Original Article

Comparative effect of single bout of continuous endurance and high intensity interval exercise on serum BDNF in rat

Skandari M, Nazemzadegan Gh*, Daryanosh F, Samadi M, Honarpisheh Sh, Hasanpor M

Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, I. R. Iran.

Received July 22, 2015; Accepted March 15, 2016

Abstract:

Background: Continuous endurance exercise positively affects the brain via increasing brain-derived neurotrophic factor (BDNF). Therefore, in this study, comparative effect of single bout of continuous endurance exercise (CEE) and high intensity interval exercise (HIIE) on serum BDNF in rat was investigated.

Materials and Methods: In this experimental study rats (n=30) have randomly divided into three (CEE, HIIE and Control) groups. Following habituation to treadmill all groups (Except for Control) performed the single bout exercise of the target group. At the end of the exercise blood samples were taken. Data were analyzed using ANOVA.

Results: The results showed that BDNF level in the CEE group was significantly higher than HIIE (P<0.001) and Control group (P<0.001), while no difference between the Control and HIIE groups.

Conclusion: It seems that CEE is considered as an appropriate intervention in increasing BDNF and this factor is more affected by the duration than the intensity of exercise. Therefore, for achieving benefits of exercise on the central nervous system, performing prolonged activities are probably more useful.

Keywords: BDNF, Continuous endurance exercise, High intensity interval exercise

* **Corresponding Author.**
Email: nazemzad@shirazu.ac.ir
Tel: 0098 713 613 4629
Fax: 0098 713 613 4629

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, June, 2016; Vol. 20, No 2, Pages 141-146

Please cite this article as: Skandari M, Nazemzadegan Gh, Daryanosh F, Samadi M, Honarpisheh Sh, Hasanpor M. Comparative effect of single bout of continuous endurance and high intensity interval exercise on serum BDNF in rat. ***Feyz*** 2016; 20(2): 141-6.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-22]

مقایسه تأثیر یک جلسه فعالیت استقامتی تداومی و تناوبی شدید بر مقادیر فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز سرمی در موش‌های صحرایی

مرضیه اسکندری [۱]، غلامحسین ناظم‌زادگان [۲*]، فرهاد دریانوش [۳]، مهدی صمدی [۴]، شیرین هنرپیشه [۱]، محمود حسن‌پور [۱]

خلاصه:

سابقه و هدف: فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF) یکی از عوامل اصلی است که فعالیت ورزشی تداومی طولانی‌مدت از طریق افزایش آن باعث اثرات مثبت بر مغز می‌شود. هدف مطالعه حاضر مقایسه اثر یک جلسه فعالیت استقامتی تداومی (CEE) و فعالیت تناوبی شدید (HIIE) بر مقادیر BDNF سرمی موش‌های صحرایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی ۳۰ سر موش صحرایی انتخاب و به‌روش تصادفی به سه گروه (CEE، HIIE و کنترل) تقسیم شدند. بعد از آشنایی با تردمیل، آزمودنی‌ها (به‌جز گروه کنترل) یک جلسه فعالیت ورزشی مورد نظر گروه خود اجرا کردند. در انتهای پژوهش نمونه خون از تمام آزمودنی‌ها گرفته شد.

نتایج: نتایج نشان داد سطوح BDNF در گروه CEE به‌طور معنی‌داری از گروه HIIE (P=۰/۰۰۱) و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) بیشتر است، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه HIIE و گروه کنترل مشاهده نشد (P=۰/۲۳).

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد CEE مداخله مناسب‌تری جهت افزایش BDNF می‌باشد و این فاکتور بیشتر از شدت، تحت تأثیر مدت فعالیت ورزشی می‌باشد. بنابراین، برای رسیدن به فواید فعالیت ورزشی بر روی سیستم عصبی مرکزی احتمالا فعالیت‌های طولانی‌مدت مفیدتر می‌باشند.

واژگان کلیدی: فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز، فعالیت استقامتی تداومی (CEE)، فعالیت تناوبی شدید (HIIE)

دو ماه‌نامه علمی– پژوهشی فیض، دوره بیستم، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۳۹۵، صفحات ۱۴۶-۱۴۱

مقدمه

شواهد زیادی وجود دارند که اثرات مثبت فعالیت بدنی و ورزشی را بر روی مغز (وزن مغز، محتوای نوروترنسمیترها، شکل‌پذیری سیناپسی، نوروژنز هیپوکمپ در بزرگسالی، آنژیوژنز، سینا-پتوژنز، افزایش بقا و تمایز سلول‌های عصبی و هم‌چنین افزایش نوروتروفین‌ها) نشان داده‌اند؛ این تغییرات با عملکرد شناختی و رفتاری (وضعیت روانی، یادگیری، حافظه، توجه، جداسازی الگو، تمیز، انطباق و اضطراب) نیز مرتبط است [۱].

[۱] کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز

[۲] استادیار رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز

[۳] دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز

[۴] دانشجوی دکتری بیوشیمی متابولیسم ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز

***نشانی نویسنده مسئول:**

شیراز، میدان ارم، دانشگاه شیراز، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی

تلفن: ۰۷۱۳۶۱۳۴۶۲۹ **دورنویس:** ۰۷۱۳۶۱۳۴۶۲۹

پست الکترونیک: nazemzad@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۳۱ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۹۴/۱۲/۲۵

در شناسایی عوامل مؤثر در این سازوکار، می‌توان به نقش برجسته نوروتروفین‌ها به‌خصوص فاکتور نوروتروفیک مشتق شده از مغز (BDNF) اشاره کرد [۲]. پروتئین BDNF اولین‌بار از مغز یک خوک خالص‌سازی شد [۳]. این پروتئین مانند دیگر نوروتروفین‌ها از پیش‌ساز خود یعنی pro-BDNF سنتز می‌شود و داری وزن ۱۴ کیلودالتون می‌باشد. BDNF به‌طور وسیع در مغز جوانداگان و به‌ویژه در هیپوکمپ، قشر مغز، مخچه، جسم مخطط و هسته آمیگدال بیان می‌شود [۵،۴]. افزایش BDNF منجر به فرایند شکل‌پذیری نورونی می‌شود. طی این فرایند مغز با تشکیل پیوندهای دندریتیک جدید بین سلول‌های عصبی موجود دارای توانایی قابل توجهی برای بازسازی خود می‌باشد [۸-۶]. BDNF بیشترین اثرات خود را از طریق گیرنده‌اش تیروزین کیناز B (TrkB) اعمال می‌کند [۱۰،۹] که مسیرهای پیام رسانی MAPK-ERK1/2، زیرواحد δ پروتئین کیناز C (PKC-δ)، پروتئین کیناز A، کلسیم- کالمودولین کیناز ۲ (CaM-KII) و یک تنظیم کننده رونویسی به‌نام پروتئین پیوندی به عناصر پاسخی cAMP (CREB) را فعال می‌کند [۱۳-۱۱]. فعال شدن این مسیرهای ملکولی در نهایت منجر به شکل‌گیری حافظه، یادگیری، شکل‌پذیری و انتقال سیناپسی می‌شوند و هم‌چنین رشد و طول عمر نورون‌های بالغ را افزایش می‌دهند [۱۴،۸،۶]. در ضمن، بسیاری از بیماری‌ها مانند آلزایمر، اسکیزوفرنی و دیابت با سطوح BDNF

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-22]

مرتبط می‌باشند [۱۵]. نشان داده شده است که کاهش BDNF عملکرد هیپوکمپ را دچار اختلال می‌کند و به‌طور شدید یادگیری را مختل می‌نماید [۱۶]. یکی از سازوکارهای احتمالی برای افزایش BDNF فعالیت ورزشی می‌باشد. احتمال داده می‌شود فعالیت ورزشی طولانی‌مدت بیان BDNF در مغز را افزایش می‌دهد [۱۸،۱۷]. هم‌چنین، نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهد انجام یک جلسه فعالیت استقامتی بیان mRNA BDNF در هیپوکمپ و قشر مغز موش‌های صحرائی را افزایش می‌دهد [۲۰،۱۹]. اما طی یک دوره تمرینی ۳ ماهه (دویدن ارادی بر روی چرخ) پروتئین BDNF از روز هفتم افزایش داشته و ۷ روز بعد از پایان تمرین نیز افزایش خود را حفظ کرده است [۲۱]. در بیشتر مقالات تمرینات مورد استفاده از نوع فعالیت استقامتی تداومی (CEE) بوده است و نتایج آنها نشان می‌دهد CEE طولانی مدت، باعث افزایش BDNF در مناطق مختلف مغز و جریان خون می‌شود [۲۲]. در مقابل فعالیت استقامتی تداومی، فعالیت تناوبی شدید (HIIE) قرار دارد که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در مورد تأثیرات HIIE بر روی BDNF می‌توان به نتایج مطالعه افضلی‌پور و همکاران اشاره کرد که در آن نشان داده شده است انجام شش هفته HIIE باعث افزایش BDNF در قسمت‌های مختلف مغز شده است [۲۳]. هم‌چنین، گزارش شده است ۱۶ هفته HIIE تغییری بر روی BDNF سرمی مردان نداشته است [۲۴]. در مورد اثرات فعالیت ورزشی تک‌جلسه‌ای در سطوح BDNF اطلاعات کمی در دسترس است [۲۲]. نتایج مطالعه Huang و همکاران نشان داد که به‌دنبال انجام یک جلسه فعالیت ورزشی افزایش ۵۰ درصدی BDNF در هیپوکمپ جوندگان رخ می‌دهد. هم‌چنین، نتایج تحقیق اخیر نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تأثیرات فعالیت‌های شدید و متوسط وجود ندارد [۲۵]. در مورد اثر یک‌جلسه‌ای HIIE روی BDNF مطالعه‌ای مشاهده نشد. در مطالعات بعدی نشان داده شده است که بین سطوح BDNF مغز با غلظت BDNF سرم همبستگی معنی‌دار وجود دارد [۲۶]. مطابق با این یافته‌ها غلظت BDNF سرم نیز بازتابی از سطوح تغییرات BDNF مغز می‌باشد. در ضمن، گزارش شده است افزایش BDNF سرمی طی فعالیت ورزشی ناشی از افزایش ترشح آن از مغز می‌باشد [۲۸،۲۷]. ازآنجاکه این نوتروفین برای سلامتی دستگاه عصبی و جلوگیری از برخی بیماری‌ها مانند آلزایمر و پارکینسون حائز اهمیت است و ضمن اینکه مطالعات محدودی وجود دارد که پاسخ BDNF به یک جلسه تمرینات استقامتی تداومی و تناوبی شدید بررسی کرده باشد، به‌نظر می‌رسد اجرای تحقیق حاضر ضروری می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر، پاسخ به این سؤال است آیا تفاوتی میان پاسخ‌های BDNF به یک جلسه فعالیت استقامتی تداومی (CEE) و شدید تناوبی (HIIE) وجود دارد یا خیر؟

مواد و روش‌ها

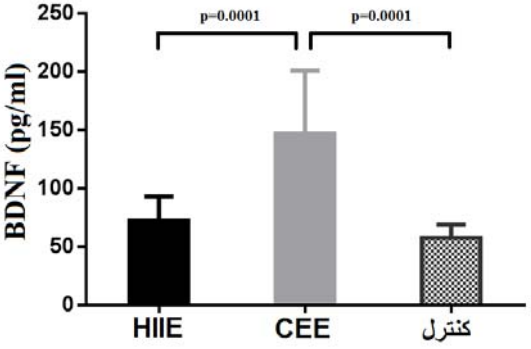
برای انجام پژوهش تجربی حاضر ۳۰ سر موش صحرائی نژاد اسپراگ-داولی با میانگین وزن ۲۷۳±۲۷ گرم انتخاب شدند که به روش تصادفی به سه گروه ۱۰ تائی استقامتی تداومی، تناوبی شدید و کنترل تقسیم شدند. حیوانات از مرکز فناوری و تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی شیراز خریداری شده و در قفس‌های پلی-کربنات (هر قفس ۴ سر) نگهداری شدند. آزمودنی‌ها در شرایط کنترل شده محیطی با میانگین دمای ۴±۲۱ درجه سانتی‌گراد، رطوبت هوای ۲۴ درصد و چرخه روشنایی/ تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت با دسترسی آزاد به آب و غذای ویژه حیوانات آزمایشگاهی بودند. پروتکل‌های تمرینی تحقیق حاضر شامل دویدن روی تردمیل مخصوص حیوانات بود که به ۷ موش اجازه داده می‌شد به‌طور هم‌زمان بدوند (۷ خط)؛ پس از وزن کشی، حیوانات به‌مدت ۵ روز با سرعت ۱۰ متر/دقیقه و به‌مدت ۱۰ دقیقه با تردمیل آشنا شدند. سپس، گروه استقامتی تداومی برنامه اصلی خود که شامل سرعت ۲۰ متر/دقیقه با شیب ۵ درجه به‌مدت زمان ۶۰ دقیقه بود را اجرا کردند. برنامه اصلی گروه تناوبی شدید نیز شامل ۶ تکرار با سرعت ۳۰ متر/دقیقه با شیب ۱۵ درجه و مدت زمان ۳۰ ثانیه بود (بین هر تکرار ۱ دقیقه استراحت غیرفعال وجود داشت) [۲۹]. در این مدت گروه کنترل هیچ‌گونه برنامه تمرینی نداشتند. نمونه‌گیری از موش‌های صحرائی که فقط در پایان جلسه تمرین بود با رعایت اصول اخلاقی و پس از بیهوش شدن با تزریق درون صفاقی ترکیبی از کتامین (۳۰ تا ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن) و زایلازین (۳ تا ۵ میلی‌گرم بر گیلوگرم وزن بدن) انجام می‌شد. نمونه خونی از قلب گرفته شده و در لوله‌های حاوی آپروتینین ریخته شد تا از تجزیه پروتئین در آن جلوگیری شود و اجازه داده می‌شد به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق لخته شود. سپس، این نمونه‌ها به‌مدت ۱۲ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم‌های به‌دست آمده در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد برای انجام مراحل بعدی آزمایش نگهداری شد. به‌منظور سنجش مقدار BDNF سرم از کیت مربوطه (Cusabio biotech, Japan) با درجه حساسیت ۷/۸ pg/ml و به روش ELISA (دستگاه state 2000 ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. از آزمون شاپیرو-ویلک به‌منظور بررسی طبیعی بودن داده‌ها و از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و تست تعقیبی بونفرونی برای مقایسه سطوح BDNF در گروه‌های CEE، HIIT و کنترل استفاده شد.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-22]

در آزمون‌های آماری سطح معنی‌داری برابر یا کوچک‌تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. کلیه محاسبات آماری با نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱ انجام شد.

نتایج

نتایج این مطالعه نشان داد از نظر آماری بین سطوح BDNF گروه‌های تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). مقایسه تعقیبی با استفاده از آزمون بونفرونی نشان داد که محل تفاوت، بین گروه CEE با گروه‌های کنترل و HIIE است. نتایج نشان داد سطوح BDNF در گروه CEE (SD=۵۴، M=۱۴۷pg/ml) افزایش معنی‌داری نسبت به سطوح BDNF در گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) و گروه HIIE (P=۰/۰۰۱) دارد (نمودار شماره ۱).



نمودار شماره ۱- مقایسه BDNF سرمی در گروه‌های مختلف آزمایش

بحث

در پژوهش حاضر اثر یک جلسه فعالیت استقامتی تداومی و تناوبی شدید بر سطوح پروتئین BDNF بررسی شد. نتایج نشان داد سطح پروتئین BDNF در گروه CEE افزایش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل و HIIE داشته است، درحالی‌که سطح پروتئین BDNF در گروه HIIE نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری نداشته است. هم‌سو با مطالعه حاضر، نتایج چندین پژوهش نشان دادند که بعد از یک جلسه فعالیت استقامتی سطوح BDNF افزایش معنی‌داری داشته است [۳۲-۳۰]. Ferris و همکاران در مطالعه خود مشاهده کردند که با افزایش شدت فعالیت ورزشی BDNF سرمی نیز افزایش می‌یابد؛ ایشان با احتیاط نتیجه‌گیری می‌کنند که BDNF سرمی وابسته به شدت فعالیت ورزشی می‌باشد [۳۳]. Huang و همکاران در مطالعه خود مشاهده کردند یک جلسه فعالیت باعث افزایش ۵۰ درصدی BDNF در هیپوکمپ موش‌های صحرایی می‌شود و تفاوتی بین فعالیت‌های شدید و متوسط وجود ندارد [۳۴]. علت تناقض بین نتایج تحقیق اخیر با نتایج تحقیق حاضر می‌تواند تنوع پروتکل تمرینی باشد. در تحقیق اخیر، تمرین شدید و تداومی بود و در مدت زمان بیشتری اجرا می‌شده است. براساس نتایج تحقیقات دیگر احتمالا زمان بیشتر جلسه تمرینی باعث تخلیه ذخایر انرژی و افزایش AMPK می‌شود و یکی از مکانیسم‌های پیشنهادی افزایش BDNF ناشی از فعالیت ورزشی فعال شدن مسیر PGC1α/-FNDC5 می‌باشد؛ این مسیر طی فعالیت ورزشی باعث افزایش ترشح BDNF از مغز می‌شود [۳۵]. PGC1α غالبا توسط AMPK که یک حس‌گر انرژی سلولی است فعال می‌شود و به‌طور کلی فعالیت‌های طولانی‌مدت محرک بهتری برای کاهش شارژ انرژی و افزایش AMPK می‌باشند [۳۶]. در بررسی HIIE مطالعاتی که از تمرینات با تکرارهای طولانی‌تر مانند بیش از یک دقیقه استفاده شده بود، بیشتر به سمت تخلیه انرژی سوق یافته بودند [۳۷]. اما در مطالعه حاضر تکرارها ۳۰ ثانیه بوده‌اند. هم‌سو با این پژوهش، چندین مطالعه رابطه معکوسی بین شدت و فاکتور-های نوروتروفیک یافتند که نشان می‌داد فعالیت ورزشی با شدت متوسط باعث افزایش BDNF می‌شود [۳۹،۳۸]. مکانیسم دیگری که ممکن است تحت تأثیر شدت بر سطوح BDNF اثرگذار باشد میزان سطح کورتیزول می‌باشد. افزایش این هورمون باعث پیوند با گیرنده‌های خود در مغز شده و بیان BDNF را کاهش می‌دهد، یا حداقل از افزایش آن جلوگیری می‌کند [۴۰]. پاسخ کورتیزول به فعالیت‌های ورزشی متفاوت می‌باشد؛ برای مثال در فعالیت‌های استقامتی با شدت کم میزان کورتیزول تغییر پیدا نکرده و یا حتی کاهش می‌یابد، اما در مقابل، در فعالیت‌های شدید افزایش می‌یابد [۴۱،۴۰]. به‌نظر می‌رسد در فعالیت شدید تک‌جلسه‌ای که شدت تمرین بالاتر از سطح آمادگی بدن آزمودنی‌ها باشد، سطح هورمون کورتیزول به‌عنوان یک هورمون کاتابولیک افزایش می‌یابد و شاید در تحقیق حاضر سطح کورتیزول در آزمودنی‌های گروه HIIE افزایش یافته باشد؛ احتمال داده می‌شود که این علت تاحدودی عدم تفاوت بین سطوح BDNF در گروه HIIE و کنترل را توضیح دهد. باتوجه به نتایج اکثر مطالعات و مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد که در تمرینات تناوبی شدید تک‌جلسه‌ای مدت زمان کافی برای افزایش قابل توجه BDNF را ندارد و مطالعه حاضر بیان کننده اهمیت بیشتر تمرینات استقامتی برای سیستم عصبی می-باشد؛ هرچند برخی مطالعات بیان کرده‌اند که برای رسیدن به فواید HIIE برای سیستم عصبی باید پارامترهای این پروتکل تمرینی از جمله مدت زمان برنامه تمرینی را تغییر داد. برای مثال، در مطالعه

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-22]

افضلی‌پور و همکاران که ۶ هفته تمرینات تناوبی شدید انجام شد (در هفته‌های آخر HIIE شامل ۶ تکرار ۳ دقیقه‌ای به همراه استراحت فعال بود)، مشخص گردید افزایش BDNF در قسمت-های مختلف مغز رخ می‌دهد [۱۶]. به‌نظر می‌رسد برای سازگاری سیستم عصبی HIIE در تحقیق اخیر در مقایسه با پروتکل فعالیت ورزشی تحقیق حاضر که دارای زمان کلی کمتر و ۶ تکرار ۳۰ ثانیه با استراحت غیرفعال بود، احتمالاً مثمر ثمرتر باشد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج تحقیق حاضر شاید بتوان برای رسیدن به فواید ساختاری و شناختی سیستم عصبی ناشی از BDNF فعالیت ورزشی استقامتی تداومی را پیشنهاد کرد. لازم به‌ذکر است که یک جلسه فعالیت ورزشی تناوبی شدید احتمالا این فواید را به‌دنبال نخواهد داشت. بنابراین، نتایج بررسی‌ها صرف‌نظر از شدت فعالیت ورزشی مبیین نقش برجسته‌تر زمان فعالیت ورزشی در افزایش BDNF سرمی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مرکز ورزش درمانی دانشگاه شیراز که همکاری لازم را در طی مراحل تحقیق ابراز داشتند، تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

References:

[1] Voss MW, Vivar C, Kramer AF, van Praag H. Bridging animal and human models of exercise-induced brain plasticity. ***Trends Cogn Sci*** 2013; 17(10): 525-44.
[2] Huang T, Larsen KT, Ried-Larsen M, Møller NC, Andersen LB. The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. ***Scand J Med Sci Sports*** 2014; 24(1): 1-0.
[3] Barde YA, Edgar D, Thoenen H. Purification of a new neurotrophic factor from mammalian brain. ***EMBO J*** 1982; 1(5): 549.
[4] Dugich-Djordjevic MM, Peterson C, Isono F, Ohsawa F, Widmer HR, Denton TL, et al. Immunohistochemical Visualization of Brain-derived Neurotrophic Factor in the Rat Brain. ***Eur J Nucl Med*** 1995; 7(9): 1831-9.
[5] Kawamoto Y, Nakamura S, Nakano S, Oka N, Akiguchi I, Kimura J. Immunohistochemical localization of brain-derived neurotrophic factor in adult rat brain. ***Neuroscience*** 1996; 74(4): 1209-26.
[6] Binder DK, Scharfman HE. Mini review. ***Growth Factors*** 2004; 22(3): 123-31.
[7] Ebadi M, Bashir RM, Heidrick ML, Hamada FM, Refaey HE, Hamed A, et al. Neurotrophins and their receptors in nerve injury and repair. ***Neurochem Int*** 1997; 30(4-5): 347-74.
[8] Tyler WJ, Alonso M, Bramham CR, Pozzo-Miller LD. From acquisition to consolidation: on the role of brain-derived neurotrophic factor signaling in hippocampal-dependent learning. ***Learn Mem*** 2002; 9(5): 224-37.
[9] Soppet D, Escandon E, Maragos J, Middlemas DS, Raid SW, Blair J, et al. The neurotrophic factors brain-derived neurotrophic factor and neurotrophin-3 are ligands for the trkB tyrosine kinase receptor. ***Cell*** 1991; 65(5): 895-903.
[10] Blum R, Kafitz KW, Konnerth A. Neurotrophin-evoked depolarization requires the sodium channel Na. ***Nature*** 2002; 419(6908): 687-93.
[11] Chytrova G, Ying Z, Gomez-Pinilla F. Exercise normalizes levels of MAG and Nogo-A growth inhibitors after brain trauma. ***Eur J Neurosci*** 2008; 27(1): 1-11.
[12] Molteni R, Ying Z, Gómez-Pinilla F. Differential effects of acute and chronic exercise on plasticity-related genes in the rat hippocampus revealed by microarray. ***Eur J Neurosci*** 2002; 16(6); 1107-16.
[13] Finkbeiner S, Tavazoie SF, Maloratsky A, Jacobs KM, Harris KM, Greenberg ME. CREB: a major mediator of neuronal neurotrophin responses. ***Neuron*** 1997; 19(5): 1031-47.
[14] Ebadi M, Bashir RM, Heidrick ML, Hamada FM, Refaey E, Hamed A. et al. Neurotrophins and their receptors in nerve injury and repair. ***Neurochem Int*** 1997; 30(4-5): 347-74.
[15] Zoladz JA, Pilc A. The effect of physical activity on the brain derived neurotrophic factor: from animal to human studies. ***J Physiol Pharmacol*** 2010; 61(5): 533-41.
[16] Monteggia LM, Barrot M, Powell CM, Berton O, Galanis V, Gemelli T, et al. Essential role of brain-derived neurotrophic factor in adult hippocampal function. ***Proc Natl Acad Sci U S A*** 2004; 101(29): 10827-32.
[17] Neeper SA, Gomez-Pinilla F, Choi J, Cotman C. Exercise and brain neurotrophins. ***Nature*** 1995; 373(6510): 109.
[18] Liu YF, Chen HI, Wu CL, Kuo YM, Yu L, Huang AM, et al. Differential effects of treadmill running and wheel running on spatial or aversive learning and memory: roles of amygdalar brain-derived neurotrophic factor and synaptotagmin I. ***J Physiol*** 2009; 587(Pt 13): 3221-31.
[19] Oliff HS, Berchtold NC, Isackson P, Cotman CW. Exerciseinduced regulation of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) transcripts in the rat hippocampus. ***Mol Brain Res*** 1998; 61(1-2): 147-53.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-22]

[20] Oliff HS, Berchtold NC, Isackson P, Cotman CW. Exercise-induced regulation of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) transcripts in the rat hippocampus**.** ***Mol Brain Res*** 1998; 61(1-2): 147-53.
[21] Berchtold NC, Chinn G, Chou M, Kesslak JP, Cotman CW. Exercise primes a molecular memory for brain-derived neurotrophic factor protein induction in the rat hippocampus. ***Neuroscience*** 2005; 133(3): 853-61.
[22] Schmolesky MT, Webb DL, Hansen RA. The effects of aerobic exercise intensity and duration on levels of brain-derived neurotrophic factor in healthy men. ***J Sports Sci Med*** 2013; 12(3): 502-11.
[23] Afzalpour ME, Chadorneshin HT, Foadoddini M, Eivari HA. Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. ***Physiol Behav*** 2015; 147: 78-83.
[24] Azuma K, Osawa Y, Tabata S, Horisawa S, Katsukawa F, Ishida H, et al. Association of serum BDNF concentration with high-intensity interval training. ***JPFSM*** 2015; 64(2): 227-32.
[25] Huang AM, Jen CJ, Chen HF, Yu L, Kuo YM, Chen HI. Compulsive exercise acutely upregulates rat hippocampal brain-derived neurotrophic factor. ***J Neural Transm*** 2006; 113(7): 803-11.
[26] Karege F, Schwald M, Cisse M. Postnatal developmental profile of brain-derived neurotrophic factor in rat brain and platelets. ***Neurosci Lett*** 2002; 328(3): 261-4.
[27] Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R. Neuroplasticity-exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. ***Sports Med*** 2010; 40(9): 765-801.
[28] Griffin EW, Mullally S, Foley C, Warmington SA, O'Mara SM, Kelly AM. Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. ***Physiol Behav*** 2011; 104(5): 934-41.
[29] Cunningham P, Geary M, Harper R, Pendleton AN, Stover S. High intensity sprint training reduces lipid peroxidation in fast-twitch skeletal muscle. ***JEPonline*** 2005; 8(6): 18-25.
[30] Gold SM, Schulz KH, Hartmann S, Mladek M, Lang UE, Hellweg R, et al. Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls. ***J Neuroimmunol*** 2003; 138(1-2): 99-105.
[31] Vega SR, Strüder HK, Wahrmann BV, 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.
[32] Tang SW, Chu E, Hui T, Helmeste D, Law C. Influence of exercise on serum brain-derived neurotrophic factor concentrations in healthy human subjects. ***Neurosci Lett*** 2008; 431(1): 62-5.
[33] Ferris LT, Williams JS, Shen CL. The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. ***Med Sci Sports Exerc*** 2007; 39(4): 728-34.
[34] Huang AM, Jen CJ, Chen HF, Yu L, Kuo YM, Chen HI. Compulsive exercise acutely upregulates rat hippocampal brain-derived neurotrophic factor. ***J Neural Transm*** 2006; 113(7): 803-11.
[35] Wrann CD, White JP, Salogiannnis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, et al. Exercise Induces Hippocampal BDNF through a PGC-1a/FNDC5 Pathway. ***Cell Metab*** 2013; 18(5): 1-11.
[36] Mounier R, Théret M, Lantier L, Foretz M, Viollet B. Expanding roles for AMPK in skeletal muscle plasticity. ***Trends Endocrinol Metab*** 2015; 26(6): 275-86.
[37] Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. ***Sports Med*** 2013; 43(5): 313-38.
[38] Gold SM, Schulz KH, Hartmann S, Mladek M, Lang UE, Hellweg R, et al. Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls. ***J Neuroimmunol*** 2003; 138(1-2): 99-105.
[39] Rhodes JS, Van Praag H, Jeffrey S, Girard I, Mitchell GS, Garland Jr, et al. Exercise increases hippocampal neurogenesis to high levels but does not improve spatial learning in mice bred for increased voluntary wheel running. ***Behav Neurosci*** 2003; 117(5): 1006.
[40] Gould E, Cameron HA, Daniels DC, Woolley CS, McEwen BS. Adrenal hormones suppress cell division in the adult rat dentate gyrus. ***J Neurosci*** 1992; 12(9): 3642-50.
[41] Sapolsky RM. Potential behavioral modification of glucocorticoid damage to the hippocampus. ***Behav Brain Res*** 1993; 57(2): 175-82.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-10-22]