



Research Article

The Effect of 12 Weeks of Strength Training on Muscular Strength, Body Fat Percentage, Irisin and BDNF in Active Middle-aged Women

Rezvan Afshar¹ , Masoud Rahmati^{2*} , Rahim Mirnasouri³

¹ PhD Student of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

² Professor of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

³ Assistant Professor of Sports Medicine, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

* **Corresponding author:** Masoud Rahmati, Professor of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: rahmati.mas@lu.ac.ir

DOI: [10.61186/jams.28.1.1](https://doi.org/10.61186/jams.28.1.1)

How to Cite this Article:

Afshar A, Rahmati M, Mirnasouri R. The Effect of 12 Weeks of Strength Training on Muscular Strength, Body Fat Percentage, Irisin and BDNF in Active Middle-aged Women. *J Arak Uni Med Sci.* 2025;28(1): 1-8. DOI: [10.61186/jams.28.1.1](https://doi.org/10.61186/jams.28.1.1)

Received: 09.10.2024

Accepted: 23.03.2025

Keywords:

Middle-aged women;
Strength training;
Irisin and BDNF

© 2024 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Considering the synthesis and secretion of irisin and BDNF from muscle tissue during exercise and the possible relationship of these factors with improving muscle strength and performance, the present study aimed to investigate the effect of 12 weeks of strength training on muscle strength, body fat percentage, irisin, and BDNF in inactive middle-aged women.

Methods: In a semi-experimental study, 20 inactive middle-aged women (mean age 37.70 ± 5.91 years, weight 79.80 ± 5.82 kg) were selected and randomly assigned to two strength training groups ($n = 10$) and control groups ($n = 10$). The training group performed 12 weeks of strength training, three sessions per week at an intensity of 65 to 80% of maximum strength. Then, blood samples were taken using ELISA to measure irisin and BDNF. Independent t-test and Pearson correlation test were used to analyze the data. The significance level ($P \leq 0.05$) was considered.

Results: Strength training significantly increased serum irisin concentration ($P = 0.035$) and serum BDNF concentration ($P = 0.058$) and also considerably decreased body fat percentage ($P = 0.058$) in middle-aged women. There was also a positive and significant relationship between lower body strength and serum irisin levels ($P = 0.040$). The Results from the Pearson correlation test indicate a significant positive relationship between BDNF and upper body strength ($P = 0.038$).

Conclusions: Based on the results of the present study, it seems that increased secretion of serum irisin and BDNF hormones is related to increased muscle strength following strength training in middle-aged individuals.

تأثیر ۱۲ هفته تمرین قدرتی بر قدرت عضلانی، درصد چربی، آیریزین و BDNF زنان میان سال غیر فعال

رضوان افشار^۱ ID، مسعود رحمتی^{۲*} ID، رحیم میرنصوری^۳ ID

^۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

^۲ استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

^۳ دانشیار طب ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

* نویسنده مسئول: مسعود رحمتی، استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. ایمیل: rahmati.mas@lu.ac.ir

DOI: 10.61186/jams.28.1.1

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸	چکیده
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۳	مقدمه: با توجه به سنتز و ترشح آیریزین و BDNF از بافت عضلانی در جریان تمرینات ورزشی و ارتباط احتمالی این فاکتورها با بهبود قدرت و عملکرد عضلانی، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین قدرتی بر قدرت عضلانی، درصد چربی، آیریزین و BDNF در زنان میان سال غیر فعال بود.
واژگان کلیدی: زنان میان سال؛ تمرین قدرتی؛ آیریزین و BDNF	روش کار: در مطالعه نیمه تجربی، ۲۰ نفر از زنان میان سال غیر فعال (میانگین سنی ۵/۹۱ ± ۳۷/۷۰ سال، وزن ۵/۸۲ ± ۷۹/۸۰ کیلوگرم) انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه تمرین قدرتی (۱۰ نفر) و شاهد (۱۰ نفر) قرار گرفتند. گروه تمرینی ۱۲ هفته تمرین قدرتی را به صورت ۳ جلسه در هفته با شدت ۶۵ تا ۸۰ درصد قدرت بیشینه اجرا کردند. سپس نمونه های خونی برای اندازه گیری آیریزین، BDNF به روش الایزا گرفته شد. جهت تجزیه و تحلیل داده ها از روش آماری t مستقل و آزمون همبستگی Pearson استفاده گردید. سطح معنی داری (۰/۰۵) $P \leq$ ، در نظر گرفته شد.
تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.	یافته ها: تمرین قدرتی، باعث افزایش معنی دار غلظت سرمی آیریزین ($P = ۰/۰۳۵$)، غلظت سرمی BDNF ($P = ۰/۰۵۸$) و همچنین کاهش معنی دار درصد چربی ($P = ۰/۰۵۸$) زنان میان سال شد. همچنین بین قدرت پایین تنه و سطوح سرمی آیریزین ارتباط مثبت و معنی داری وجود دارد ($P = ۰/۰۴۰$). بر اساس نتایج آزمون همبستگی Pearson بین متغیر BDNF و قدرت بالاتنه نیز ارتباط مثبت و معنی دار وجود داشت ($P = ۰/۰۳۸$).
	نتیجه گیری: بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر به نظر می رسد، افزایش ترشح سطوح سرمی هورمون آیریزین و BDNF با افزایش قدرت عضلانی متعاقب تمرینات قدرتی در افراد میان سال مرتبط بود.

ارجاع: افشار رضوان، رحمتی مسعود، میرنصوری رحیم. تأثیر ۱۲ هفته تمرین قدرتی بر قدرت عضلانی، درصد چربی، آیریزین و BDNF زنان میان سال غیر فعال. مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک ۱۴۰۴؛ ۲۸ (۱): ۸-۱

مقدمه

آیریزین به عنوان یک میوکاین، در طول فعالیت بدنی از میوسیت ها آزاد می شود و مانند پلی بین عضلات و سایر بافت ها و اندام ها عمل می کند. عملکرد اصلی آیریزین، تبدیل بافت چربی سفید به بافت چربی قهوه ای است (۸). همچنین گزارش شده است که آیریزین در رشد عضله مؤثر است (۹) و ژن های مرتبط با رشد عضلانی را از طریق مسیر (Rapamycin / mTOR (Mammalian Target Extracellular Signal- / IEG/ TSC1/2 (Complex 1 ERK (regulated Kinases تنظیم می کند و در نتیجه در باززایی و ترمیم سلول های عضلانی نقش دارد (۱۰). با این حال، ارتباط آیریزین در گردش و بیان ژن های مرتبط با رشد عضلانی بحث برانگیز به نظر می رسد،

تمرینات قدرتی با القاء فاکتورهای مؤثر در سلامت منجر به بهبود توانایی در انجام فعالیت های روزمره زندگی، افزایش قدرت و توده ی عضلانی و همچنین تراکم استخوان می شود (۱). این اثرات از طریق سازگاری های عصبی و مولکولی (۲) بیان ژن های مرتبط با رشد عضلانی (۳) و افزایش تولید و آزادسازی واسطه های بیولوژیکی مانند میوکین ها ایجاد می شود (۴). گزارش شده است که تمرینات ورزشی باعث تحریک بیان ژن پروتئین غشایی فیبرونکتین عضلانی (Fibronectin type III domain-containing protein 5) FNDC5 می شود (۵) و ژن Fndc5 نیز باعث ترشح هورمون آیریزین می شود (۶، ۷).

روش کار

در این پژوهش نیمه تجربی که با استفاده از طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با دو گروه صورت گرفت، ۱۷۳ نفر از زنان میان‌سال ساکن اراک که در یکسال گذشته در هیچ برنامه ورزشی منظمی شرکت نکرده بودند با دامنه سنی ۳۷ تا ۴۸ شرکت داشتند. معیارهای ورود به پژوهش داوطلبان شامل: عدم بارداری، نداشتن بیماری قلبی-عروقی، کبدی و سایر بیماری‌های خاص و توانایی انجام تمرینات ورزشی بود. پس از غربالگری بر اساس معیارهای فوق و در نظر گرفتن بیشترین تشابه از لحاظ مشخصات بدنی ۲۶ داوطلب، به صورت گزینشی هفتمند انتخاب شدند که در نهایت ۲۰ نفر وارد تحقیق شدند و در دو گروه تمرین قدرتی (۱۰ نفر) و شاهد (۱۰ نفر) قرار گرفتند. معیارهای خروج از پژوهش شامل: استفاده از هرگونه داروی اثرگذار بر نتایج تحقیق، آسیب‌های اسکلتی-عضلانی و وقوع بارداری بودند.

پس از تکمیل معاینات پزشکی، تمامی مراحل پژوهش شامل اهداف، چگونگی و زمان تمامی مراحل پژوهش، نحوه‌ی خون‌گیری به تمامی آزمودنی‌ها اطلاع داده شد و سپس از آنها رضایت‌نامه اخذ شد. سپس مشخصات آنتروپومتریکی تمامی آزمودنی‌ها توسط محقق اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن بدن از ترازوی استاندارد (سکا-آلمان) با دقت خطای کمتر از ۱۰۰ گرم و برای سنجش قد، از قد سنج با دقت ۰/۱ سانتی‌متر استفاده شد. برای سنجش قدرت بی‌شیبه بالاتنه از تست 1RM در حرکت پرس سینه استفاده شد. برای ارزیابی قدرت پایین تنه، قدرت اکستنشن زانو از طریق دستگاه ایزوکتیک با یو دکس، با سرعت ثابت ۶۰ درجه بر ثانیه درحالی که زاویه پشت صندلی ۸۵ درجه بود، اندازه‌گیری شد. پروتکل اندازه‌گیری شامل ۸-۱۰ دقیقه گرم کردن با دوچرخه ثابت و اجرای تست ایزوکتیک پای برتر بود. در طول این تست، آزمودنی‌ها باید چهار حرکت متوالی خمیدگی انفجاری را درحالی که مفصل زانو در وضعیت ۹۰ درجه ای بود و اپی‌کندید خارجی با محور چرخش دستگاه در یک راستا قرار داشت و تخته دستگاه ۲/۵ cm بالاتر از مچ پا بود، انجام می‌دادند. سپس بهترین نتیجه (یعنی بالاترین گشتاور اوج یا بالاترین قدرت اوج) از چهار تکرار برای تحلیل‌های بیشتر استفاده شد. در هنگام ارزیابی برای کاهش حرکت از بستن کمربند بر روی سینه، لگن و ران آزمودنی‌ها استفاده شد. همچنین، ضخامت چین پوستی آزمودنی‌ها با کالپر سیهان ۲ مدل B00653TZNY ساخت کشور کره جنوبی و درصد چربی با اندازه‌گیری چین پوستی سه نقطه ران، شکم، سینه و محاسبه چگالی بدن و قراردادن آن در فرمول سیری جکسون-پولاک اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌های گروه تمرین قبل از شروع پروتکل تمرینی، در یک جلسه مجزا در باشگاه حاضر شدند و ضمن آشنایی با برنامه تمرینی یک تکرار بی‌شیبه حرکات پرس سینه و پا، جلوپا، سرشانه و جلو بازو را اجرا کردند. برای رعایت اصول ایمنی، تمامی مراحل تمرینی شامل گرم و سرد کردن، بنده اصلی تمرین و تکنیک‌های صحیح اجرای حرکات در طول اجرای پروتکل تمرینی زیر نظر مربی ورزشی در سالن ورزشی تختی شهرستان اراک انجام شد.

پروتکل تمرینی

برنامه تمرینی شامل تمرینات بالاتنه (پرس شانه، زیربغل هالتر خم، کرانچ، پرس سینه، جلو بازو) و پایین تنه (پرس پا روی میز ۴۵ درجه،

اما نکته حائز اهمیت این است که افزایش سیستمیک FND5 منجر به افزایش بیان برخی ژن‌های درگیر در عملکردهای حمایت عصبی، مانند فاکتور نورون‌زایی مشتق از مغز (Brain-derived neurotrophic factor) BDNF می‌شود (۱۱).

BDNF یکی از واسطه‌های مولکولی مهم در پاسخ‌های مفید به ورزش می‌باشد و در خون نیز قابل تشخیص است، فاکتور نورون‌زایی مشتق از مغز در رتیکولوم آندوپلاسمی سنتز و ذخیره می‌شود. پردازش این پروتئین با در مکان خاصی از این پروتئین روی می‌دهد و در نهایت پروتئین ۲۴۷ اسید آمینه‌ای از سلول ترشح می‌شود؛ فعالیت ورزشی منجر به افزایش تولید و ترشح این فاکتور می‌شود (۱۲). عملکرد اصلی این فاکتور تنظیم سیناپس‌ها است، BDNF همچنین بیان ژن‌هایی را در عضله بهبود می‌بخشد که نقش کلیدی در عملکرد عصبی عضلانی ایفا می‌کنند. اثرات BDNF بین تارهای عضلانی کندانقباض و تند انقباض متفاوت است. این فاکتور در عضلات کند انقباض سبب افزایش قدرت سیناپسی می‌شود، درحالی که در عضله تند انقباض قدرت انقباضی را بهبود می‌بخشد (۱۳).

گزارش شده است که تمرینات ورزشی با شدت بالا تا واماندگی منجر به افزایش موقتی BDNF سرم در نمونه‌های انسانی می‌شود (۱۴). ورن و همکاران نیز گزارش کردند که تمرینات ورزشی منجر به افزایش BDNF می‌شود و بیان این فاکتور نوروتروفیکی با واسطه‌های متابولیک مهمی مثل آیریزین مرتبط می‌باشد (۱۵). بنابراین با توجه به نقش احتمالی آیریزین در رشد عضلانی و همچنین ارتباط آن با BDNF و نقش BDNF در فرایند نورون‌زایی و با توجه به اینکه مطالعات قبلی بیشتر نقش متابولیکی و شناختی آیریزین و BDNF را مورد بررسی قرار دادند. بررسی ارتباط احتمالی آیریزین و BDNF با افزایش قدرت می‌تواند درک روشن‌تری از عملکرد این دو فاکتور ارائه دهد.

از طرف دیگر، گزارش شده است که قدرت و توده عضلات در زنان و مردان پس از ۳۰ سالگی ۳ تا ۸ درصد در هر دهه کاهش می‌یابد (۱۶). این کاهش در قدرت و حجم عضلانی با مشکلات در انجام فعالیت‌های روزانه همراه است. نشان داده شده است که در زنان با قدرت و توده عضلات کاهش یافته ۲/۱ برابر بیشتر خطر افتادن و ۲/۷ برابر بیشتر خطر شکستگی استخوان نسبت به زنان با قدرت و توده عضلات حفظ شده، وجود دارد (۱۷). بنابراین برای جلوگیری از خطرات بی‌حرکی و زندگی مستقل و فعال در نتیجه بهبود کیفیت زندگی زنان به کارگیری راهبردهای ارتقاء سلامت و تندرستی بویژه در بعد جسمانی لازم و ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این، گزارش شده است که اثرات تمرینات قدرتی قبلی حتی پس از بی‌حرکی طولانی‌مدت، باقی خواهد ماند (۱۸). در نتیجه برنامه‌های ورزشی که قبلاً توسط فرد انجام شده، ممکن است باعث یک حفاظت عملکردی شوند. بنابراین انجام تمرینات قدرتی به ویژه در زنان در دوره میان‌سالی به عنوان دروازه ورود به دوره سالمندی و عوارض ناشی از آن مانند کاهش قدرت، توده عضلانی و کاهش غلظت هورمون‌های آنابولیک در گردش خون و عوامل نوروتروفیک مانند BDNF (۱۹) ممکن است نقش محافظتی داشته باشد. بر همین اساس این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین قدرتی بر قدرت عضلانی، درصد چربی، آیریزین و BDNF در زنان میان‌سال غیرفعال طراحی شده است.

سرمی آیریزین و BDNF از کیت‌های الیزا استفاده شد: (آیریزین: حساسیت ۰/۷۸ نانوگرم/ میلی‌لیتر، دامنه تشخیص ۲۰۰-۳/۱۲ نانوگرم/ میلی‌لیتر و کاتالوگ نامبر CSB-EQ027943HU؛ BDNF: حساسیت ۰/۰۶۳ نانوگرم/ میلی‌لیتر، دامنه تشخیص ۲۰-۳/۱۲ نانوگرم/ میلی‌لیتر، Cusabio و کاتالوگ نامبر CSB-E04501h) استفاده شد. روش الیزا: این روش از روش ایمونواسی آنزیم ساندویچ کمی استفاده می‌کند. آنتی بادی مخصوص آیریزین و BDNF از قبل روی یک میکروپلیت پوشانده شده است. استانداردها و نمونه‌ها به داخل چاهک‌ها پیپت می‌شوند و هر آیریزین و BDNF موجود توسط آنتی‌بادی بی‌حرکت متصل می‌شود. پس از حذف هرگونه مواد غیرمتصل، یک آنتی‌بادی کونژوگه بیوتین مخصوص آیریزین و BDNF به چاهک‌ها اضافه می‌شود. پس از شستشو، پراکسیداز ترب کوهی کونژوگه آویدین (HRP) به چاهک‌ها اضافه می‌شود. پس از شستشو برای حذف هرگونه معرف آنزیم آویدین متصل نشده، یک محلول بستر به چاهک‌ها اضافه می‌شود و رنگ متناسب با مقدار آیریزین و BDNF متصل شده در مرحله اولیه ایجاد می‌شود. سپس توسعه رنگ متوقف شده و شدت رنگ اندازه‌گیری می‌شود.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ (version 27, IBM Corporation, Armonk, NY) استفاده گردید. برای مشخص کردن نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس‌ها از آزمون Leven استفاده شد. همچنین جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار و روش t وابسته در مقایسه درون‌گروهی و جهت مقایسه تفاوت بین‌گروهی پس از محاسبه تفاضل داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون کلیه متغیرها در هر گروه از آزمون t مستقل استفاده شد. علاوه از آزمون همبستگی Pearson نیز برای بررسی ارتباط بین متغیرها استفاده شد. سطح معنی‌داری نیز ($P \leq 0.05$) در نظر گرفته شد.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه لرستان است و با کد اخلاق 1402.1711R.SSRC.REC از پژوهشگاه تربیت بدن مورد تأیید است.

یافته‌ها

در این مطالعه، توزیع داده‌ها نرمال و واریانس‌ها برابر بود. شاخص‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌های مورد مطالعه به تفکیک گروه‌بندی در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر آیریزین، BDNF، قدرت بالاتنه و پایین‌تنه و درصد چربی در گروه‌های پژوهش در جدول ۳ آمده است. نتایج آزمون t وابسته برای مقایسه درون‌گروهی آیریزین حاکی از افزایش معنی‌داری در گروه تمرین بود ($P = 0.001$). علاوه بر این در بررسی سطوح BDNF در مقایسه درون‌گروهی نیز افزایش معنی‌داری این فاکتور در گروه تمرین مشاهده شد ($P = 0.008$). همچنین در بررسی تغییرات قدرت بالاتنه و پایین‌تنه در مقایسه درون‌گروهی نیز افزایش معنی‌دار قدرت بالاتنه و

پرس ساق پا در میزان ۴۵ درجه، جلو پا دستگاه) بود. آزمودنی‌های گروه تمرین به مدت ۱۲ هفته تمرین قدرتی را مطابق جدول ۱ به صورت سه جلسه در هفته به مدت یک ساعت اجرا کردند. اصل اضافه بار نیز به گونه‌ای طراحی شد که بعد از هر چهار هفته تمرین یک آزمون تکرار بیشینه برای هر تمرین اجرا می‌شد (۲۰). جهت برآورد 1RM، ابتدا گرم کردن با ۵۰ درصد و با ۸ تکرار و سپس با ۷۰ درصد و ۳ تکرار 1RM انجام شد، سپس آزمودنی‌ها در یک تلاش ۳ الی ۵ ست با افزایش وزنه‌ها و با فاصله استراحت ۱ تا ۳ دقیقه در هر ست، تمام تلاش خود را جهت ثبت بیشترین رکوردی که برای یک تکرار می‌توانستند انجام دهند، بکار گرفتند و سنگین‌ترین باری که در هر حرکت با موفقیت برداشته شد به عنوان 1RM آن حرکت لحاظ شد. در صورتی که وزنه را بیش از یک تکرار جایجا می‌کردند؛ با قراردادن تعداد تکرار و وزن وزنه در فرمول برزیکی حداکثر قدرت بیشینه برآورد می‌شد:

جدول ۱. پروتکل تمرینی		
دوره تمرینی (۱۲ هفته)		
هفته نهم تا دهم	هفته پنجم تا هشتم	هفته اول تا چهارم
۱۰ تکرار، ۳ ست	۱۲ تکرار، ۳ ست	۱۵ تکرار، ۲ ست
۸۰ درصد 1RM	۷۰ درصد 1RM	۶۵ درصد 1RM

(تعداد تکرار تا خستگی $\times 0.0278 - 1/0.278$) ÷ وزنه جابه‌جا شده به کیلوگرم: حداکثر قدرت بیشینه (فرمول برزیکی)
 آزمودنی‌های گروه شاهد در طول پروتکل پژوهش، صرفاً فعالیت بدنی عادی و روزمره خود را انجام دادند و در هیچ نوع فعالیت ورزشی مقاومتی یا استقامتی شرکت نکردند. ویژگی‌های آنتروپومتریکی گروه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

خون‌گیری و نحوه/اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش

نمونه‌گیری توسط کارشناس مجرب علوم آزمایشگاهی در هر دو نوبت پیش و پس از از اجرای پروتکل از تمامی آزمودنی‌ها به عمل آمد. به منظور خون‌گیری در مرحله پیش‌آزمون از آزمودنی‌ها خواسته شد که پس از ۱۲ ساعت ناشتایی و خواب کافی و عدم انجام فعالیت بدنی سنگین در دو روز قبل از خون‌گیری، به آزمایشگاه ثاراله شهرستان اراک مراجعه کنند. همچنین در مرحله پس‌آزمون، به منظور از بین رفتن تأثیرات حاد جلسه تمرین ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی و مطابق با شرایط پیش‌آزمون دوباره خون‌گیری از تمامی آزمودنی‌ها به عمل آمد. نمونه‌گیری خونی بدین‌صورت بود که ۵ سی‌سی خون وریدی از تمامی آزمودنی‌ها در یک وضعیت ثابت و نشسته گرفته شد. سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده داخل لوله‌های حاوی ضد انعقاد (۳EDTA mg/ml) ریخته و سپس توسط سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سرم از پلاسما جدا شد. در نهایت، سرم جدا شده در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری متغیرهای موردنظر نگهداری شد. برای سنجش غلظت

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد مطالعه

گروه‌ها	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده‌بدنی
تمرین	۱۰	۳۸/۷۰ ± ۶/۲۹	۱/۶۱ ± ۰/۰۳	۸۰/۲۰ ± ۵/۷۶	۳۰/۶۶ ± ۲/۴۶
شاهد	۱۰	۳۹/۱۰ ± ۶/۱۳	۱/۶۲ ± ۰/۰۴	۷۹/۴۰ ± ۵/۱۶	۳۰/۰ ± ۳/۰۹

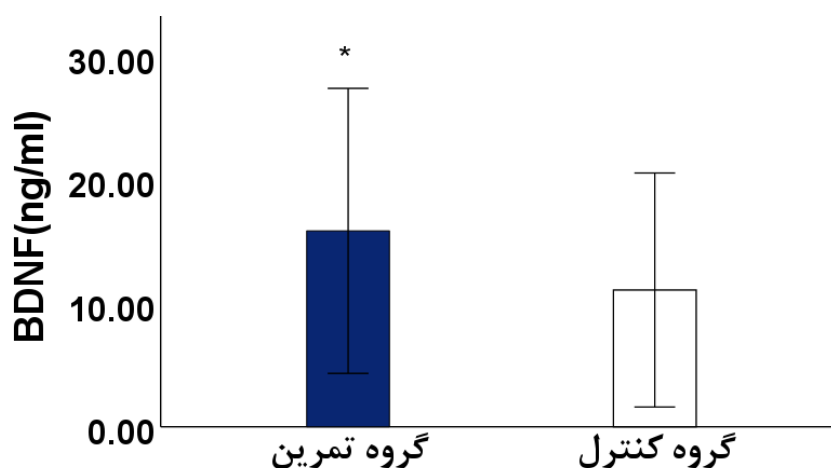
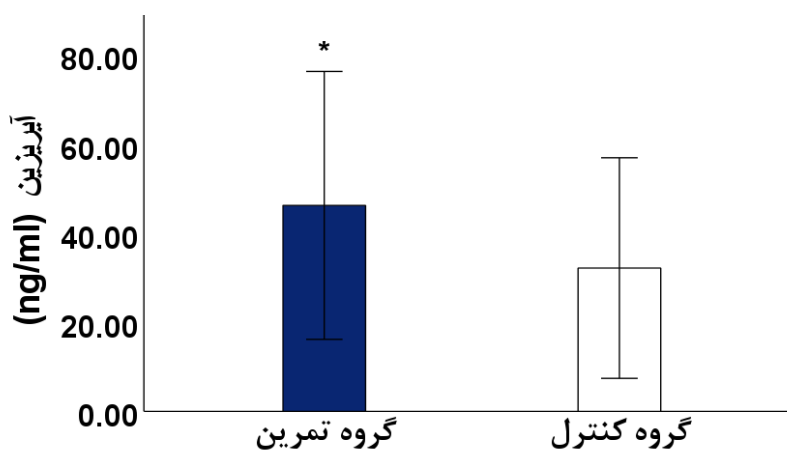
جدول ۳. اثر تمرینات قدرتی بر آیریزین، BDNF، قدرت عضلانی و درصد چربی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدار t	سطح معنی‌داری*
آیریزین (ng/ml)	تمرین	۳۲/۶۸ $\pm$ ۱۳/۷۹	۴۶/۲۰ $\pm$ ۱۵/۰۲	۴/۵۱	۰/۰۰۱*
	شاهد	۳۲/۴۶ $\pm$ ۱۲/۳۸	۳۲/۱۵ $\pm$ ۱۲/۳۶	-۱/۶۷	۰/۱۲۹
BDNF (ng/ml)	تمرین	۱۱/۵۰ $\pm$ ۵/۳۱	۱۵/۹۰ $\pm$ ۵/۷۸	۳/۳۸	۰/۰۰۸*
	شاهد	۱۱/۲۰ $\pm$ ۴/۸۹	۱۱/۱۰ $\pm$ ۴/۷۴	-	-
چربی بدن (درصد)	تمرین	۳۵/۷۰ $\pm$ ۳/۴۳	۳۲/۵۰ $\pm$ ۳/۹۷	-۷/۶۸	۰/۰۰۱*
	شاهد	۳۶/۲۰ $\pm$ ۴/۱۸	۳۶/۲۰ $\pm$ ۴/۱۸	-	-
قدرت‌بیشینه نسبی بالاتنه (کیلوگرم/وزن بدن)	تمرین	۲۱/۶۰ $\pm$ ۶/۵۵	۳۶/۴۰ $\pm$ ۸/۵۷	۱۰/۹۱	۰/۰۰۱*
	شاهد	۲۲/۱۰ $\pm$ ۶/۸۳	۲۲/۰۶ $\pm$ ۶/۵۴	-۰/۳۲۷	۰/۷۵۱
قدرت بیشینه نسبی پایین تنه (کیلوگرم/وزن)	تمرین	۷۸/۱۰ $\pm$ ۱۶/۲۶	۹۷/۲۰ $\pm$ ۲۰/۱۵	۱۰/۳۷	۰/۰۰۱*
	شاهد	۷۷/۵۰ $\pm$ ۱۵/۰۶	۷۵/۴۰ $\pm$ ۱۳/۷۲	-۱/۲۳	۰/۲۴۹

*: آزمون t همبسته

پایین تنه در گروه تمرین مشاهده شد ($P = ۰/۰۰۱$). تغییرات درصدچربی نیز در گروه تمرین کاهش معنی‌داری داشت ($P = ۰/۰۰۱$). نتایج آزمون t مستقل افزایش معنی‌دار در قدرت بالاتنه و پایین تنه گروه تمرین را در مقایسه با گروه شاهد نشان داد ($P = ۰/۰۰۱$). درصد چربی نیز بعد از مقایسه تفاوت بین‌گروهی تفاوت معنی‌دار را بین دو گروه نشان داد.

($P = ۰/۰۵۸$). در بررسی سطوح BDNF در مقایسه بین‌گروهی افزایش معنی‌داری این متغیر در گروه تمرین نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P = ۰/۰۵۸$) (نمودار ۱). بعلاوه بر اساس یافته‌های ما در مقایسه بین‌گروهی هورمون آیریزین نیز، تفاوت معنی‌داری متعاقب ۱۲ هفته تمرین قدرتی در این متغیر بین گروه تمرین و شاهد وجود داشت ($P = ۰/۰۳۵$) (نمودار ۲).

نمودار ۱. تغییرات غلظت BDNF بعد از پروتکل پژوهش در گروه‌های مطالعه ($P < ۰/۰۵$)نمودار ۲. تغییرات غلظت آیریزین بعد از پروتکل پژوهش در گروه‌های مطالعه ($P < ۰/۰۵$)

وجود دارد که افزایش قدرت در افراد گروه تمرین در مطالعه حاضر نیز در افزایش سطوح سرمی آیریزین مؤثر بوده باشد. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که پاسخ‌های آیریزین به ورزش قدرتی در افرادی با نسبت‌های کمتر توده بدن بدون چربی، بیشتر است و احتمالاً در افراد غیرفعال با کاهش بافت چربی و افزایش توده بدون چربی منجر به افزایش سطوح آیریزین خواهد شد. ما نیز در مطالعه حاضر شاهد کاهش درصد چربی بدن آزمودنی‌های گروه تمرین بودیم.

دیگر نتیجه پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرین قدرتی موجب افزایش معنی‌دار سطوح پلاسمایی هورمون BDNF می‌شود. همسو با نتایج این قسمت از مطالعه Arazi و همکاران گزارش کردند که تمرینات قدرتی منجر به افزایش BDNF می‌شود (۱۹). Fortunato و همکاران نیز اظهار داشتند که یک جلسه تمرین قدرتی منجر به افزایش غلظت سرمی BDNF می‌شود (۲۷). در مقابل Nuvagah Forti و همکاران مطالعه‌ای پس از ۱۲ هفته تمرین قدرتی در سالمندان، با وجود بهبود عملکرد و قدرت عضلانی، در غلظت سرمی BDNF تغییری مشاهده نکردند (۲۸).

همچنین، Borges Junior و همکاران گزارش کردند که تمرینات قدرتی با شدت‌های مختلف در سطح غلظت پلاسمایی BDNF مردان ورزشکار غیرحرفه‌ای تغییری ایجاد نمی‌کند (۲۹). Schiffer و همکاران نیز متعاقب ۱۲ هفته تمرین قدرتی در دانش‌آموزان گزارش کردند که با وجود سازگاری‌های عملکردی در عضلات، هیچ سازگاری و تغییری در غلظت سرمی BDNF ایجاد نشد (۳۰). Marston و همکاران تأثیر تمرینات قدرتی حاد مبتنی بر هیپرتروفی یا قدرت بر خستگی را بر سطوح سرمی BDNF هم بلافاصله بعد و هم ۳۰ دقیقه پس از تمرین در مردان و زنان ورزشکار غیرحرفه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که هیپرتروفی منجر به افزایش معنی‌دار سطح BDNF در مقایسه با تمرین قدرتی می‌شود (۳۱). تفاوت در نتایج ممکن است در نتیجه تفاوت در مدت تمرین، شرایط جسمانی افراد شرکت‌کننده و میزان آمادگی آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون باشد. همچنین، تفاوت بین سن و نوع آزمودنی‌ها در مطالعات قبلی نیز ممکن است در تفاوت نتایج مؤثر باشد. شرکت‌کنندگان در مطالعه ما زنان میان‌سال بودند که اگرچه جز افراد غیرفعال محسوب می‌شدند از نظر سلامتی و بالینی مشکلی نداشتند. علاوه بر این، نشان داده شده که تغییر در ترکیب بدن و کاهش چربی بدن می‌تواند بر سطوح پایه BDNF اثرگذار باشد (۳۲). بنابراین، یکی از دلایل افزایش BDNF پژوهش حاضر، احتمالاً تغییرات در ترکیب بدن و کاهش درصدچربی بدن آزمودنی‌ها پس از اجرای پروتکل تمرینی باشد. از طرفی بر اساس مطالعات قبلی به نظر می‌رسد که پروتکل تمرینات متوسط (هوازی) یا شدید می‌تواند باعث افزایش سطح BDNF در خون شود و این تغییر با قدرت عضلانی ارتباط مثبت دارد (۳۳).

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و پژوهش‌های پیشین همانطور که انتظار می‌رفت، ما نیز پس از ۱۲ هفته تمرین قدرتی شاهد افزایش سطوح BDNF بودیم. همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر بین قدرت عضلات بالاتنه و BDNF ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت. توضیح احتمالی در این مورد با توجه به نقش BDNF در حفاظت و بقای نورون‌ها، رشد و

جهت بررسی رابطه بین قدرت بالاتنه و پایین‌تنه و سطوح سرمی آیریزین، BDNF از آزمون همبستگی Pearson استفاده گردید. با توجه به نتایج به دست آمده ارتباط بین قدرت بالاتنه و آیریزین ارتباط معنی‌داری وجود ندارد ($r = 0.205$, $P = 0.386$). با توجه به نتایج حاصل شده از این پژوهش بین قدرت پایین‌تنه و سطوح سرمی آیریزین ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد ($r = 0.462$, $P = 0.040$). همچنین بر اساس نتایج آزمون همبستگی Pearson بین متغیر BDNF و قدرت بالاتنه نیز ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت ($r = 0.468$, $P = 0.038$). علاوه بر اساس نتایج آزمون همبستگی Pearson بین قدرت پایین‌تنه و سطوح سرمی BDNF ارتباط معنی‌داری وجود ندارد ($r = 0.174$, $P = 0.463$).

بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین قدرتی بر قدرت عضلانی، درصد چربی، سطوح سرمی هورمون آیریزین و BDNF در زنان میان‌سال غیرفعال بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرین قدرتی منجر به افزایش سطوح سرمی آیریزین در زنان میان‌سال می‌شود. همچنین سطوح سرمی BDNF بعد از اعمال مداخله افزایش یافت. علاوه ۱۲ هفته تمرین قدرتی در گروه تمرین منجر به افزایش قدرت و کاهش درصد چربی افراد گروه تمرین نسبت به گروه شاهد شد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر بین قدرت پایین‌تنه و سطوح سرمی هورمون آیریزین ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین قدرت بالاتنه و سطوح سرمی BDNF نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همسو با این نتایج Tahramuzi و همکاران نشان دادند که ۲۱ هفته تمرین قدرتی منجر به افزایش غلظت آیریزین در خون می‌شود (۲۱).

Ozan و همکاران نیز گزارش کردند که تمرینات قدرتی منجر به افزایش سطوح سرمی هورمون آیریزین می‌شود (۲۲). در مقابل Ferreira و همکاران، متعاقب یک جلسه تمرین قدرتی تغییری در سطوح سرمی آیریزین مشاهده نکردند (۲۳). ایزد دوست و شعبانی نیز پس از ۸ جلسه تمرین قدرتی تغییری در سطوح سرمی آیریزین زنان غیرفعال مشاهده نکردند (۲۴). تفاوت در نتایج این تحقیقات با مطالعه حاضر ممکن است با سطح شرایط جسمانی فردی، سن، شدت، مدت دوره تمرین، توده عضلانی شرکت‌کنندگان مرتبط باشد، زیرا هر کدام از این موارد ممکن است بر روی ترشح آیریزین مؤثر باشند. در مطالعه حاضر، میانگین سطوح پلاسمایی آیریزین پس از ۱۲ جلسه تمرین قدرتی در زنان میان‌سال غیرفعال تغییر معنی‌داری داشت. بنابراین، منطقی است که فرض کنیم مدت دوره تمرین ممکن است عاملی باشد که پاسخ این روش تمرینی را به سطوح سرمی آیریزین تحت تأثیر قرار دهد، شاید به این دلیل که برای ایجاد سازگاری و تغییر در ترشح آیریزین به مدت زمان و تمرین بیشتری نیاز است. علاوه گزارش شده است که آیریزین در رشد عضله مؤثر است و ژن‌های مرتبط با رشد عضلانی را از طریق مسیر ERK تنظیم می‌کند (۲۵، ۲۶). بنابراین این احتمال وجود دارد که تمرین قدرتی با تأثیر بر بهبود عملکرد عضلات در ترشح بیشتر آیریزین نقش داشته باشد. در این مطالعه نیز بین قدرت پایین‌تنه و سطوح سرمی آیریزین پس از اجرای پروتکل تمرینی در افراد گروه تمرین ارتباط مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. در نتیجه این احتمال

زنان میان سال بسیار سخت است. پیشنهاد می شود در مطالعات آینده به بررسی مکانیسم های درگیر در نقش آیریزین و BDNF در افزایش قدرت عضلانی پرداخته شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه آزمودنی هایی که در پژوهش حاضر با ما همکاری کردند، تشکر و قدردانی می شود.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه لرستان است و با کد اخلاق 1402.171IR.SSRC.REC از پژوهشگاه تربیت بدن مورد تأیید قرار گرفت.

حامی / حامیان مالی

این مقاله هیچ گونه کمک مالی از هیچ سازمانی در دولتی و غیردولتی دریافت نکرده است.

سهم نویسندگان

همه نویسندگان در تجزیه و تحلیل داده ها و آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته اند.

تضاد منافع

هیچ تضاد منافع از سوی نویسندگان اعلام نشده است.

بازسازی آکسون و دندریتیک، تمایز نورون ها و شکل پذیری سیناپسی (۲۸) این فرض خواهد بود که BDNF با افزایش عمر نورون های حرکتی عصبی و تقویت انتقال عصبی عضلانی در افزایش قدرت عضلانی متعاقب تمرینات قدرتی مؤثر بوده است. علاوه شواهدی وجود دارد که BDNF توسط عضلات نیز ترشح می شود و تولید این پروتئین در عضلات منجر به ترمیم و بازسازی دوباره سلول های عضلانی می شود (۳۴). بنابراین این فرض مطرح خواهد شد که تمرینات قدرتی در پژوهش حاضر با افزایش فعالیت واحد حرکتی موجب افزایش تولید و ترشح BDNF شده است و در نهایت BDNF نیز سبب تغییر در عملکرد و ساختار اعصاب حرکتی و حتی خود عضله اسکلتی شده است. با این حال، ما در این مطالعه مکانیسم های درگیر در افزایش قدرت عضلانی ناشی از افزایش BDNF را بررسی نکردیم. اما به طور کلی نتایج ما در این پژوهش نشان دهنده ارتباط مثبت بین قدرت عضلانی و سطوح سرمی آیریزین و BDNF بود.

نتیجه گیری

به طور خلاصه، نتایج این مطالعه نشان داد که ۱۲ هفته تمرین قدرتی در زنان میان سال غیرفعال غلظت سرمی آیریزین و BDNF را افزایش می دهد. همچنین، بین قدرت عضلانی و میزان سرمی آیریزین و BDNF ارتباط مثبت و معنی داری وجود دارد. این مطالعه دارای محدودیت هایی نیز بود. اول، طرح مطالعه ما، اگرچه شامل یک گروه شاهد بود، تصادفی نبود. همچنین جامعه مورد مطالعه نمونه ای در دسترس بود. بنابراین، هنگام تفسیر نتایج، احتیاط لازم است. دوم، علیرغم تأثیرات احتمالی رژیم غذایی این مورد به طور کامل کنترل نشده است. سوم، شاید تعداد نمونه باشد. البته یافتن نمونه برای شرکت در پروتکل تمرین قدرتی آن هم در گروه

References

- Shirin Shahabi S, Esfarjani F, Reisi J, Momenzadeh S, Jami MS, Saeed Zamani S. The effects of 8-week resistance and endurance trainings on bone strength compared to irisin injection protocol in mice. *Adv Biomed Res.* 2021;10(1):40. [pmid: 35071108](#) [doi: 10.4103/abr.abr_220_20](#)
- Bersiner K, Park SY, Schaaf K, Yang WH, Theis C, Jacko D, et al. Resistance exercise: A mighty tool that adapts, destroys, rebuilds and modulates the molecular and structural environment of skeletal muscle. *Phys Act Nutr.* 2023;27(2):78-95. [pmid: 37583075](#) [doi: 10.20463/pan.2023.0021](#)
- McIntosh MC, Sexton CL, Godwin JS, Rupple BA, Michel JM, Plotkine DL, et al. Different resistance exercise loading paradigms similarly affect skeletal muscle gene expression patterns of myostatin-related targets and mTORC1 signaling markers. *Cells.* 2023;12(6):898. [pmid: 36980239](#) [doi: 10.3390/cells12060898](#)
- Chow LS, Gerszten RE, Taylor JM, Pedersen BK, van Praag H, Trappe S, et al. Exerkines in health, resilience and disease. *Nat Rev Endocrinol.* 2022;18(5):273-89. [pmid: 35304603](#) [doi: 10.1038/s41574-022-00641-2](#)
- Borhani Kakhki Z, Naibifar S, Nakhaei H, Ghasemi E. The effect of eight weeks of high-intensity interval training vs. continuous training on serum Irisin levels and expression of skeletal muscle PGC-1 α gene in male rats with metabolic syndrome [in Persian]. *Journal of Sport and Exercise Physiology.* 2022;15(2):95-103. [doi: 10.52547/joeppa.15.2.95](#)
- Waseem R, Shamsi A, Mohammad T, Hassan MI, Kazim SN, Chaudhary AA, et al. FNDC5/irisin: physiology and pathophysiology. *Molecules.* 2022;27(3):1118. [pmid: 35164383](#) [doi: 10.3390/molecules27031118](#)
- Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, Rasbach KA, et al. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature.* 2012;481(7382):463-8. [pmid: 22237023](#) [doi: 10.1038/nature10777](#)
- Rahimi GRM, Hejazi K, Hofmeister M. The effect of exercise interventions on Irisin level: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *EXCLI J.* 2022;21:524-39. [pmid: 36110558](#) [doi: 10.17179/excli2022-4703](#)
- Ma C, Ding H, Deng Y, Liu H, Xiong X, Yang Y. Affiliations . Irisin: a new code uncover the relationship of skeletal muscle and cardiovascular health during exercise. *Front Physiol.* 2021;12:620608. [pmid: 33597894](#) [doi: 10.3389/fphys.2021.620608](#)
- Aghaei Bahmanbeglou N, et al. High intensity interval training leads to protein synthesis through the complex pathway of a target of rapamycin (mTORC1) in the heart muscle tissue of a type 1 diabetic rats [in Persian]. *J Sabzevar Univ Med Sci.* 2021;28(1):49-55.
- Pignataro P, Dicarlo M, Zerlotin R, Zecca C, Dell'Abate MT, Buccoliero C, et al. FNDC5/Irisin system in neuroinflammation and neurodegenerative diseases: update and novel perspective. *Int J Mol Sci.* 2021;22(4):1605. [pmid: 33562601](#) [doi: 10.3390/ijms22041605](#)

12. Cho SY, Roh HT. Effects of aerobic exercise training on peripheral brain-derived neurotrophic factor and eotaxin-1 levels in obese young men. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(4):1355-8. [pmid: 27190482](#) [doi: 10.1589/jpts.28.1355](#)
13. Halievski K, Xu Y, Haddad YW, Tang YP, Yamada S, Katsuno M, et al. Muscle BDNF improves synaptic and contractile muscle strength in Kennedy's disease mice in a muscle-type specific manner. *J Physiol*. 2020;598(13):2719-39. [pmid: 32306402](#) [doi: 10.1113/jp279208](#)
14. Rojas Vega S, Strüder HK, Vera Wahrmann B, Schmidt A, Bloch W, Hollmann W. Acute BDNF and cortisol response to low intensity exercise and following ramp incremental exercise to exhaustion in humans. *Brain Res*. 2006;1121(1):59-65. [pmid: 17010953](#) [doi:10.1016/j.brainres.2006.08.105](#)
15. Wrann CD, White JP, Salogiannnis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, et al. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. *Cell Metab*. 2013;18(5):649-59. [pmid: 24120943](#) [doi: 10.1016/j.cmet.2013.09.008](#)
16. Volpi E, Nazemi R, Fujita S. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004;7:405-10. [pmid: 15192443](#) [doi: 10.1097/01.mco.0000134362.76653.b2](#)
17. Sjöblom S, Suuronen J, Rikkinen T, Honkanen R, Kröger H, Sirola J. Relationship between postmenopausal osteoporosis and the components of clinical sarcopenia. *Maturitas*. 2013;75(2):175-80. [pmid: 23628279](#) [doi: 10.1016/j.maturitas.2013.03.016](#)
18. Egner IM, Bruusgaard JC, Eftestøl E, Gundersen K. A cellular memory mechanism aids overload hypertrophy in muscle long after an episodic exposure to anabolic steroids. *J Physiol*. 2013;591(24):6221-30. [pmid: 24167222](#) [doi: 10.1113/jphysiol.2013.264457](#)
19. Arazi H, Babaei P, Moghimi M, Asadi A. Acute effects of strength and endurance exercise on serum BDNF and IGF-1 levels in older men. *BMC Geriatr*. 2021;21(1):50. [pmid: 33441099](#) [doi: 10.1186/s12877-020-01937-6](#)
20. Blocquiaux S, Gorski T, van Roie E, Ramaekers M, van Thienen R, Nielens H, et al. The effect of resistance training, detraining and retraining on muscle strength and power, myofibre size, satellite cells and myonuclei in older men. *Exp Gerontol*. 2020;133:110860. [pmid: 32017951](#) [doi: 10.1016/j.exger.2020.110860](#)
21. Tahramuzi M, Seifi-Skishahr F, Afroundeh R, Katebi L, Farzizadeh R. The effect of long-term strength training on serum levels of betatrophin and irisin in elderly men with type 2 diabetes. *Med J Tabriz Uni Med Sciences*. 2023;45(4):325-36. [doi: 10.34172/mj.2023.036](#)
22. Ozan M, Karakurt S, Ağgön E, Ağırbaş Ö, Ucan E, Alp HH. The effects of strenght exercises on body composition and Irisin. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. 2020;9(3):178-86. [doi:10.26655/IJAEP.2020.3.6](#)
23. Ferreira L, Borges M, Yumi Nagata G, Silva Barroso LS. Effects of a single strength training session on the peripheral concentrations of irisin in trained men. 2023. [doi:10.21203/rs.3.rs-3263741/v1](#)
24. Izaddoust F, Shabani R. Effects of strength training on serum levels of irisin and myostatin hormones, and their association with lipid profiles in untrained women [in Persian]. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2017;19(1):41-9.
25. Huh JY, Dincer F, Mesfum E, Mantzoros CS. Affiliations . Irisin stimulates muscle growth-related genes and regulates adipocyte differentiation and metabolism in humans. *I Int J Obes (Lond)*. 2014;38(12):1538-44. [pmid: 24614098](#) [doi: 10.1038/ijo.2014.42](#)
26. Camporez JPG, Petersen MC, Abudukadier A, Moreira GV, Jurczak MJ, Friedman G, et al. Anti-myostatin antibody increases muscle mass and strength and improves insulin sensitivity in old mice. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113(8):2212-7. [pmid: 26858428](#) [doi: 10.1073/pnas.1525795113](#)
27. Fortunato AK, Pontes WM, De Souza DMS, Ferreira Prazeres JS, Marcucci-Barbosa LS, Mól Santos JM, et al. Strength training session induces important changes on physiological, immunological, and inflammatory biomarkers. *J Immunol Res*. 2018;9675216. [pmid: 30046617](#) [doi: 10.1155/2018/9675216](#)
28. Nuvagah Forti L, Njemini R, Beyer I, Eelbode E, Meeusen R, Mets T, et al. Strength training reduces circulating interleukin-6 but not brain-derived neurotrophic factor in community-dwelling elderly individuals. *Age (Dordr)*. 2014;36(5):9704. [pmid: 25128203](#) [doi: 10.1007/s11357-014-9704-6](#)
29. Borges Junior M, Jacomini Tavares LF, Yumi Nagata G, Silva Barroso LS, Fernandes HB, Souza-Gomes FA, et al. Impact of strength training intensity on brain-derived neurotrophic factor. *Int J Sports Med*. 2024;45(02):155-61. [pmid: 37871642](#) [doi: 10.1055/a-2197-1201](#)
30. Schiffer T, Schulte S, Hollmann W, Bloch W, Strüder HK. Effects of strength and endurance training on brain-derived neurotrophic factor and insulin-like growth factor 1 in humans. *Horm Metab Res*. 2009;41(3):250-54. [pmid: 18975254](#) [doi: 10.1055/s-0028-1093322](#)
31. Marston KJ, Newton MJ, Brown BM, Rainey-Smith SR, Bird S, N Martins R, et al. Intense resistance exercise increases peripheral brain-derived neurotrophic factor. *J Sci Med Sport*. 2017;20(10):899-903. [pmid: 28511848](#) [doi: 10.1016/j.jsams.2017.03.015](#)
32. Valipour Dehnou V, Motamedi R. The effect of one circuit training session on the serum levels of brain-derived neurotrophic factor and insulin-like growth factor-1 in the elderly [in Persian]. *Salmand: Iranian Journal of Ageing* 2019;13(4):428-39. [doi: 10.32598/SIJA.13.4.428](#)
33. Tsai SW, Chan YC, Liang F, Hsu CY, Lee IT. Brain-derived neurotrophic factor correlated with muscle strength in subjects undergoing stationary bicycle exercise training. *J Diabetes Complications*. 2015;29(3):367-71. [pmid: 25682570](#) [doi: 10.1016/j.jdiacomp.2015.01.014](#)
34. Ravasi AA, Pournemati P, Kordi MR, Hedayati M. The effects of resistance and endurance training on BDNF and cortisol levels in young male rats [in Persian]. *Journal of Sport Biosciences*. 2013;5(1):49-78. [doi: 10.22059/jsb.2013.30458](#)