌دار بود. کریستین یافه و همکاران<sup>۲۰</sup> (۲۰۰۹) تأثیر سندروم متابولیک را بر عملکرد شناختی ۴۸۹۵ نفر زن را که میانگین سنی ۶۶ سال داشتند را مورد بررسی قرار داد از این تعداد ۴۹۷ نفر سندروم متابولیک داشتند که بعد از ۴ سال ۳۶ نفر=۷.۲٪ از افراد عملکرد شناختی‌یشان آسیب دید. درحالی‌که از ۴۳۹۸ نفر که سندروم متابولیکی نداشتند ۱۸۱ نفر=۴.۱٪ به آسیب شناختی مبتلا شدند. که این نشان دهنده احتمال بالا بودن کاهش عملکرد شناختی در افراد مبتلا به سندروم متابولیکی نسبت به افرادی که سندروم متابولیکی نداشتند می‌باشد (۳۰).

مارگریتا و همکاران<sup>۲۱</sup> (۲۰۱۰) کاهش عملکرد شناختی را در ارتباط با بیماری سندروم متابولیک ذکر کردند. با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار حجم مغز افراد مبتلا و افرادی که به سندروم متابولیک مبتلا نبودند مارگریتا و همکاران علت کاهش عملکرد شناختی را بالا بودن معنی‌دار hs-CRP افراد مبتلا به سندروم متابولیک ذکر کردند (۷). با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر در خصوص بهبود امتیاز Z در اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی و افزایش معنی‌دار سطح BDNF پلاسما می‌توان به این احتمال رسید که ۱۲ هفته تمرین هوازی به احتمال زیاد با افزایش BDNF، شکل‌پذیری نورونی نیز افزایش یافته است و این عامل نیز موجب بهبود عملکرد حافظه کوتاه مدت شده است. از آنجا که سندروم متابولیک و نارسایی چربی خون مربوط به آن منجر به رسوب پلاک‌های آمیلوئیدی بتا<sup>۲۲</sup> در مغز و بروز آلزایمر می‌شود و از طرفی ورزش می‌تواند با افزایش HDL در کاهش احتمال رسوب پلاک‌های آمیلوئیدی مؤثر واقع شود. بنابراین افزایش BDNF با کاهش اشتها، کاهش بروز تصلب شرائین، افزایش کاتابولیسم چربی، کاهش تشکیل پلاک‌های آمیلوئیدی موجب بهبود حافظه‌ی کوتاه‌مدت می‌گردد (۱۱).

بهبود عملکرد حافظه کوتاه‌مدت در آزمودنی‌های مبتلا به سندروم متابولیک در پاسخ به ۱۲ هفته تمرین هوازی ممکن است حاصل افزایش فعالیت لوب‌های گیج‌گاهی و

هفته تمرین هوازی انجام شد و این مدت تأثیر مثبت بر افزایش حافظه کوتاه مدت داشت. در خصوص عدم تأثیر شش هفته تمرین هوازی بر عملکرد حافظه در تحقیق بابایی و همکاران این احتمال وجود دارد که شاید مدت زمان انجام تمرین کم بود.

اریکسون و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود بهبود معنی دار عملکرد شناختی را پس از یک سال تمرین هوازی هر هفته سه بار تمرین با شدت متوسط را بیان کردند (۱۳). علت بهبود حافظه را افزایش معنی دار حجم مغز و BDNF بیان نمودند. نتایج تحقیق اریکسون و همکاران با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد بدین علت که بهبودی حافظه همچنان که در تحقیقات قبلی به تأثیرگذاری BDNF به افزایش نورونز و در نتیجه توسعه دندریت‌ها اشاره گردید (۳۸، ۳۹) می توان تأثیر BDNF بر حافظه را از طرق شکل پذیری نرونی عنوان کرد.

آناداهل و همکاران کاهش عملکرد شناختی را، در ارتباط با چاقی مزمن دانست و چاقی را علت افزایش التهاب و بیماری قلبی عروقی بیان نمودند که هر دوی التهاب و بیماری قلبی عروقی را از عوامل خطر برای آسیب شناختی و زوال عقل بیان کردند (۴۰). با توجه به نتایج تحقیق کاهش معنی دار درصد چربی بدن و عدم اختلاف گلوکز خون پس از آزمون با گلوکز معیار (۱۱۰) و وجود همبستگی منفی و معنی دار این دو با افزایش BDNF می توان علت افزایش حافظه‌ی کوتاه مدت را به افزایش BDNF ربط داد. با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت کاهش درصد چربی بدن، سطح گلوکز خون، سایز دور کمر، تری گلیسرید و فشار خون در ارتباط با افزایش سطوح BDNF خون می باشد و افزایش BDNF نیز در ارتباط با افزایش حافظه کوتاه مدت می باشد.

#### پی نوشت‌ها

1. high-density lipoprotein cholesterol
2. Adipocytokine
3. Cytokinesis
4. Interleukin 6
5. Brain-derived neurotrophic factor
6. Tumor necrosis factor alpha
7. Tanaka et al
8. Interleukin-1 beta

سطح گلوکز خون دارد (۶) مقدار گلوکز خون در تحقیق حاضر پس از ۱۲ هفته تمرین کاهش معنی داری را از خود نشان نداد. هر چند کاهش گلوکز معنی دار نبود ولی نتایج حاصل از آزمون آماری تی تک نمونه‌ای نشان از عدم تفاوت معنی داری مقدار گلوکز حاصله پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی با مقدار معیار می باشد. این نشان از این موضوع دارد که ۱۲ هفته تمرین هوازی در عدم تفاوت گلوکز پس از آزمون با گلوکز معیار مؤثر می باشد. میزان همبستگی گلوکز و BDNF در تحقیق حاضر منفی و معنی دار می باشد که نشان دهنده‌ی این است که با کاهش میزان گلوکز مقادیر BDNF افزایش می یابد. افزایش سطح BDNF احتمالاً موجب افزایش نوروپلاستیسیتی و نورونز می گردد (۳۸، ۳۹) که حاصل تغییرات ذکر شده، احتمالاً موجب بهبودی حافظه کوتاه گردیده است. و این احتمال وجود دارد که انجام منظم تمرینات هوازی با شدت متوسط و ادامه تمرینات به مدت یک الی دو سال موجب افزایش بیشتر سطوح BDNF گردد و این اتفاقات احتمالاً منجر به بهبود بیشتر عملکرد حافظه گردد.

بر اساس یافته‌های ریتی و لوئهر (۲۰۱۱)، تأثیر فعالیت بدنی بر ظرفیت شناختی در سطح سلولی و مولکولی سیستم عصبی مرکزی اتفاق می افتد. در واقع، ورزش با تسهیل دسترسی و فراهم آوری نروتروفین‌ها و ایجاد شکل پذیری سیناپسی و حتی تحریک نورونز، نقش ایفا می کند (۳۷). همچنین عقیده بر آن است که افزایش غلظت BDNF ناشی از ورزش، ممکن است که از طریق اثر آن بر سیستم عصبی مرکزی، باعث افزایش قابلیت یادگیری حرکتی در ورزشکاران شود.

علت عدم تأثیر ورزش بر عملکرد حافظه در تحقیق بابایی و همکاران شاید به این علت باشد که در ابتدای تحقیق اثرات منفی سندروم متابولیک بر عملکرد حافظه آزمودنی‌ها هنوز به مرحله بحرانی نرسیده بود. شاید بالا بودن سطح BDNF در مرحله پیش آزمون تحقیق بابایی و همکاران به نوعی پاسخ جبرانی در راستای مقابله با کاهش ظرفیت شناختی پیش آزمون افراد مبتلا به سندروم متابولیک باشد. و یا با توجه به اینکه در تحقیق حاضر ۱۲

- Research. 2010;88:1106-12.
9. Thomas SR CK, Keaney JF Jr. Hydrogen peroxide activates endothelial nitric-oxide synthase through coordinated phosphorylation and dephosphorylation via a phosphoinositide 3-kinase-dependent signaling pathway. *J Biol Chem.* 2002;277:6017-24.
  10. Sung Soo Lee, Jae Ho Yoo, Sung Kang, Jin Hee Woo, Ki Ok Shin, Kwi Beak Kim, et al. The Effects of 12 Weeks Regular Aerobic Exercise on Brain-derived Neurotrophic Factor and Inflammatory Factors in Juvenile Obesity and Type 2 Diabetes Mellitus. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(8):1199-204.
  11. Babaei P, damirchi A, Azali Alamdari K. Effects of Endurance Training and Detraining on Serum BDNF and Memory Performance in Middle Aged Males with Metabolic Syndrome. *IJEM.* 2013;15(2):132-42.
  12. Baker LD, Frank LL, Foster-Schubert K, Green PS, Wilkinson CW, McTiernan A, et al. Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Arch Neurol.* 2010;67(1):71-9.
  13. Erickson K I, Voss M W, Prakash R S, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2011;108(7):3017-22.
  14. Fujimura H, Altar CA, Chen R, Nakamura T, Nakahashi T, Kambayashi JI. Brain-derived neurotrophic factor is stored in human platelets and released by agonist stimulation. *Thrombosis and Haemostasis.* 2002;87:728-34.
  15. Ziegenhorn AA, Schulte-Herbra ggen O, Danker-Hopfe H, Malbranc M, Hartung HD, Anders D. Serum neurotrophins-A study on the time course and influencing factors in a large old age sample. *Neurobiology of aging.* 2007;28:1436-45.
  16. Zoladz JA, Pilc A. The effect of physical activity on the brain derived neurotrophic factor: from animal to human studies. *J Physiol Pharmacol.* 2010;61(5):533-41.
  17. Castellano V, White LJ. Serum brain-derived neurotrophic factor response to aerobic exercise in multiple sclerosis. *J Neurol Sci.* 2008;269(1-2):85-91.
  18. KI E, MW V, RS P, C B, A S, L C, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2011;108:3017-22.
  19. Schiffer T, Schulte S, Hollmann W, Bloch W, Stra der HK. Effects of strength and endurance training on brain-derived neurotrophic factor and insulin-like growth factor 1 in humans. *Hormone*
  9. Krabbe et al
  10. Thomas Seifert et al
  11. Sung et al
  12. Laura et al
  13. Erickson et al
  14. Adult treatment panel iii
  15. Inter-assay variation
  16. Intra-assay variation
  17. Digit span memory test
  18. Interclass coefficient correlation
  19. One sample T Test
  20. Kristine Yaffe
  21. Margherita
  22. plaques Amyloid Beta

## منابع

1. Osali A, Choobineh S, Soori R, Ravasi A. A, Mostafavi H. The Effect of three month aerobic exercise whit moderate intensity on IL-6, IL-10, and cognitive performance in 50-65 years old women with syndrome metabolic. *ZUMS.* 2017;25(110):1-12.
2. Osali A ,Eskandari M. The Effect of three months aerobic exercise with moderate intensity on serum BDNF and TNF- $\alpha$  in women with metabolic syndrome MUMS. 2016;59(4):242-51.
3. Tanaka S, Ide M, Shibutani T, Ohtaki H, Numazawa S, Shioda S, et al. Lipopolysaccharide-induced microglial activation induces learning and memory deficits without neuronal cell death. *J Neurosci Res.* 2006;83:557-66.
4. Kasapis C, Thompson PD. The Effects of Physical Activity on Serum C-Reactive Protein and Inflammatory Markers. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45(10):1563-15639.
5. Meek TH, Wisse BE, Thaler JP, Guyenet SJ, Matsen ME, Fischer JD, et al. BDNF action in the brain attenuates diabetic hyperglycemia via insulin-independent inhibition of hepatic glucose production. *Diabetes.* 2013;62(5):1512.A-
6. Krabbe KS, Nielsen AR, Krogh-Madsen R, Plomgaard P, Rasmussen P, Erikstrup C, et al. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and type 2 diabetes. *Diabetologia.* 2007;50(2):431-8.
7. Cavalieri M, Ropele S, Petrovic K, Pluta-Fuerst A, Homayoon N, Enzinger C, et al. Metabolic syndrome, brain magnetic resonance imaging, and cognition. *Diabetes Care.* 2010;33(12):2489-95.
8. Patanella AK, Zinno M, Quaranta D, Nociti V, Frisullo G, Gainotti G, et al. Correlations Between Peripheral Blood Mononuclear Cell Production of BDNF, TNF-alpha, IL-6, IL-10 and Cognitive Performances in Multiple Sclerosis Patients. *Journal of Neuroscience*

- 2015;6(4):433-52.
30. Yaffe K, Weston AL, Blackwell T, Krueger KA. The Metabolic Syndrome and Development of Cognitive Impairment among Older Women. *Arch Neurol*. 2009;66:324-8.
  31. Etnier JL, Chang YK. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. *J Sport Exerc Psychol*. 20۰۸۳-۴۶۹:(۴)۳۱;۰۹
  32. Vaynman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F. Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *Eur J Neurosci*. 2004;20(10):2580-90.
  33. Berchtold NC, Castello N, Cotman CW. Exercise and time-dependent benefits to learning and memory. *Neuroscience*. 2010;167(3):588-97.
  34. 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.
  35. Yaffe K, Kanaya A, Lindquist K, Simonsick EM, Harris T, Shorr RI, et al. The metabolic syndrome, inflammation, and risk of cognitive decline. *JAMA*. 2004;292(18):2237-42.
  36. Komulainen P PM, Hänninen T, Bruunsgaard H, Lakka TA, Kivipelto M, et al. . BDNF is a novel marker of cognitive function in ageing women. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2008;90:596-603.
  37. Ratey JJ, Loehr JE. The positive impact of physical activity on cognition during adulthood: a review of underlying mechanisms, evidence and recommendations. *Rev Neurosci*. 2011;22(2):171-85.
  38. Ramee Lee, Pouneh Kermani, Kenneth K. Teng, Barbara L. Hempstead. Regulation of cell survival by secreted proneurotrophins. *Science*. 2001;294(5548):1945-8.
  39. Pencea V, Bingaman KD, Wiegand SJ, Luskin MB. Infusion of brain-derived neurotrophic factor into the lateral ventricle of the adult rat leads to new neurons in the parenchyma of the striatum, septum, thalamus, and hypothalamus. *J Neurosci*. 2001;21:6706-17.
  40. Anna Dahl, Linda B. Hassing, Eleonor Fransson, Stig Berg, Margaret Gatz, Chandra A. Reynolds, et al. Being Overweight in Midlife Is Associated With Lower Cognitive Ability and Steeper Cognitive Decline in Late Life. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010;65:57-62.
  - and metabolic research. 2009;41:250-4.
  20. Goekint M, Roelands B, De Pauw K, Knaepen K, Bos I, Meeusen R. Does a period of detraining cause a decrease in serum brain-derived neurotrophic factor? *Neuroscience letters*. 2010;486:146-9.
  21. Griffin ÉW, Mullally S, Foley C, Warmington SA, O'Mara SM, Kelly ÁM. Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. *Physiology & behavior*. 2011;104:934-41.
  22. Zoladz JA, Pilc A, Majerczak J, Grandys M, Zapart-Bukowska J, Duda K. Endurance training increases plasma brain-derived neurotrophic factor concentration in young healthy men. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 2008;59:119-32.
  23. Berchtold NC, Chinn G, Chou M, Kesslak JP, Cotman CW. Exercise primes a molecular memory for brain-derived neurotrophic factor protein induction in the rat hippocampus. *Neuroscience*. 2005;133:853-61.
  24. Suwa M, Kishimoto H, Nofuji Y, Nakano H, Sasaki H, Radak Z. Serum brain-derived neurotrophic factor level is increased and associated with obesity in newly diagnosed female patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism: Clinical and Experimental*. 2006;55:852-7.
  25. Sérgio Gomes da Silva, Priscila Santos Rodrigues Simões, Renato Arruda Mortara, Fulvio Alexandre Scorza, Esper Abrão Cavalheiro, Maria da Graça Naffah-Mazzacoratti, et al. Exercise-induced hippocampal anti-inflammatory response in aged rats. *Neuroinflammation*. 2013;10:61.
  26. Levinger Itamar. The effects of resistance training on individuals with clusters of metabolic risk factors: focus on functional capacities, clinical outcomes and quality of life PhD thesis, Victoria University. 2008.
  27. Sohrabji F, Miranda R C, Toran-Allerand C D. Identification of a putative estrogen response element in the gene encoding brain-derived neurotrophic factor. *Proc Natl Acad Sci*. 1995;92(24):11110-4.
  28. Ramsbottom R, Currie J, Gilder M. Relationships between components of physical activity, cardiorespiratory fitness, cardiac autonomic health, and brain-derived neurotrophic factor. *Journal of sports sciences*. 2010;28:843-9.
  29. Abolfazl shayan, Fazlolah Bagherzadeh, mehdi shahbazi, siroos choobineh. The Effect of Two Types of Exercise (Endurance and Resistance) on Attention and Brain Derived Neurotrophic Factor Levels in Sedentary Students. *JDML*.