پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۳
ص ص : ۷۷ - ۶۷

# ورزش مقاومتی با شدت متوسط سطوح سرمی Cathepsin B و BDNF در پرورش‌اندام‌کاران مرد بزرگسال را افزایش می‌دهد

**پویا اعرابیان [۱] - وحید ولی‌پور ده‌نو*[۲] – علی گُرزی [۳]**

*۱.کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران ۳. دانشیار فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران*

(تاریخ دریافت : ۲۶/ ۱۴۰۱/۱۰ ، تاریخ تصویب : ۱۸/ ۰۵/ ۱۴۰۲)

## چکیده

کاتپسین B پس از ورود به جریان خون و عبور از سد خونی-مغزی می‌تواند با افزایش بیان BDNF حافظه و یادگیری را بهبود دهد. هدف پژوهش این مطالعه بررسی اثر یک جلسه ورزش مقاومتی بر سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF در پرورش‌اندام‌کاران مرد بود. در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۱ مرد (سن: ۳/۹۶±۲۷/۹۵ سال، وزن: ۹/۳۵±۷۹/۰۹ کیلوگرم، قد: ۴/۷۴±۱۷۶/۹۰ سانتی‌متر) به‌طور داوطلبانه شرکت کردند. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی و بر اساس میزان یک تکرار بیشینه حرکات اسکوات و پرس سینه به دو گروه کنترل (۱۰ نفر) و تجربی (۱۱ نفر) تقسیم شدند. ۳ روز پیش از تمرین، درصد چربی و یک تکرار بیشینه حرکات اسکوات و پرس‌سینه کلیه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در روز تمرین، آزمودنی‌های گروه تجربی حرکات اسکوات، جلو پا، پرس سینه با هالتر، پرس سینه با دمبل، سرشانه از جلو، سرشانه از پشت، زیر بغل سیم‌کش از پشت، زیر بغل H و دراز و نشست به‌صورت ۴ نوبت با ۱۰ تکرار را با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام دادند. ۵ دقیقه پیش و پس از انجام تمرین، نمونه‌گیری خونی انجام شد. برای اندازه‌گیری BDNF و کاتپسین B از کیت‌های الایزا استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها از تحلیل کوواریانس و ضریب همبستگی پیرسون در سطح ۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که تمرین مقاومتی سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد (p<۰/۰۵). به‌علاوه، بین وزن بدون چربی و سطوح پایه و پس از ورزش BDNF (به‌ترتیب: r=۰/۴۱ و r=۰/۱۷) و کاتپسین B (به‌ترتیب r=۰/۱۷ و r=۰/۰۶) همبستگی مثبت غیر معناداری وجود دارد (p>۰/۰۵). همچنین، بین افزایش‌ها در سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B همبستگی مثبت غیر معناداری وجود دارد (r=۰/۵۷۴، p=۰/۰۶). تمرین مقاومتی با شدت متوسط سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B در پرورش‌اندام‌کاران مرد را افزایش می‌دهد که احتمالاً می‌تواند در بهبود حافظه و یادگیری مؤثر باشد.

## واژه‌های کلیدی

پرورش‌اندام‌کار، عضله اسکلتی، کاتپسین B، BDNF .

* نویسنده مسئول : پست الکترونیکی: valipour.v@lu.ac.ir

**مقدمه**

در سال‌های اخیر اثرات سودمند ورزش منظم بر عملکردهای شناختی و بیان پروتئین‌های مربوطه به‌طور زیادی افزایش یافته است (۱). همچنین، اجرای فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه ورزش مقاومتی ارتباط بسیار نزدیکی با فعالیت‌های شناختی افراد دارد و خاصیت آبشار فرایندهای نورون‌زایی، بهبود حافظه و شکل‌پذیری مغز در پی اجرای تمرینات ورزشی به اثبات رسیده است (۲). به هر حال، نقش طولانی مدت فعالیت جسمانی در بهبود عملکرد شناختی و عملکرد ذهنی در نتیجه اثرات تجمعی جلسات حاد فعالیت جسمانی در افزایش پاسخ برخی از پروتئین های مرتبط با این عملکردها است (۱).

برای قرن‌ها فیلسوفان ایده‌هایی داشته‌اند که موافق وجود حلقه درون ریزی عضله-مغز[1] بوده است. در حقیقت آن‌ها رابطه بین تفکر سالم و پیاده‌روی به‌عنوان فعالیت جسمانی را تشخیص داده‌اند. انسان‌های نخستین که توده عضله‌شان را افزایش داده بودند به موازات آن تغییرات مثبتی در مغزشان اتفاق افتاده بود و مغز آنها را سالم نگه داشته بود. به هر حال، چشم‌اندازهای تاریخی و تکاملی رابطه‌ای قوی بین عضلات و مغز را نشان داده‌اند (۳). در واقع، با به‌کارگیری و فعال‌سازی توده عضله به‌وسیله ورزش مقاومتی می‌توان سلامتی مغزی و ذهنی را تقویت کرد (۲).

عضله اسکلتی تقریباً ۴۰ درصد کل توده بدن را تشکیل می‌دهد و بافتی بسیار شکل‌پذیر است که می‌تواند در پاسخ به پیام‌های فشارهای داخلی و خارجی مانند انقباض عضله و تغذیه، ساختار و سوخت و ساز خود را تغییر دهد (۴). سلول‌های عضله اسکلتی نیازمندی‌های انرژی‌شان را از طریق ترشح فعال، با دیگر بافت‌ها مرتبط می‌کنند. پروتئین های ترشحی از عضله که به‌طور کلی مایوکاین نامیده می شوند اثرات اتوکرین، پاراکرین و درون‌ریز دارند که بسیاری از آنها در پاسخ به انقباض یا تمرین مقاومتی ترشح می‌شوند و می‌توانند اثرات سودمندی بر سلامت ذهنی داشته باشند (۳، ۴، ۵).

به‌طور کلی، پلی‌پپتیدهای خانواده نوروتروفین برای تنظیم فرایندهای عصبی در نورون‌زایی مانند تکثیر، تمایز، بلوغ و شکل‌پذیری ضروری هستند. در بین این خانواده، عامل مغذی عصبی مشتق از مغز[2](BDNF) به‌طور زیادی در مغز بیان می‌شود و عمدتاً در حین ورزش سنتز می‌شود (۱، ۶). مطالعات نشان داده‌اند که BDNF نقش بسیار مهمی در پیشگیری از آلزایمر داشته (۷) و ورزش مقاومتی به‌طور حاد می‌تواند سطوح گردش خونی BDNF را افزایش دهد و این افزایش با تغییرات ساختاری، بیولوژیکی و روانشناختی همراه است (۸). به‌علاوه، در حین ورزش کاتپسین B[3] که یک مایوکاین است، از عضلات اسکلتی ترشح می‌شود و از سد خونی مغزی عبور می‌کند تا بیان BDNF در هایپوکمپ و در نتیجه نورون‌زایی و بهبود حافظه را وساطت کند (۱، ۳، ۶). به‌تازگی مطالعه‌ای نشان داده است که کاتپسین B که در نتیجه ورزش از عضلات آزاد می‌شود به‌طور مؤثری نورون‌زایی را تنظیم می‌کند. به‌طور مثال، نشان داده شده که دویدن روی نوارگردان سطوح کاتپسین B در عضله اسکلتی و در جریان خون را افزایش می‌دهد (۹).

از آنجا که پژوهشگران کاهش سطوح سرمی BDNF بر اثر گذشت سن از دوران بزرگسالی را گزارش نموده‌اند (۱۰) و از طرف دیگر، افزایش سطوح BDNF بر اثر اجرای تمرینات هوازی یک جلسه‌ای نیز گزارش شده است (۱۱-۱۳)، همچنین وجود روش‌های تمرینی مختلف برای بهبود

[1] . Muscle–Brain Endocrine Loop
[2] . Brain-derived Neurotrophic Factor
[3] . Cathepsin B

سلامتی و تندرستی، ضرورت بررسی اثر اجرای تمرینات مقاومتی بر شاخص‌های مؤثر بر یادگیری و حافظه محسوس است. به هر حال، با گذشت سن تعامل[1] بین عضلات و مغز کاهش یافته و شاخص‌های یادگیری و حافظه تعدیل می شوند (۱۴). مطالعه‌ای که توسط روزا و همکاران (۲۰۱۹) انجام شده نشان می‌دهد که اجرای طولانی‌مدت ورزش‌های مختلف (تنیس، راگبی، فوتبال، تکواندو، دویدن و...) موجب تعدیل سطوح استراحتی شاخص‌های مربوط به حافظه از جمله کاتپسین B و BDNF می‌شود (۱۴).

کاهش معنی‌دار سطوح استراحتی کاتپسین B، BDNF و مالون‌دی‌آلدئید همچنین بهبود حافظه بر اثر اجرای ورزش‌های گوناگون گزارش شده است (۱، ۱۴)، همچنین، نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی از سطوح استراحتی کاهش یافته BDNF بر اثر اجرای تمرینات طولانی‌مدت است (۱۵). علاوه بر این، چندین مطالعه افزایش سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF در پاسخ به یک جلسه ورزش مقاومتی را نشان داده‌اند (۸، ۱۶).

براساس پیشینهٔ مطالعه شده تاکنون مطالعه‌ای پاسخ های حاد و همزمان این دو پروتئین به ورزش مقاومتی و همزمان رابطه این دو پروتئین با توده بدون چربی را بررسی نکرده است. به هر حال، با توجه به اینکه مایوکاین کاتپسین B از عضله اسکلتی در پاسخ به ورزش مقاومتی بیان می شود و با توجه به ارتباط بین عضله اسکلتی و مغز و تأثیر توده عضله اسکلتی بر سلامت جسم و ذهن، مطالعه حاضر در صدد این است تا سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF در پرورش‌اندام‌کاران مرد با توده‌های متفاوت عضله اسکلتی در پی اجرای یک جلسه ورزش مقاومتی حاد را بررسی نماید. بنابراین، فرضیه ما این است که ورزش مقاومتی سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF را افزایش می‌دهد و این افزایش‌ها با توده بدون چربی همبستگی معنادار دارد.

## روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل در سال ۱۳۹۸ در شهر اندیمشک انجام شد. نمونه آماری پژوهش ۲۱ مرد پرورش‌اندام‌کار (سن: ۳/۹۶±۲۷/۹۵ سال، وزن: ۹/۳۵±۷۹/۰۹ کیلوگرم، قد: ۴/۷۴±۱۷۶/۹۰ سانتی‌متر) بودند که به‌طور میانگین ۴ سال سابقه تمرین با وزنه منظم داشتند. سپس، با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور[2] (نسخه ۳,۱,۹,۶) برای تعیین تعداد آزمودنی‌های لازم با در نظر گرفتن آلفای ۰/۰۵، توان (β- ۱) ۰/۸ و اندازه اثر f=۰/۳، تعداد ۲۰ آزمودنی برای پژوهش در نظر گرفته شد (۱۷). آزمودنی‌ها به‌طور داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: داشتن سلامتی کامل جسمانی، مصرف نکردن استروئیدهای آنابولیک و تمایل به شرکت در پژوهش. معیارهای خروج عبارت بودند از: بروز مشکلات قلبی- عروقی یا جسمانی در حین تمرین و تمایل نداشتن به ادامه تمرین.

۷۲ ساعت پیش از جلسه تمرین مقاومتی، با استفاده از پروتکل استاندارد یک تکرار بیشینه حرکات اسکوات و پرس سینه آزمودنی‌ها مشخص شد (جدول ۱) (۱۸). به‌طور خلاصه، ابتدا یک تکرار بیشینه فرضی آزمودنی‌ها مشخص شد و با ۵۰ درصد آن ۵ تکرار انجام شد. سپس با ۷۰ درصد ۳ تکرار و با ۹۰ درصد یک تکرار را انجام دادند. در ادامه از آزمودنی‌ها خواسته شد با اضافه کردن وزنه نهایتاً با ۵ تلاش به یک تکرار بیشینه خودشان دست یابند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی (بر اساس قدرت یک تکرار بیشینه حرکات

[1]. Crosstalk

[2]. G*Power software version 3.1.9.6

اسکوات و پرس سینه همچنین کنترل دیگر متغیرهای مستقل) به دو گروه کنترل (۱۰ نفر) و تجربی (۱۱ نفر) تقسیم شدند. سپس در روز تمرین، آزمودنی‌ها ابتدا به‌مدت ۱۰ دقیقه گرم کردن ویژه پیش از انجام تمرین مقاومتی را انجام دادند. سپس از آنها خواسته شد که به‌ترتیب حرکات اسکوات، جلو پا با دستگاه، پرس سینه با هالتر، پرس سینه با دمبل، سرشانه از جلو، سرشانه از پشت، زیر بغل سیم کش از پشت، زیر بغل H و دراز و نشست به‌صورت ۴ دور با ۱۰ تکرار با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه را انجام دهند. در بخش سرد کردن، آزمودنی‌ها به‌مدت ۵ دقیقه حرکات کششی غیرفعال را انجام دادند. جلسه تمرینی با احتساب دوره‌های گرم کردن و سرد کردن تقریباً ۸۰ دقیقه به طول انجامید. آزمودنی‌های گروه کنترل هیچ‌گونه تمرینی در ۷۲ ساعت قبل از خون‌گیری نداشتند.

برای تعیین ضخامت چین پوستی آزمودنی‌ها از روش سه نقطه‌ای استفاده شد. در این روش از ضخامت چین پوستی سینه‌ای، شکمی و ران استفاده شد. سپس، برای برآورد چگالی بدن از فرمول جکسون و پولاک[1] و برای تعیین درصد چربی بدن از فرمول سیری[2] استفاده شد (۱۹). پس از برآورد درصد چربی بدن، وزن چربی به‌صورت حاصل‌ضرب درصد چربی بدن در وزن بدن محاسبه شد. سپس، با کم کردن وزن چربی از وزن بدن، وزن بدون چربی یا توده بدون چربی آزمودنی‌ها مشخص شد (جدول ۱).

برای انجام نمونه خونی، ابتدا پیش از گرم کردن یعنی رأس ساعت ۱۵ از آزمودنی‌ها نمونه خونی اول گرفته شد. سپس مرحله گرم کردن انجام شد و ۵ دقیقه پس از انجام جلسه تمرینی، نمونه خونی بعدی از آنها به عمل آمد. نمونه خونی از ورید آنتی‌کوبیتال گرفته شد و سریع برای جلوگیری از انعقاد داخل لوله‌های حاوی EDTA ریخته شد. سپس نمونه خونی با ۳۵۰۰ دور در دقیقه برای ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و سرم به‌دست آمده در داخل تیوب های ویژه ریخته شد و برای آزمایش‌های بعدی در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

غلظت‌های سرمی BDNF و کاتپسین B به‌وسیله کیت های الایزا (BDNF: حساسیت: ۰/۰۶۳ نانوگرم / میلی‌لیتر، دامنه تشخیص: ۲۰- ۰/۳۱۲ نانوگرم / میلی‌لیتر و کاتپسین B: حساسیت: ۰/۰۷۸ نانوگرم / میلی‌لیتر، دامنه تشخیص: ۳۱۲-۰/۲۰ نانوگرم / میلی‌لیتر، کازابایو، ژاپن) بر اساس دستورالعمل شرکت مربوطه اندازه‌گیری شدند.

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردارند. سپس، برای بررسی تفاوت‌های درون گروهی و بین‌گروهی از تحلیل کواریانس استفاده شد. همچنین، برای بررسی ارتباط بین متغیرهای وابسته و ارتباط بین متغیرهای وابسته و توده بدون چربی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. سطح معنی‌داری نیز $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها**

ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

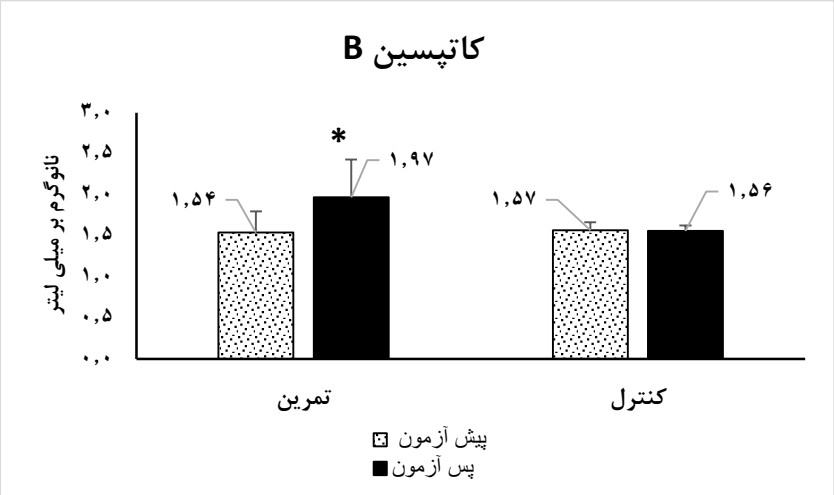
[1]. Jackson and Pollock

[2]. Siri

**جدول ۱. ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها (میانگین ± انحراف‌معیار)**

| گروه / شاخص | یک تکرار بیشینه اسکوات | یک تکرار بیشینه پرس سینه | درصد چربی | وزن چربی | وزن بدون چربی |
|---|---|---|---|---|---|
| تجربی | ۹۲/۱۳±۲۲/۲۵ | ۸۱/۹±۸۲/۸۲ | ۱۱/۲±۹۱/۷۰ | ۹/۳±۵۹/۱۰ | ۷۰/۶±۹۲/۲۴ |
| کنترل | ۹۲/۱۰±۵۰/۸۶ | ۸۲/۸±۵۰/۲۴ | ۱۱/۱±۸۰/۶ | ۱۰/۱±۵۴/۲۷ | ۷۴/۶±۶۵/۴۷ |

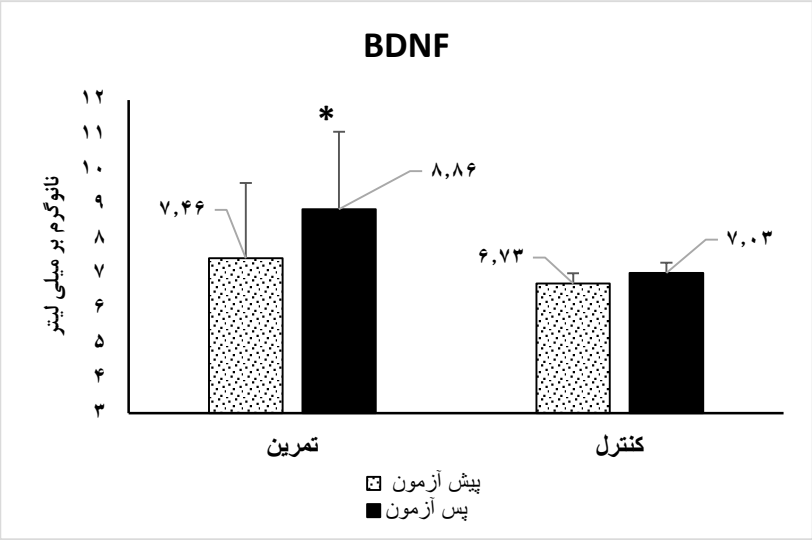
نتایج آزمون تحلیل کواریانس نشان داد که یک جلسه تمرین مقاومتی در پرورش‌اندام‌کاران مرد سطوح سرمی کاتپسین B را به‌طور معناداری ($\eta^2$=۰/۳۹ ، CI[۰/۰-۱۷/۷۱] ٪۹۵ ، P=۰/۰۰۳ ، F۱،۱۷=۱۱/۶۸) افزایش می‌دهد (شکل ۱).




**شکل ۱. سطح سرمی Cathepsin B قبل و پس از اجرای یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت متوسط**

*تفاوت معنی‌دار با پیش‌آزمون و گروه کنترل (p<۰/۰۵).

همچنین نتایج آزمون تحلیل کواریانس نشان داد که یک جلسه تمرین مقاومتی در پرورش‌اندام‌کاران مرد سطوح سرمی BDNF را به‌طور معناداری ($\eta^2$=۰/۳۴ ، CI[۰/۱-۲۸/۶۲] ٪۹۵ ، P=۰/۰۰۸ ، F۱،۱۷=۸/۹۸) افزایش می‌دهد (شکل ۲).




**شکل ۲. سطح سرمی BDNF قبل و پس از اجرای یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت متوسط.**

*تفاوت معنی‌دار با پیش‌آزمون و کنترل (p<۰/۰۵).

به‌علاوه، نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین وزن بدون چربی و سطوح سرمی پایه و پس از ورزش BDNF و کاتپسین B همبستگی مثبت غیر معناداری وجود دارد (p>۰/۰۵). همچنین، بین افزایش‌ها در سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B همبستگی مثبت نزدیک به سطح معناداری وجود دارد (r=۰/۵۷۴ و p=۰/۰۶۵).

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که یک جلسه ورزش مقاومتی با شدت متوسط در پرورش‌اندام‌کاران مرد سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B را افزایش می‌دهد. همچنین همبستگی مثبت غیر معناداری بین افزایش‌ها در سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B وجود دارد. به‌علاوه، بین وزن بدون چربی و سطوح سرمی پایه و پس از ورزش BDNF و کاتپسین B همبستگی مثبت غیر معناداری وجود دارد.

بهبود عملکرد شناختی از طریق آبشار فرایندهای سلولی و مولکولی که آنژیوژنز، نروژنز، گلیوژنز[1] و سیناپتوژنز و از این طریق یادگیری، حافظه و خاصیت تغییر شکل پذیری مغز را بهبود می‌بخشند، بر اثر ورزش جسمانی به اثبات رسیده است (۲). بر اساس یافته‌های پژوهشگران، افزایش سن با افزایش رادیکال‌های آزاد و کاهش ظرفیت آنتی‌اُکسیدانی همراه است (۲۰، ۲۱). از طرفی دیگر، ارتباط بسیار نزدیکی بین شاخص‌های آنتی‌اُکسیدانی و سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF وجود دارد (۱۴). به‌علاوه، ارتباط منفی بین سطوح BDNF و فشار اکسایش وجود دارد (۲۲) و افزایش رادیکال‌های آزاد بر اثر تمرینات ورزشی سنگین نیز گزارش شده است (۲۳، ۲۴). بنابراین، از آنجا که BDNF نرون‌ها را در برابر تخریب حمایت می‌کند، افزایش آن می‌تواند اثرات مثبتی بر شاخص‌های عصبی (ساختاری و بیولوژیکی) در پی داشته‌باشد (۲۵).

در مطالعه‌ای نشان داده شده که سطوح سرمی BDNF پس از ورزش حاد مقاومتی افزایش می‌یابد (۱۶). علاوه بر اثرات حاد، برخی پژوهش‌ها از سطوح استراحتی کاهش یافته BDNF بر اثر اجرای تمرینات طولانی مدت خبر داده اند (۱۵). از آنجا که کاهش سطوح سرمی BDNF بر اثر

[1]. Gliogenesis

گذشت سن (۱۰) و افزایش سطوح BDNF بر اثر اجرای ورزش هوازی و مقاومتی یک جلسه‌ای در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است (۱۳-۱۱، ۲۵، ۲۶)، یافته‌های پژوهش حاضر از سودمندی تمرینات مقاومتی بر شاخص های مؤثر بر یادگیری و حافظه و احتمالاً پیشگیری از آلزایمر به‌ویژه در افراد پا به سن گذاشته حمایت می‌کند. با توجه به اینکه پژوهش‌های پیشین اثرات مثبت اجرای تمرینات مقاومتی بر شاخص‌های آنتی‌اُکسیدانی بدن را نشان داده‌اند (۲۷) به نظر می‌رسد بهبود وضعیت آنتی اُکسیدانی بدن به‌وسیله تمرینات مقاومتی با شدت متوسط منجر به بهبود سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF پرورش اندام‌کاران در پژوهش حاضر شده است. در تأیید این موضوع، نشان داده شده که تمرینات ورزشی با شدت سبک تا متوسط منجر به بهبود تعادل آنتی‌اُکسیدانی و کاهش اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد می‌شود (۲۸). بهبود دستگاه آنتی‌اُکسیدانی بدن بر اثر اجرای تمرینات مقاومتی سبک تا متوسط (۳۱-۲۹)، می‌تواند یکی از سازوکارهای پیشگیری از تخریب بافت عصبی و در نتیجه بهبود حافظه باشد (۱۴). با توجه به همبستگی قابل‌توجه (اما غیر معنی‌دار) توده بدون چربی بدن و سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF در آزمودنی‌های پژوهش حاضر همچنین نقش توده عضلانی در ترشح مایوکاین کاتپسین B که می‌تواند بر بهبود BDNF و در نتیجه حافظه و یادگیری اثرگذار باشد، جنبه تقویت توده عضلانی بر اثر اجرای تمرینات مقاومتی یکی دیگر از سازوکارهای مؤثر در این فرایند می‌باشد. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که بدانیم که برخی پژوهشگران معتقدند که اُفت توان آنتی‌اُکسیدانی بدن با ضعف جسمانی (سن بیولوژیکی) رابطه بیشتری دارد تا سن تقویمی (۳۲).

همچنین، افزایش سطوح سرمی کاتپسین B و BDNF در نتیجه ورزش مقاومتی به‌طور حاد نشان داده شده است (۸، ۱۶). علاوه بر این، تعدیل سطوح استراحتی کاتپسین B و BDNF و همزمان بهبود حافظه بر اثر اجرای تمرینات ورزشی طولانی‌مدت گوناگون گزارش شده است (۱، ۱۴). با توجه به ارتباط بین کاتپسین B و BDNF با حافظه، به نظر می‌رسد که این دو شاخص بلافاصله پس از اجرای تمرینات مقاومتی و هوازی یک‌جلسه‌ای افزایش می‌یابند، اما در طولانی‌مدت دارای سطوح استراحتی پایین‌تری نسبت به افراد عادی یا شرایط پیش از اجرای تمرینات هستند که می‌تواند ناشی از سازگاری به این نوع تمرینات یا افزایش حساسیت گیرنده‌های آنها باشد (۱). از آنجایی که BDNF در ترمیم آسیب‌های ریز ایجاد شده در طی فعالیت بدنی نقش دارد (۳۳)، مقادیر سرمی پایین آن در حالت استراحت پس از اجرای تمرینات طولانی مدت می تواند ناشی از بهره‌گیری از آنها در بافت‌های آسیب دیده و کارایی بالاتر سیگنالینگ BDNF و کاتپسین B باشد (۱۴).

با توجه به ارتباط بین عضله اسکلتی و مغز و نقش کاتپسین B به‌عنوان یک مایوکاین (که از عضله اسکلتی ترشح می‌شود) که می‌تواند عملکردهای مغز (مانند حافظه و یادگیری) را بهبود دهد همچنین، نقش کلیدی عضله اسکلتی در ورزش (۱)، استفاده از ظرفیت عضلات اسکلتی در حین ورزش برای بهبود عملکرد مغز ضروری به نظر می رسد (۱). در این مطالعه نشان داده شد که هر دو BDNF و کاتپسین B پس از تمرین افزایش معنادار یافته‌اند که همبستگی مثبت آنها همچنین همبستگی مثبت بین توده بدون چربی و سطوح کاتپسین B به‌عنوان یک محرک BDNF، جالب توجه می‌باشد، هر چند این همبستگی معنادار نبوده است. اگر چه به نظر می‌رسد اگر شدت تمرین مقاومتی بیشتر می‌بود، با توجه بهبه‌کارگیری بیشتر تارهای عضلانی، این تغییرات در سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B و ارتباط با توده بدون چربی بیشتر قابل‌توجه بود. زیرا نشان داده شده که تمرینات مقاومتی با شدت بالاتر سطوح

سرمی BDNF را بیشتر افزایش می‌دهند (۳۴) که به نظر می‌رسد به‌علت به‌کارگیری تارهای عضلانی بیشتر باشد. بر خلاف فرضیه ما که بیان شد همبستگی مثبت معناداری بین سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B با توده بدون چربی بدن وجود دارد، این همبستگی معنادار نبود. بنابراین، با توجه به اینکه بیان این دو مایوکاین به‌طور عمده از عضلات اسکلتی منشأ می‌گیرد (۱۶)، اما این ارتباط مثبت اما معنادار نبوده است، به نظر می‌رسد که علاوه بر کمیت عضله اسکلتی، کیفیت آن نیز باید در نظر گرفته شود. اما، این فرضیه در مطالعات بعدی باید مورد آزمون قرار گیرد. از محمدودیت‌های این مطالعه می‌توان به این موارد اشاره نمود: ۱. تعداد کم آزمودنی‌ها، ۲. انجام ندادن ورزش مقاومتی برای مدت طولانی، ۳. ارزیابی نکردن کیفیت عضله اسکلتی از طریق اندازه‌گیری متغیرهای فیزیولوژیکی مانند توان، سرعت و غیره و ۴. عدم استفاده از شدت‌های متفاوت تمرین مقاومتی که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرد.

در پژوهش حاضر، ورزش مقاومتی حاد (یک جلسه‌ای) سطوح سرمی BDNF و کاتپسین B در پرورش‌اندام‌کاران مرد را افزایش داد که افزایش این عوامل احتمالاً می‌تواند در بهبود حافظه و یادگیری مؤثر باشد، اگر چه در مطالعه حاضر بررسی نشده است. از این رو، به افرادی که به سنین میانسالی می‌رسند، توصیه می‌شود برای پیشگیری از کاهش سطوح سرمی BDNF بر اثر گذشت سن پس از دوران بزرگسالی و پیشگیری از عوارض ناشی از پیری همچون آلزایمر و بهبود حافظه و یادگیری، از اجرای تمرین مقاومتی با شدت متوسط بهره‌مند شوند.

## قدردانی

این پژوهش مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی گرایش بالینی دانشگاه لرستان می باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه لرستان انجام شد. همچنین، از کلیه آزمودنی‌ها که امکان انجام مطالعه را فراهم نمودند، سپاس‌گزاری می‌نماییم.

**References**


1. Gökçe E, Güneş E, Arı F, Hayme S, Nalçacı E. Comparison of the effects of open-and closed-skill exercise on cognition and peripheral proteins: A cross-sectional study. PloS one. 2021;16(6):e0251907.
2. Van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ, Gage FH. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1999;96(23):13427-31.
3. Pedersen BK. Physical activity and muscle–brain crosstalk. Nature Reviews Endocrinology. 2019;15(7):383.
4. Camera DM. Anabolic Heterogeneity Following Resistance Training: A Role for Circadian Rhythm?. Frontiers in physiology. 2018;9.
5. Giudice J, Taylor JM. Muscle as a paracrine and endocrine organ. Current opinion in pharmacology. 2017;1(34):49-55.
6. Liu PZ, Nusslock R. Exercise-mediated neurogenesis in the hippocampus via BDNF. Frontiers in neuroscience. 2018;7(12):52.
7. Colucci-D'Amato L, Speranza L, Volpicelli F. Neurotrophic Factor BDNF, Physiological Functions and Therapeutic Potential in Depression, Neurodegeneration and Brain Cancer. International journal of molecular sciences. 2020;21(20):7777.
8. Walsh JJ, Tschakovsky ME. Exercise and circulating BDNF: mechanisms of release and implications for the design of exercise interventions. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2018;43(11):1095-104.
9. Tari AR, Norevik CS, Scrimgeour NR, Kobro-Flatmoen A, Storm-Mathisen J, Bergersen LH, Wrann CD, Selbæk G, Kivipelto M, Moreira JB, Wisløff U. Are the neuroprotective effects of exercise training systemically mediated? Progress in cardiovascular diseases. 2019 Feb 22.
10. Sallam N, Laher I. Exercise modulates oxidative stress and inflammation in aging and cardiovascular diseases. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2016;2016.
11. 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(5):934-41.
12. Schmolesky MT, Webb DL, Hansen RA. The effects of aerobic exercise intensity and duration on levels of brain-derived neurotrophic factor in healthy men. Journal of sports science & medicine. 2013;12(3):502.
13. Babaei P, Damirchi A, Mehdipoor M, Tehrani BS. Long term habitual exercise is associated with lower resting level of serum BDNF. Neuroscience letters. 2014;566:304-8.
14. De la Rosa A, Solana E, Corpas R, Bartrés-Faz D, Pallàs M, Vina J, et al. Long-term exercise training improves memory in middle-aged men and modulates peripheral levels of BDNF and Cathepsin B. Scientific reports. 2019;9(1):3337.

15.Çakır-Atabek H, Özdemir F, Çolak R. Oxidative stress and antioxidant responses to progressive resistance exercise intensity in trained and untrained males. Biology of sport. 2015;32(4):321.
16.Azhideh S, Valipour-Dehnou V, Hasanzadeh Sartiuki S, Molanouri-Shamsi M, Gahreman D. Effects of open and closed-skill exercises on serum levels of Cathepsin B, Irisin, BDNF and Doublecortin in female wrestlers. Journal of Applied Exercise Physiology. 2021;17(33):61-71.
17.Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior research methods. 2007;39(2):175-91.
18.Pescatello LS, Riebe D, Thompson PD, editors. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9nd ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
19.Werner WH, Hoeger SA. Lifetime Physical Fitness & Wellness: A Personalized Program. 12nd ed. Cengage Learning; 2015.
20.Kasapoglu M, Özben T. Alterations of antioxidant enzymes and oxidative stress markers in aging. Experimental gerontology. 2001;36(2):209-20.
21.Hacioglu G, Senturk A, Ince I, Alver A. Assessment of oxidative stress parameters of brain-derived neurotrophic factor heterozygous mice in acute stress model. Iran J Basic Med Sci. 2016;19(4):388–393.
22.Simioni C, Zauli G, Martelli AM, et al. Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. Oncotarget. 2018;9(24):17181–98.
23.He F, Li J, Liu Z, Chuang CC, Yang W, Zuo L. Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise. Front Physiol. 2016;7:486.
24.Gonzalez A, Moya-Alvarado G, Gonzalez-Billaut C, Bronfman FC. Cellular and molecular mechanisms regulating neuronal growth by brain-derived neurotrophic factor. Cytoskeleton (Hoboken). 2016;73(10):612-628.
25.Johnson TK, Belcher DJ, Sousa CA, Carzoli JP, Visavadiya NP, Khamoui AV, et al. Low Volume Acute Multi-Joint Resistance Exercise Elicits a Circulating Brain-Derived Neurotrophic Factor Response but Not a Cathepsin B Response in Well-Trained Men. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2020;45(12):1332-1338.
26.Webster MJ, Herman MM, Kleinman JE, Weickert CS. BDNF and trkB mRNA expression in the hippocampus and temporal cortex during the human lifespan. Gene Expression Patterns. 2006;6(8):941-51.
27.Stadtman ER. Role of oxidant species in aging. Current medicinal chemistry. 2004;11(9):1105-12.
28.Rasmussen P, Brassard P, Adser H, Pedersen MV, Leick L, Hart E, et al. Evidence for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise. Experimental physiology. 2009;94(10):1062-9.
29.Bostick B, Aroor AR, Habibi J, Durante W, Ma L, DeMarco VG, et al. Daily exercise prevents diastolic dysfunction and oxidative stress in a female mouse model of western diet

induced obesity by maintaining cardiac heme oxygenase-1 levels. Metabolism. 2017;66:14-22.

30. Vincent HK, Bourguignon C, Vincent KR. Resistance training lowers exercise-induced oxidative stress and homocysteine levels in overweight and obese older adults. Obesity. 2006;14(11):1921-30.
31. Van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ, Gage FH. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1999;96(23):13427-31.
32. Vina J, Borras C, Gomez-Cabrera MC. A free radical theory of frailty. Free Radical Biology and Medicine. 2018;124:358-63.
33. Clow C, Jasmin BJ. Brain-derived neurotrophic factor regulates satellite cell differentiation and skeltal muscle regeneration. Molecular biology of the cell. 2010;21(13):2182-90.
34. Yarrowa JF, Whitec LJ, McCoya SC, Borst SE. Training augments resistance exercise induced elevation of circulating brain derived neurotrophic factor (BDNF). Neuroscience Letters. 2010;479:161-165.

# Moderate-intensity resistance exercise increases serum levels of Cathepsin B and BDNF in adult male bodybuilders

**Pouya Aarabiyan[1] - Vahid Valipour Dehnou[2*] - Ali Gorzi[3]**

**1. MSc Student of Exercise Physiology, Sport Sciences Department, Literature & Human Sciences faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran 2. Associate Professor of Exercise Physiology, Sport Sciences Department, Literature & Human Sciences faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran 3. Associate professor of Exercise physiology, Sport Sciences Department, Human Sciences faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran**

***(Received:2023/01/16;Accepted:2023/08/09)***

## Abstract

After entering the bloodstream and crossing the blood-brain barrier, Cathepsin B can improve memory and learning by increasing BDNF expression. The purpose of the study was to investigate the effect of an acute bout of resistance exercise on serum levels of Cathepsin B and BDNF in male bodybuilders. In this quasi-experimental study, 21 males (age: 27.95±3.96 years, weight: 79.09±9.35 kg, height: 176.90±4.74 cm) voluntarily participated. Subjects were randomly divided into two control (n=10) and experimental (n=11) groups based on 1 repetition maximum of squat and chest press exercises. Three days before the training, the fat percentage and 1RM of squat and bench press exercises were measured. On training day, the subjects of the training group (N=11) performed Squat, Leg Extension, Barbell Bench Press, Dumbbell Bench Press, Barbell Shoulder Press, Behind-the-Neck Press, Lateral Pull-Down, Cable Seated Row and Sit-Up, 4 sets/10 reps at 70% 1RM. Blood samples were taken 5 min before and after the training. ELISA kits were used to measure levels of BDNF and Cathepsin B. Data were analyzed using Covariance analysis and Pearson correlation coefficient and the level of significance was considered as $p < 0.05$. The results showed that one session of resistance exercise significantly increased serum levels of BDNF and Cathepsin B ($p<0.05$). In addition, there was a nonsignificant positive correlation between lean body mass and baseline and post-exercise serum levels of BDNF ($r=0.41$ and $r=0.17$ respectively) and Cathepsin B ($r=0.17$ and $r=0.06$ respectively) ($p>0.05$). Also, there was a nearly positive correlation between increases in serum levels of BDNF and Cathepsin B ($p=0.065$, $r=0.574$). Moderate-intensity resistance exercise increases serum levels of BDNF and Cathepsin B in male body builders, which probably can be effective in improving memory and learning.

## Keywords

BDNF, Bodybuilder, Cathepsin B, Skeletal muscle.

* Corresponding Author: Email: valipour.v@lu.ac.ir