بررسی اثر دو مدل تمرین تناوبی شدید بر سطوح عامل نوروتروفیک مشتق از مغز و ترکیب بدنی در زنان دارای کمبود ویتامین D

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۸

الهام علی‌درزی[۱]، بابی‌سان عسکری [۲*]،معصومه حبیبان[۳]

۱. کارشناس ارشد، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران ۲. استادیار، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران ۳. دانشیار، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: کمبود ویتامین D و چاقی بسیار رایج است و ارتباط تنگاتنگی با بروز تغییرات ساختاری و عملکردی در مغز دارند. بنابراین، شناسایی شیوه‌های کارآمد سبک زندگی برای افزایش سلامت سیستم عصبی مهم است. در این مطالعه به مقایسه تأثیر دو مدل تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر سطوح عامل نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF) و ترکیب بدنی در زنان دارای کمبود ویتامین D پرداخته شد.

روش کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۹ زن اضافه‌وزن دارای کمبود ویتامین D، پس از نمونه‌گیری در دسترس، بطور تصادفی در گروه‌های کنترل، HIIT مقاومتی و HIIT دویدن قرار گرفتند. HIIT مقاومتی شامل سه ست با شدت ۸۰٪ یک تکرار بیشینه و استراحت ۲/۵ دقیقه‌ای بین ست‌ها بود. HIIT دویدن در ۱۲ مرحله یک دقیقه‌ای با شدت ۸۰-۹۰٪ ضربان قلب حداکثر با یک دقیقه استراحت فعال انجام شد. تمرینات طی ۸ هفته و ۳ بار در هفته انجام گرفت. نمونه‌های خونی قبل و بعد از ۸ هفته تمرین گرفته شد. داده‌ها از طریق آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، کروسکال والیس و تی‌زوجی تحلیل شدند ($p<۰/۰۵$).

یافته‌ها: ۸ هفته تمرینات منجر به افزایش معنادار در سطوح سرمی BDNF و کاهش معنادار وزن و درصد چربی بدن در گروه‌های تجربی شد ($p<۰/۰۰۱$). هم‌چنین تفاوت معناداری بین درصد تغییرات میانگین‌های BDNF بین گروه‌های تجربی مشاهده شد ($p<۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد هر دو نوع HIIT مقاومتی و HIIT دویدن می‌تواند منجر به بهبود سلامت سیستم عصبی مرکزی در زنان دارای اضافه وزن با کمبود ویتامین D از طریق افزایش سطوح BDNF شود، اما HIIT دویدن با اثرات قوی‌تری در مقایسه با HIIT مقاومتی همراه بود.

کلیدواژه‌ها: تمرین تناوبی شدید، عامل رشد مشتق شده از مغز، کمبود ویتامین D، اضافه وزن

* **نویسنده مسئول:** استادیار، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

ایمیل: babisan.askari@gmail.com **تلفن:** ۰۹۱۱۱۵۶۴۲۳۸ **نمابر:** ۰۱۱۴۲۱۵۵۱۱۷

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

مقدمه

چاقی به عنوان یک مشکل عمده سلامت در سراسر جهان، به‌ویژه در دوران جوانی شناخته‌شده است (۱، ۲). از سوی دیگر کمبود ویتامین D یک مشکل بهداشتی برجسته است که معمولاً با چاقی همراه است و درواقع به‌عنوان یک اثر چاقی محسوب می‌شود (۳). هر چند ارتباط بین نقص ویتامین D و چاقی با بیماری‌های مرتبط با آن در مطالعات متعدد عنوان‌شده است، اما وجود یک رابطه علی و معلولی بین نقص ویتامین D و چاقی هنوز نامشخص مانده است (۲). بافت چربی متابولیسم فعالی دارد و بواسطه عملکرد غدد درون‌ریزی خود قادر به کنترل تعادل انرژی و هموستازی از طریق سایتوکاین‌های پیش و ضد التهابی مشتق شده از سلول های چربی است. افزایش آدیپوکاین‌های پیش التهابی نیز سبب التهاب سیستمیک و اختلالات مرتبط با چاقی می گردد (۴). در ابتدا نقش ویتامین D در هموستاز کلسیم و سلامت استخوان شناخته شد (۵). ۲۵-هیدروکسی ویتامین D شکل مهم گردش سرمی و ذخیره‌سازی ویتامین D می‌باشد که بهترین نشانگر برای اندازه‌گیری وضعیت ویتامین D در کل بدن محسوب می‌شود و سطوح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D کمتر از ۲۰ نانوگرم/ میلی‌لیتر، به عنوان کمبود ویتامین D در نظر گرفته می‌شود (۶).

چاقی با تغییرات ساختاری و عملکردی در مغز مرتبط است و مکانیسم‌های بالقوه در این تغییرات شامل التهاب و تغییرات عروقی و متابولیک هستند (۷). عامل نوروتروفیک مشتق از مغز Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) یک نشانگر قابل اعتماد عملکرد مغز است و نقش کلیدی در حفظ یا بهبود عملکردهای متعدد مغزی دارد (۸). این نوروتروفین به عنوان یک محافظ عصبی از طریق مکانیسم افزایش نوروژنز، بقای عصبی، رشد آکسون، رشد دندریتیک، شکل‌پذیری سیناپسی، رشد نورون‌ها و نگهداری در نورون‌های سیستم عصبی مرکزی عمل می‌کند (۹). به طور عمده BDNF در نورون‌ها سنتز می‌شود و در فرآیندهای شناختی و فیزیولوژیکی مانند هموستاز گلوکز و متابولیسم لیپیدی نقش مهمی دارد (۸). به دلیل داشتن فعالیت نوروتروفیکی و دخالت فرآیندهای التهاب، متابولیسم و بیماری‌های قلبی عروقی، نقش مؤثری در تعاملات تنگاتنگ سه گانه بین مغز، سیستم ایمنی و بافت چربی که در ترویج بیماری‌های قلبی متابولیک دخالت دارند، ایفا می‌کند (۱۰). چاقی می‌تواند سطح سرمی BDNF را کاهش دهد و باعث اختلال در عملکرد سد خونی مغزی شود (۱۱). در حالی‌که برخی از محققین به ارتباط BDNF با پاتوفیزیولوژی چاقی و سندرم متابولیک و همچنین سطوح پایین‌تر آن در شرایط چاقی اشاره داشتند (۱۰، ۱۲) اما نتایج متاآنالیز انجام شده توسط Sandrini و همکاران نشان داد که چاقی با کاهش سطح BDNF در گردش همراه نیست (۱۰). از طرفی گیرنده‌های ویتامین D در نواحی مختلف مغز مانند قشر جلوی مغز، هیپوکامپ، تالاموس و هیپوتالاموس وجود دارند و ویتامین D ممکن است از ساختار و یکپارچگی نورون‌ها از طریق مسیرهای سم‌زدایی و سنتز نوروتروفین محافظت کند (۱۳). شواهد حاکی از ارتباط ویتامین D و سطوح BDNF با چاقی، کاهش سطوح آن در شرایط چاقی و همچنین کمبود ویتامین D می‌باشد (۱۴، ۱۵). قابل توجه است که سطوح پایین BDNF در گردش با چندین اختلال عصبی مرکزی مانند افسردگی، روان‌پریشی و اختلال شناختی مرتبط است و کمبود BDNF یک عامل خطر برای چاقی به شمار می‌رود (۱۶، ۱۷).

سبک زندگی فعال بر عملکرد مغز تأثیر مثبتی دارد. فعالیت ورزشی برای سلامت و عملکرد بدن مفید است و می‌تواند کارایی فرآیندهای انرژی، افزایش توده عضلانی و هماهنگی عصبی عضلانی، عملکرد مغز را بهبود بخشد (۱۸). به نظر می‌رسد فعالیت ورزش رونویسی mRNA و متعاقباً سطح BDNF را افزایش می‌دهد. بنابراین افزایش آمادگی جسمانی با بهبود سنتز و ترشح BDNF و کاهش چاقی همراه است. با این حال، اهمیت آمادگی جسمانی برای ارتباط BDNF با چاقی بررسی به خوبی مشخص نیست (۱۷). علی‌رغم این که فعالیت ورزشی نقش اصلی در مدیریت و درمان بیماری‌های متابولیک رایج ایفا می‌کند، اما در جامعه مدرن موانع زیادی، برای انجام ورزش ایجاد می‌شود. در طول دهه گذشته، علاقه قابل توجهی در مورد تمرینات تناوبی شدید وجود داشته است، برخی معتقدند که این نوع تمرینات می‌تواند مزایای سلامتی مشابه، اما نه بیشتر از فعالیت ورزش مداوم با شدت متوسط تا شدت زیاد، علیرغم صرف زمان کمتر، القا کند (۱۹). به نظر می‌رسد که تمرینات تناوبی شدید (HIIT) علاوه بر کاهش چربی بدن و افزایش

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

تناسب اندام هوازی، وسیله‌ای کارآمد برای کاهش وزن و بهبود ظرفیت اکسیداسیون در شرایط اضافه وزنی محسوب می‌شود (۲۰).

افزایش مداوم بیماری متابولیک و کاهش فعالیت بدنی یک چالش بهداشت جهانی است و درمان‌های مؤثر فوری مورد نیاز است. با تأیید ایمنی و بی‌خطر بودن تمرینات تناوبی شدید، تمرکز افراد سالم به سمت استفاده از این نوع تمرینات در جمعیت‌های بالینی تغییر کرده است (۱۹). با این وجود در مورد تأثیرات این نوع تمرینات بر سطح BDNF تحقیقات ناهمسویی مشاهده شد (۱۵، ۱۶). بر این اساس، پیشنهاد شد که HIIT جایگزین مفیدی در مقایسه با تمرینات استقامتی سنتی برای ارتقای سلامتی است. با این حال، جوانان و به‌ویژه آنهایی که اضافه وزن دارند، در انجام فعالیت‌های طولانی مدت استقامتی مشکل دارند و شاید علاقه چندانی ندارند. آنها به راحتی به تمرینات متناوب با حجم کم و کارآمدتر با شدت بالا پایبند هستند (۲۱). لذا در مطالعه به بررسی اثر دو مدل تمرینات تناوبی شدید بر سطوح BDNF و ترکیب بدنی در زنان اضافه وزن با کمبود ویتامین D پرداخته شد و فرضیه کاری پژوهش حاضر این بود که انواع مداخله‌های HIIT در بهبود سطوح BDNF و ترکیب بدنی این افراد مؤثر است.

روش کار

پژوهش حاضر یک مطالعه نیمه تجربی و بر اساس میزان نظارت و درجه کنترل، از نوع تحقیقات آزمایشگاهی است. جامعه آماری این پژوهش شامل زنان جوان غیرفعال دارای اضافه وزن (توده بدن بین ۲۵– ۲۹) و با دامنه سنی ۲۳ تا ۲۹ سال بوده است که در هیچ برنامه ورزشی منظم حداقل در ۶ ماه قبل از شروع پژوهش شرکت نکرده و تنها فعالیت‌های روزمره خود را انجام می‌دادند. از این بین، ۳۹ داوطلب به طور دسترس و هدفمند انتخاب و پس از احراز شرایط لازم برای ورود و تکمیل رضایت‌نامه کتبی، به صورت تصادفی در سه گروه کنترل، تمرین دویدن تناوبی و تمرین مقاومتی تناوبی قرار گرفتند (۱۳ نفر در هر گروه).

شرایط ورود به مطالعه برای آزمودنی‌ها، دارا بودن شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۲۹ کیلوگرم/مترمربع، سطوح ۲۵– هیدروکسی ویتامین D پایین‌تر از ۲۰ نانوگرم/میلی لیتر، عدم شرکت در تمرینات منظم ورزشی طی ۶ ماه گذشته، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی، فشارخون و بیماری‌های التهابی، در نظر گرفته شد. همچنین استفاده از هر گونه داروی خاص یا مکمل ویتامین D، بارداری و همچنین عدم مشارکت در دو جلسه تمرین ورزشی و استعمال سیگار از جمله معیارهای خروج از مطالعه بودند. بعلاوه آنان مجاز بودند که در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری از تحقیق خارج شوند و براساس این معیارها، هیچ آزمودنی در طول مطالعه کنار گذاشته نشد.

قد آزمودنی‌ها با استفاده از استادیومتر ساخت کشور ژاپن، و وزن بدن با ترازوی الکترونیکی دیجیتال سکا، ساخت کشور آلمان (با حساسیت ۰/۱ کیلوگرم) اندازه‌گیری شد شاخص توده بدن (BMI) با محاسبه وزن بدن (کیلوگرم) تقسیم بر قد بر حسب متر مربع تعیین شد. درصد چربی بدن با استفاده از کالیپر یاگامی ساخت کشور ژاپن (با دقت یک میلی‌متر) و از طریق اندازه‌گیری ضخامت چربی زیر جلدی به روش سه نقطه‌ای (در سه ناحیه سه سربازویی، فوق خاصره و ران) جکسون و پولاک (۱۹۸۰) انجام شد. میانگین سه بار اندازه‌گیری از سمت راست بدن آزمودنی‌ها ثبت شد و با استفاده از فرمول سیری درصد چربی بدن تعین شد:

(سن)۰/۰۰۰۱۳۹۲–(مجموع سه چین پوستی)^{۲} +(مجموع سه چین پوستی)۰/۰۰۰۹۹۲۹–۱/۰۹۹۴۹۲= چگالی بدن

۱۰۰×(۴/۵–چگالی بدن/۴/۹۵)= درصدچربی بدن

پروتکل‌های تمرینی، طی ۳ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفته در سه بخش گرم کردن، تمرینات تناوبی شدید و ۵ دقیقه سرد کردن انجام شد. تمرین مقاومتی تناوبی شدید در سه ست با حرکات تمرینی شامل پرس پا برای پایین تنه، پرس سینه برای عضلات سینه، زیر بغل سیم کش برای عضلات پشت، پرس نظامی برای عضلات شانه، جلو بازو برعکس برای عضلات بازو و پلاتگ بود. هر ست ابتدا با ۶ تکرار در شدت ۸۰٪ یک تکرار بیشینه و یک استراحت ۲۰ ثانیه‌ای انجام می‌شد که با لیفت همان وزنه و استراحت ۲۰ ثانیه‌ای دیگر، تا رسیدن به واماندگی (به طور معمول ۲ یا ۳ تکرار) ادامه می‌یافت. سپس آزمودنی‌ها پس از استراحت ۲/۵ دقیقه‌ای ست‌های بعدی را انجام می‌دادند (۲۲). لود یا بار تمرینی هر آزمودنی براساس آزمون اولیه ۵ تکرار بیشینه (5RM) قبل و همچنین طول دوره تمرینی، هر دو هفته مجددا تعیین می‌شد. تمرین دویدن تناوبی شدید در هر جلسه شامل سه دقیقه گرم و سرد کردن با شدت ۵۰٪ ضربان قلب حداکثر و تمرینات اصلی بود که با شدت ۸۰٪

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

ضربان قلب حداکثر و ۶ تکرار در هفته اول انجام شد و با افزایش تدریجی ۵٪ به شدت تمرین، ۳ تکرار طی هر دو هفته، به شدت ۹۰٪ ضربان قلب حداکثر با ۱۲ تکرار در هفته پنجم رسید و تا هفته هشتم ادامه یافت (۲۳). در طول تمرینات ضربان قلب با استفاده از ضربان‌سنج پولار کنترل می‌شد و حداکثر ضربان قلب آزمودنی‌ها با استفاده از رابطه (سن − ۲۲۰) تعیین گردید. گروه کنترل هم به فعالیت‌های عادی خود ادامه دادند.

سطوح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با کیت تجاری شرکت پادتن گستر ایثار کشور ایران و روش الایزا در وضعیت پایه تعیین شد. همچنین قبل و بعد از ۸ هفته تمرین، سطوح سرمی BDNF به روش الایزا با استفاده از کیت تجاری BDNF (Human Brain Derived Neurotrophic Factor(BDNF) ELISA Kit) ساخت شرکت زلبایو (ZelBio GmbH) کشور آلمان با حساسیت ۱۸/۷ پیکوگرم/میلی‌لیتر سنجش شد. نمونه خون تمامی آزمودنی‌ها در وضعیت ۱۲ ساعت ناشتایی، از رگ بازویی قدامی به میزان ۵ سی‌سی گرفته شد. داده‌های آماری جمع‌آوری شده به کمک نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ تجزیه‌وتحلیل شدند. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها و تأیید تجانس واریانس‌ها به ترتیب از آزمون شاپیرو ویلک و لوین استفاده شد. تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی متغیرها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های t زوجی و تحلیل واریانس یک راهه و یا آزمون کروسکال والیس و یو من ویتنی (مقایسه دوبه‌دو) برای داده‌های غیرطبیعی در سطح معناداری $p<۰/۰۵$ تعیین شد.

نتایج

میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های ترکیب بدنی و سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D آزمودنی‌های گروه‌های تحقیق در پیش‌آزمون، در جدول ۱ ارائه‌شده است. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها در پیش‌آزمون و تجانس واریانس‌ها، از آزمون نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه تغییرات بین گروهی متغیرهای تحقیق استفاده شد و نتایج حاکی از عدم اختلاف آماری معنی‌دار، در میانگین‌های این متغیرها در پیش‌آزمون بوده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های ترکیب بدنی و سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D در گروه‌های تحقیق

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم/ مترمربع)	درصد چربی بدن	۲۵-هیدروکسی ویتامین D (نانوگرم/میلی‌لیتر)
کنترل	۲۶/۱۵±۱/۹۵	۱۶۷/۹۲±۴/۵۹	۷۶/۲۳±۵/۰۳	۲۷/۰۲±۱/۰۲	۳۲/۶۹±۱/۳۸	۱۴/۵۹±۴/۰۴
تمرین مقاومتی تناوبی شدید	۲۵/۶۹±۱/۸۹	۱۶۵/۳۱±۶/۴۷	۷۵/۳۱±۷/۵۹	۲۷/۴۹±۱/۱۵	۳۳/۶۱±۱/۵۰	۱۵/۳۱±۳/۴۵
تمرین دویدن تناوبی شدید	۲۵/۹۲±۱/۹۸	۱۶۳/۶۲±۴/۵۵	۷۵/۳۲±۴/۹۸	۲۸/۱۲±۱/۱۴	۳۳/۸۴±۱/۰۷	۱۵/۰۸±۳/۷۶
ارزش F	۰/۱۸۴	۱/۶۵۰	۰/۱۰۱	۳/۲۶۳	۲/۷۴۶	۰/۱۲۴
P-value	۰/۸۳۳	۰/۱۹۰	۰/۹۰۴	۰/۰۵۶	۰/۰۷۸	۰/۸۸۳

همچنین ارزش F محاسبه شده در پیش‌آزمون بیانگر عدم تفاوت معنادار بین سطوح سرمی BDNF (F=۰/۷۱۷، p>۰/۰۵)، بین گروه‌های تحقیق در مرحله پیش‌آزمون بوده است. نتایج تغییرات درون‌گروهی نشان داد که ۸ هفته تمرینات مختلف تناوبی شدید با افزایش معنادار سطوح BDNF، و همچنین کاهش معنادار وزن و درصد چربی بدن همراه بود (جدول ۲). علاوه بر این نتایج مقایسه بین گروهی نشان داد که تغییرات سطوح سرمی BDNF، وزن بدن و درصد چربی بدن در هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بوده است (p<۰/۰۰۱). درحالی‌که تأثیر تمرینات دویدن تناوبی شدید با تغییرات بیشتری در مقایسه با تمرین مقاومتی تناوبی شدید در افزایش سطح BDNF (p<۰/۰۰۱) همراه بوده است (نمودار ۱) اما تفاوتی بین تأثیر هر دو نوع تمرین بر تغییرات وزن بدن و درصد چربی مشاهده نشد (جدول ۳).

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

جدول ۲. تغییرات درون و بین گروهی متغیرهای تحقیق گروه‌های تحقیق

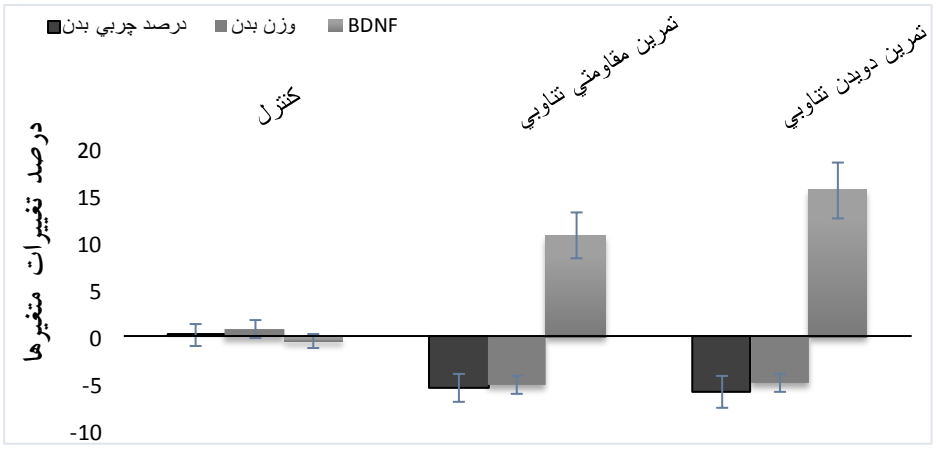
متغیر	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	P-value*	**
درصد چربی بدن	کنترل	۳۲/۶۹±۱/۳۸	۳۲/۶۱±۱/۴۶	٪ ۰/۲۴±۰/۸۴	۰/۳۴۴	χ^2=۲۶/۱۴۴ p<۰/۰۰۱
	تمرین مقاومتی تناوبی شدید	۳۳/۶۱±۱/۵۰	۳۱/۷۷±۱/۲۳	٪ −۵/۴۶±۱/۵۵	<۰/۰۰۱	
	تمرین دویدن تناوبی شدید	۳۳/۸۴±۱/۰۷	۳۱/۸۵±۰/۹۹	٪ −۵/۸۹±۱/۶۲	<۰/۰۰۱	
وزن بدن (کیلوگرم)	کنترل	۷۶/۲۳±۵/۰۳	۷۶/۹۲±۵/۰۴	٪ ۰/۹۱±۰/۴۹	<۰/۰۰۱	χ^2=۲۵/۹۷۳ p<۰/۰۰۱
	تمرین مقاومتی تناوبی شدید	۷۵/۳۱±۷/۵۹	۷۱/۳۷±۷/۰۵	٪ −۵/۲۱±۰/۴۹	<۰/۰۰۱	
	تمرین دویدن تناوبی شدید	۷۵/۳۲±۴/۹۸	۷۱/۶۱±۵/۰۶	٪ −۴/۹۴±۰/۹۱	<۰/۰۰۱	
BDNF (نانوگرم/ میلی‌لیتر)	کنترل	۲۰/۵۷±۲/۳۳	۲۰/۴۸±۲/۲۹	٪ −۰/۴۲±۰/۸۴	۰/۰۸۲	χ^2=۳۱/۰۱۶ p<۰/۰۰۱
	تمرین مقاومتی تناوبی شدید	۲۱/۵۸±۱/۶۶	۲۳/۹۳±۱/۹۲	٪ ۱۰/۸۷±۲/۵۱	<۰/۰۰۱	
	تمرین دویدن تناوبی شدید	۲۰/۸۰±۲/۶۸	۲۴/۰۴±۲/۸۱	٪ ۱۵/۸۰±۲/۹۷	<۰/۰۰۱	

*: ارزش P حاصل از آزمون t زوجی؛ **: نتایج حاصل آزمون کروسکال والیس

جدول ۳. مقایسه دوبه‌دو درصد تغییرات متغیرهای پژوهش

مقایسه گروه‌ها		درصد چربی بدن	وزن بدن	BDNF
تمرین مقاومتی تناوبی شدید	کنترل	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱
تمرین دویدن تناوبی شدید	کنترل	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱
تمرین مقاومتی تناوبی شدید	تمرین دویدن تناوبی شدید	p>۰/۲۸۴	p>۰/۲۴۸	p<۰/۰۰۱

ارزش p حاصل از آزمون من ویتنی



نمودار ۱: مقایسه درصد تغییرات متغیرهای تحقیق

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

بحث

نتایج تحقیق حاضر که به‌منظور بررسی و مقایسه تأثیر دو نوع مختلف از تمرین تناوبی شدید بر سطوح BDNF و ترکیب بدن در زنان دارای اضافه‌وزن با کمبود ویتامین D انجام‌شده بود، نشان داد که سطوح BDNF آزمودنی‌ها متعاقب هر دو مداخله تمرین مقاومتی تناوبی شدید و یا دویدن تناوبی شدید، افزایش معناداری یافته بوده است. موافق با نتایج تحقیق مزارعی زاده و همکاران افزایش سطوح BDNF همراه با کاهش وزن و شاخص توده بدن پس از ۸ هفته تمرینات با شدت ۵۰ تا ۱۰۰٪ توان هوازی ذخیره همراه با استراحت فعال در زنان میانسال چاق غیرفعال گزارش دادند (۲۴). همچنین محققین دیگر نیز افزایش سطوح BDNF، حتی پس از دو هفته تمرینات تناوبی سرعتی شامل پیمودن ۳۵ متر با سرعت بیشینه در ۶ تکرار و ۱۰ ثانیه استراحت بین مرحله‌ها، در زنان غیرفعال دارای اضافه‌وزن و یا به دنبال هشت هفته تمرین تناوبی شدید در مردان میانسال دارای اضافه‌وزن مشاهده کردند (۲۵، ۲۶). بعلاوه مطالعات قبلی نشان دادند غلظت BDNF می‌تواند متأثر از اجزای مختلف تمرین مانند نوع، شدت و مدت‌زمانی باشد و تمرینات مقاومتی و استقامتی منظم، منجر به افزایش غلظت BDNFسرمی در حالت پایه می‌شود (۲۷). بااین‌وجود برخی محققین عدم تغییر یا کاهش غلظت استراحتی BDNF به دنبال یک مداخله ۹ هفته‌ای از چهار نوع مختلف از تمرینات شدید (عملکردی، تناوبی، قدرتی و استقامتی) در مردان سالم دارای فعالیت‌های تفریحی مشاهده نمودند که علت این مغایرت ممکن است به داشتن فعالیت جسمانی بالاتر آزمودنی‌ها مربوط شود (۱۸). اگرچه، درک قوی از مکانیسم مولکولی تأثیر تمرینات ورزشی بر تولید BDNF هنوز وجود ندارد. اما در نتایج حاصل از یک مطالعه متا آنالیز نشان داده شده است که تمرینات تناوبی شدید باعث افزایش متوسط در غلظت BDNF سرم و پلاسما در یک جمعیت جوان سالم می‌شود (۲۸). به دنبال تمرینات تناوبی شدید، فعالیت عصبی در قشر جلوی مغز افزایش می‌یابد (۲۹). لاکتات جریان کلسیم را در نورون‌های مرکزی (مغز) افزایش می‌دهد. نورون‌ها می‌توانند از لاکتات تولید شده برای برآوردن نیازهای انرژی افزایش یافته استفاده کنند. همچنین لاکتات به عنوان یک مولکول سیگنالینگ در درون نورون‌ها بیان BDNF برای افزایش می‌دهد (۲۸، ۲۹). افزایش فعالیت گیرنده NMDA[1] در حضور لاکتات؛ منجر به افزایش سطوح یون کلسیم عصبی و رونویسی بیشتر BDNF می‌شود. به عبارت دیگر تمرین مداوم به‌واسطه افزایش سطح یون کلسیم داخل سلولی در نورون‌ها، فعالیت کیناز II وابسته به کالمودولین (CaMKII) را افزایش می‌دهد و باعث فعال شدن سیگنالینگ آبشاری MAPK/ERK/MSK و در نتیجه افزایش سنتز و انتشار BDNF می‌شود (۸). بعلاوه پلاکت‌ها به‌عنوان منبع ذخیره BDNF عمل می‌کنند و شواهد حاکی از آن است که تمرین تناوبی شدید مزمن، ظرفیت پلاکت‌ها را برای آزادسازی BDNF و افزایش سطوح سرمی آن را بهبود می‌بخشد (۲۸). همچنین به نظر می‌رسد کاهش وزن و درصد چربی بدن متعاقب هر دو مداخله تمرین تناوبی شدید می‌تواند از جمله مکانیسم‌های احتمالی دیگر تأثیر این مداخله‌ها بر تنظیم مثبت سطوح سرمی BDNF محسوب شود. موافق با یافته‌های تحقیق، سایر محققین نیز نشان دادند که ۸ هفته تمرین تناوبی شدید و یا ۱۶ هفته تمرین دویدن تناوبی شدید مشابه با پروتکل تحقیق حاضر منجر به کاهش درصد چربی و وزن بدن به ترتیب در افراد جوان با شاخص توده بدنی (۳۰-۳۵) و یا افراد میانسال چاق شد (۲۲، ۲۳). همچنین کاهش درصد چربی و وزن بدن پس از ۶ هفته تمرینات تناوبی شدید با دو برنامه تمرینی تناوبی شدید مختلف شامل ۴ مرحله فعالیت یک دقیقه‌ای با حداکثر شدت همراه با ۴ دقیقه استراحت غیرفعال و یا ۴ مرحله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با حداکثر شدت همراه با ۲ دقیقه استراحت غیرفعال، و یا متعاقب ۸ هفته پروتکل تمرینی شامل دو ست از دویدن‌های ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۰۰ تا ۱۱۰٪ سرعت هوازی حداکثر در مردان جوان دارای اضافه وزن مشاهده شده است (۳۰، ۲۱). در مطالعات قبلی نیز ارتباط معکوس شاخص توده بدنی با سطوح سرمی BDNF در زنان و مردان تائید شده است (۳۱، ۳۲).

همبستگی مثبت بین مغز و BDNF در گردش نشان می‌دهد که سطوح BDNF در خون منعکس‌کننده سطوحی است که در سیستم عصبی مرکزی (CNS) رخ می‌دهد (۳۳). از سویی التهاب سیستمیک خفیف در شرایط چاقی وجود دارد و BDNF در پاتوبیولوژی آن دخیل است به‌طوری که نقص BDNF می‌تواند باعث افزایش اشتها، مهار پاسخ سیری، حذف

[1] The N-methyl-D-aspartate receptor

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

اثر بی‌اشتهایی BDNF، و در نهایت چاقی شود (۳۴). بعلاوه مصرف بیش از حد کالری در مقایسه با هزینه کالری در بدن باعث افزایش وزن بدن و در نتیجه افزایش بافت سفید چربی می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش سطح BDNF شود (۱۰). با این وجود تمرینات دویدن تناوبی شدید با افزایش بیشتری در میزان تغییرات سطوح BDNF (به ترتیب ۱۶٪ و ۱۱٪) در مقایسه با تمرین مقاومتی تناوبی شدید همراه بوده است در حالی اختلاف معناداری بین درصد تغییرات وزنی و یا درصد چربی آزمودنی‌های تمرین کرده هر دو گروه تجربی مشاهده نشده است. این نتایج نشان می‌دهد که میزان افزایش BDNF در آزمودنی‌های تحقیق مستقل از شدت زیاد تمرینات و کاهش وزن، می‌تواند متأثر از نوع تمرینات تناوبی باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش وزن و درصد چربی متعاقب هر دو نوع تمرین مقاومتی و دویدن تناوبی شدید می‌تواند تاحدی تنظیم مثبت سطوح BDNF در آزمودنی‌های تحقیق حاضر را توجیه نماید. در این راستا Rentería و همکاران هم تأیید کردند که غلظت سرمی BDNF در زنان جوان سالم با شاخص توده بدنی نرمال، پس از ۴ هفته تمرین تناوبی شدید شامل ۳ تا ۵ تکرار رکاب زدن ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۸۰٪ توان هوازی حداکثر، به دنبال چهار دقیقه ریکاوری با ۴۰٪ توان هوازی حداکثر، بدون تغییر در درصد چربی، افزایش یافت (۳۵).

اگرچه مطالعاتی گسترده‌ای در مورد تأثیر فعالیت‌های مختلف ورزشی بر سطوح BDNF در آزمودنی‌های با سطوح پایین ویتامین D انجام‌نشده است ولی شواهد مختلف نشان می‌دهند رقیق شدن حجمی ویتامین D محتمل‌ترین مکانیسم رابطه معکوس بین سطوح سرمی ویتامین D و شاخص توده بدنی است. در افراد دارای اضافه‌وزن، ویتامین D در حجم بیشتری توزیع می‌شود و غلظت سرمی را کاهش می‌دهد. ۲۵-هیدروکسی ویتامین D به طور غالب در سرم، ماهیچه، چربی و کبد توزیع می‌شود، بخش‌هایی که در چاقی افزایش می‌یابد (۳۶). بنابراین کاهش درصد چربی و وزن بدن آزمودنی‌ها می‌تواند از طریق کاهش رقت حجمی ویتامین D منجر به افزایش سطوح BDNF شود. همچنین کلسیتریول علاوه بر مدولاسیون مثبت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، به هومئوستاز ردوکس و در نتیجه، تضعیف فرآیند التهاب عصبی کمک می‌کند به‌طوری که تأثیر ویتامین D در افزایش غلظت BDNF در هیپوکامپ موش‌های تحت رژیم غذایی پر چربی نیز تأیید شده است (۳۷، ۳۸).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که هر دو نوع مداخله‌ی تمرینات دویدن و یا مقاومتی تناوبی شدید می‌تواند منجر به سلامت سیستم عصبی مرکزی در زنان دارای اضافه وزن با نقص ویتامین D از طریق افزایش سطوح سرمی BDNF شود. با این وجود تمرینات دویدن تناوبی شدید با اثرات قوی‌تری در افزایش BDNF در مقایسه با تمرینات مقاومتی تناوبی شدید همراه بوده است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه بر گرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش فیزیولوژی است. بدین وسیله از تمامی شرکت کنندگان در این تحقیق که صمیمانه ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند تشکر و قدردانی می‌نماییم. این مطالعه دارای کد اخلاق شماره IR.IAU.SARI.REC.1401.056 است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

References

1. Ouerghi N, Fradj MKB, Bezrati I, Khammassi M, Feki M, Kaabachi N, et al. Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. Biology of Sport . 2017;34(4):385-92.
2. Vranić L, Mikolašević I, Milić S. Vitamin D deficiency: Consequence or cause of obesity? Medicina (Kaunas). 2019;55(9):541.
3. Bima A, Eldakhakhny B, Nuwaylati D, Alnami A, Ajabnoor M, Elsamanoudy A. The interplay of vitamin D deficiency and cellular senescence in the pathogenesis of obesity-related co-morbidities. Nutrients. 2021;13(11):4127.
4. Gálvez I, Navarro MC, Martín-Cordero L, Otero E, Hinchado MD, Ortega E. The influence of obesity and weight loss on the bioregulation of innate/inflammatory responses: macrophages and immunometabolism. Nutrients. 2022;14(3):612.
5. Alqudah M, Khanfar M, Alfaqih MA, Al-Shboul O, Ghazi Al-U'Datt D, Al-Dwairi A, et al.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

Correlation between vitamin D and serum brain derived neurotropic factor levels in type 2 diabetes mellitus patients. Biomedical Reports. 2022;16(6):54.
6. Pludowski P, Takacs I, Boyanov M, Belaya Z, Diaconu CC, Mokhort T, et al. Clinical practice in the prevention, diagnosis and treatment of vitamin D deficiency: A central and eastern european expert consensus statement. Nutrients. 2022;14(7):1483.
7. Raharjo S, Pranoto A, Rejeki PS, Harisman ASM, Pamungkas YP, Andiana O. Negative correlation between serum brain-derived neurotrophic factor levels and obesity predictor markers and inflammation levels in females with obesity. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 2021 9(B):1021-6
8. Jiménez-Maldonado A, Rentería I, García-Suárez PC, Moncada-Jiménez J, Freire-Royes LF. The impact of high-intensity interval training on brain derived neurotrophic factor in brain: A Mini-Review. Frontiers in Neuroscience. 2018; 14:12:839.
8. Numakawa T, Odaka H, Adachi N. Actions of brain-derived neurotrophin factor in the neurogenesis and neuronal function, and its involvement in the pathophysiology of brain diseases. International Journal of Molecular Sciences. 2018;19(11):3650.
9. Sandrini L, Di Minno A, Amadio P, Ieraci A, Tremoli E, Barbieri SS. Association between obesity and circulating brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels: Systematic Review of Literature and Meta-Analysis. International Journal of Molecular Sciences. 2018;19(8):2281.
10. Roh HT, So WY. The effects of aerobic exercise training on oxidant-antioxidant balance, neurotrophic factor levels, and blood-brain barrier function in obese and non-obese men. Journal of Sport and Health Science. 2017;6(4):447-53.
11. El-Alameey IR, Ahmed HH, Abushady MM. Role of lifestyle intervention program in regulating brain derived neurotrophic factor in obese children with metabolic syndrome components. Biomedical and Pharmacology Journal. 2019;12(3):1317-2.
12. Nadimi H, Djazayery A, Javanbakh et al. t MH, Dehpour A, Ghaedi E, Derakhshanian H, Mohammadi H, Mousavi SN, Djalali M. Effect of vitamin D supplementation on CREB-TrkB-BDNF pathway in the hippocampus of diabetic rats. Iranian Journal of Basic Medical Sciences. 2020;23(1):117-23. (in persian)
13. Goltz A, Janowitz D, Hannemann A, Nauck M, Hoffmann J, Seyfart T, et al. Association of brain-derived neurotrophic factor and vitamin D with depression and obesity: A Population-Based Study. Neuropsychobiology. 2017;76(4):171-81.
14. Karimipor S, Fazel Bakhsheshi M, Nayebi far S. The effect of 6 weeks of high-intensity interval training on serum levels of brain-derived neurotrophic factor and body composition of inactive male students. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2020; 27(5): 700-7.(in persian)
15. Lee IT, Wang JS, Fu CP, Lin SY, Sheu WH. Relationship between body weight and the increment in serum brain-derived neurotrophic factor after oral glucose challenge in men with obesity and metabolic syndrome: A prospective study. Medicine (Baltimore). 2016;95(43):e5260.
16. Alomari MA, Khabour OF, Alawneh K, Alzoubi KH, Maikano AB. The importance of physical fitness for the relationship of BDNF with obesity measures in young normal-weight adults. Heliyon. 2020;6(3):e03490.
17. Murawska-Ciałowicz E, de Assis GG, Clemente FM, Feito Y, Stastny P, Zuwała-Jagiełło J,. et al. Effect of four different forms of high intensity training on BDNF response to wingate and graded exercise test. Scientific Reports. 2021;11(1):8599.
18. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell MI. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. Diabetologia. 2017;60(1):7-15.
19. Gholizadeh M, Kordi M, Akbarnejad A. Comparison of two high-intensity interval training (HIIT) for two weeks on fat oxidation, Body fat percentage and VO2max in overweight young males. Journal of Education and Community Health. 2016;3(2): 47-53.
20. Ouerghi N, Fradj MKB, Bezrati I, Khammassi M, Feki M, Kaabachi N, et al. Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. Biology of Sport. 2017;34(4):385-92.
21. Moro T, Marcolin G, Bianco A, Bolzetta F, Berton L, Sergi G, et al. Effects of 6 weeks of traditional resistance training or high intensity interval resistance training on body composition, Aerobic power and strength in healthy young subjects: A Randomized Parallel Trial. International Journal of Environmental Health Research. 2020;17(11):4093.
22. Poon ETC, Siu PMF, Wongpipit W, Gibala M, Wonga SHS. Alternating high-intensity interval training and continuous training is efficacious in improving cardiometabolic health in obese middle-

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

aged men. Journal of Exercise Science and Fitness.2022;20 (21): 40-7.
23. Mazareizadeh A, Abdollahi S, Hashemi F S, Ershadi R. The effect of 8 weeks of high-intensity interval training (HIIT) tribulus terrestris supplementation on serum BDNF and FGF21 in obese women. Journal of Jiroft University of Medical Sciences. 2021; 8 (3) :719-27.(in persian)
24. Dinarvandi F, Sharifi H,Valipour Dehnou V, Khosravi, A. Effect of two weeks of sprint interval training combined with omega-3 consumption on serum levels of Irisin, BDNF and Lipid profile in overweight girls. The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility. 2020; 23(10):72-81. (in persian)
25. de Lima NS, De Sousa RAL, Amorim FT, Gripp F, Diniz E Magalhães CO, Henrique Pinto S, et al. Moderate-intensity continuous training and high-intensity interval training improve cognition, and BDNF levels of middle-aged overweight men. Metabolic Brain Disease. 2022;37(2):463-71.
26. Ohko H, Umemoto Y, Sakurai Y, Araki S, Kojima D, Kamijo Y, et al. The effects of endurance exercise combined with high-temperature head-out water immersion on serum concentration of brain-derived neurotrophic factor in healthy young men. International Journal of Hyperthermia. 2021;38(1):1077-85.
27. García-Suárez PC, Rentería I, Plaisance EP, Moncada-Jiménez J, Jiménez-Maldonado A. The effects of interval training on peripheral brain derived neurotrophic factor (BDNF) in young adults: a systematic review and meta-analysis. Scientific Reports. 2021;11(1):8937.
28. Jacob N, So I, Sharma B, Marzolini S, Tartaglia MC, Green R. Effects of high-intensity interval training on blood lactate levels and cognition in healthy adults: protocol for systematic review and network meta-analyses. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2022; 11(31):1-20.
29. Gholizadeh M, Kordi M, Akbarnejad A . Comparison of Two High-Intensity Interval Training (HIIT) For Two Weeks on Fat Oxidation, Body Fat Percentage, and VO2max in Overweight Young Males.Journal of Education and Community Health. 3(2), 47-53.
30.Yang F, Wang K, Du X, Deng H, Wu HE, Yin G, et al. Sex difference in the association of body mass index and BDNF levels in Chinese patients with chronic schizophrenia. Psychopharmacology. 2019;236(2):753-62.
31. Jung SH, Kim J, Davis JM, Blair SN, Cho HC. Association among basal serum BDNF, cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease risk factors in untrained healthy Korean men. European Journal of Applied Physiology. 2011;111:303-11.
32. Klein AB, Williamson R, Santini MA, Clemmensen C, Ettrup A, Rios M, et al Blood BDNF concentrations reflect brain-tissue BDNF levels across species. International Journal of Neuropsychopharmacology. 2011;14:347-53.
33. Motamedi S, Karimi I, Jafari F. The interrelationship of metabolic syndrome and neurodegenerative diseases with focus on brain-derived neurotrophic factor (BDNF): Kill two birds with one stone. Metabolic Brain Disease. 2017;32:651-65.
34. Rentería I, García-Suárez PC, Martínez-Corona DO, Moncada-Jiménez J, Plaisance EP, JiméNez-Maldonado A. Short-term high-Intensity interval training increases systemic brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in healthy women. European Journal of Sport Sciences. 2020;20(4):516-24.
35. Walsh JS, Bowles S, Evans AL. Vitamin D in obesity. Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity. 2017;24:389-94.
36. Nakajo T, Katayoshi T, Kitajima N, Tsuji-Naito K. 1,25-Dihydroxyvitamin D3 attenuates IL-1β secretion by suppressing NLRP1 inflammasome activation by upregulating the NRF2-HO-1 pathway in epidermal keratinocytes. Redox Biology. 2021;48:102203.
37. Hajiluian G, Nameni G, Shahabi P, Mesgari-Abbasi M, Sadigh-Eteghad S, Farhangi MA. Vitamin D administration, cognitive function, BBB permeability and neuroinflammatory factors in high-fat diet-induced obese rats. International Journal of Obesity. 2017;41(4):639-44.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]

Investigating the Effect of Two Models of High-Intensity Interval on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Body Composition in Women with Vitamin D Deficiency

Received: 25 Feb 2023 Accepted: 18 Jun 2023

Elham Alidarzi[1*], Babisan Askari[2], Masoumeh Habibian[3]
1. MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Qaemshahar Branch, Islamic Azad University, Qaemshahar, Iran 2. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Qaemshahar Branch, Islamic Azad University, Qaemshahar, Iran 3. Assotiate Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Qaemshahar Branch, Islamic Azad University, Qaemshahar, Iran

Abstract

Introduction: Vitamin D deficiency and obesity are very common and are closely related to structural and functional changes in the brain. Therefore, it is important to use efficient lifestyle methods to increase the health of the nervous system. Therefore, in this study, the effect of two high-intensity interval training (HIIT) models on the brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and body composition in overweight women with vitamin D deficiency was compared.

Materials and Methods: In this semi-experimental study, 39 overweight women with low vitamin D status, selected through available sampling, were randomly assigned to control groups, resistance HIIT and running HIIT. Resistance HIIT consisted of three sets with an intensity of 80% of a maximum repetition with 2.5 min active recovery between the sets. Running HIIT was performed in 12x1-min running bouts at 80-90% HRmax interspersed with 1 min active recovery. The subjects trained 3 times a week for 8 weeks. Blood samples were taken before and after 8 weeks of training. Data were analyzed by one-way analysis of variance, Kruskal-Wallis, and paired t-test ($p<0.05$).

Results: 8 weeks of training led to a significant increase in the BDNF serum levels and decreased weight and body fat percentage in the experimental groups ($p<0.001$). Also, a significant difference was observed between the percentage changes in BDNF averages between the experimental groups ($p<0.001$).

Conclusion: It seems that both types of resistance HIIT and HIIT running can improve the health of the central nervous system in overweight women with vitamin D deficiency by increasing BDNF levels; however, HIIT running was associated with stronger effects compared to resistance HIIT.

Keywords: High-intensity Interval Training, Brain-derived neurotrophic factor, Vitamin D deficiency, Overweight

***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Qaemshahar Branch, Islamic Azad University, Qaemshahar, Iran
Email: babisan.askari@gmail.com **Tel:** +989111564238 **Fax:** +981142155117

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.8.1]