



مقایسه اثر شدت‌های مختلف تمرین عملکردی بر فاکتورهای BDNF و NGF در والیبال

عارف اکرم عارف الناصری^۱، فرزانه تقیان^{۲*}، ابتسام حیدر بکتاش بلبل^۳، خسرو جلالی دهکردی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲. استاد تمام، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۳. دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تیکریت
۴. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

چکیده

نوع مقاله: پژوهشی اصیل

مقدمه: هدف این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) و متوسط (MIFT) بر غلظت‌های سرمی فاکتور مغزی مشتق‌شده از رشد (BDNF) و فاکتور رشد عصبی (NGF) در بازیکنان والیبال بود. BDNF و NGF نقش کلیدی در فرآیندهای سلولی، عصبی و متابولیکی ایفا می‌کنند و درک چگونگی تغییرات آن‌ها تحت تأثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی، می‌تواند به طراحی برنامه‌های تمرینی موثرتر و هدفمندتر برای پیشگیری و مدیریت آسیب‌هایی ورزشی و همچنین ارتقای عملکرد ورزشی کمک شایانی نماید.

روش: پژوهش حاضر یک مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است که روی ۳۶ بازیکن مرد والیبال (۱۹ تا ۲۵ ساله) انجام شد. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی ساده در سه گروه تقسیم شدند: گروه کنترل، گروه HIFT، و گروه MIFT. تمرینات MIFT با شدت ۵۰-۷۰٪ ظرفیت ضربان قلب بمدت ۳ روز در هفته هر جلسه حدود ۶۰ دقیقه انجام می‌شد. تمرینات HIFT شامل هشت تمرین با زمان هر تمرین ۳۰ ثانیه و ۳۰ ثانیه استراحت بین تمرینات بود. اندازه‌گیری غلظت سرمی قبل و بعد از دوره تمرین با استفاده از روش ELISA انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس با اندازه‌های سطح خطای ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: در مقایسه با MIFT، HIFT سبب افزایش غلظت BDNF و NGF شده است. **نتیجه‌گیری:** شدت تمرین نقش تعیین‌کننده‌ای در تنظیم فاکتورهای مرتبط با نوروپلاستیسیته دارد. کاربرد عملی این یافته‌ها بر لزوم گنجاندن تمرینات با شدت بالا در برنامه‌های تمرینی ورزشکاران برای بهینه‌سازی عملکرد عصبی-عضلانی تأکید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تمرینات با شدت بالا، تمرینات ورزشی، نوروتروفیک، والیبال، BDNF، NGF

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸

*نویسنده مسئول: فرزانه تقیان،
گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم
ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد
اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

تلفن: ۰۹۱۳۳۰۸۰۲۴۱

پست الکترونیک:
f.taghian@iau.ac.ir



مقدمه

والیبال یک ورزش تیمی متناوب، فوق‌العاده پویا و با مهارت باز است که در آن بازیکنان حرکات مارپیچی مختلفی را انجام می‌دهند و به‌طور مداوم وضعیت بازی را تغییر می‌دهند. بازیکنان والیبال برای افزایش قدرت و بهبود حرکات انفجاری باید تمرینات عملکردی با شدت بالا (¹HIFT) را در برنامه تمرینی روزانه خود بگنجانند (۲،۱). بازیکنان والیبال، مانند سایر ورزشکاران، برای دستیابی به عملکرد بالا به درجه بالایی از پارامترهای فیزیکی و فیزیولوژیکی نیاز دارند (۳). تمرینات ورزشی منجر به تغییرات تطبیقی سودمند یا بازسازی می‌شود که در بسیاری از سطوح از جمله سیستم‌های مولکولی مشاهده می‌شود. این بازسازی باعث بهبود آمادگی جسمانی عمومی و همچنین کارایی فرآیندهای انرژی، افزایش توده عضلانی و بهبود هماهنگی عصبی عضلانی می‌شود که تأثیر مثبتی بر عملکرد مغز دارد. علاوه بر این، عملکردهای شناختی و مرتبط با حافظه بهبود می‌یابند (۴). در طول رقابت در والیبال، فعالیت‌های دوی سرعت، پرش و تغییر جهت با شدت بالا اغلب انجام می‌شود (۵). بنابراین، والیبالیست‌ها به حداکثر توان هوازی، قدرت بی‌هوازی، قدرت عضلات اندام تحتانی و فوقانی، چابکی، تعادل و سرعت نیاز دارند. مطالعات نشان داده‌اند که تمرین عملکردی با شدت بالا (HIFT) یک راهبرد تمرینی ایمن، موثر و کارآمد برای بهبود عملکرد ورزشی است. همچنین مشخص شده است که چندین حوزه شناختی را تقویت می‌کند (۳). از سویی، تمرینات عملکردی با شدت متوسط (²MIFT) روش تمرینی بسیار موثری است تا برای مدت طولانی‌تر و با کیفیت‌تر تمرینات انجام شود. همچنین برای افزایش سرعت و افزایش بیشترین نرخ مصرف اکسیژن (VO_2 max) در طول تمرین استفاده می‌شود. تمرینات MIFT تمریناتی هستند که شدت آن‌ها بین تمرینات سبک و سنگین قرار دارد. از سویی مشخص شده است که MIFT می‌تواند بر چندین حوزه شناختی اثر گذار باشد (۶). در مطالعه‌ای توسط بلیسر به بررسی تأثیر برنامه تمرین HIFT بر ظرفیت هوازی، سازگاری متابولیک و پاسخ‌های عصبی

عضلانی والیبالیست‌های زن جوان پرداخته شد. در این مطالعه میزان ظرفیت متابولیک (لاکتات)، ظرفیت هوازی (حداکثر مصرف اکسیژن (VO_2 max)) و تست‌های عصبی-عضلانی شرکت‌کنندگان در اثر این تمرینات بهبودیافت.

برخی از مطالعات قبلی انجام شده در نرموکسی نشان داد که ورزش با شدت کم یا متوسط عملکرد روانی حرکتی را بهبود می‌بخشد (۷)، در حالی که سایر مطالعات کاهش قابل توجهی در عملکرد روانی حرکتی در طول ورزش سنگین و مانده‌ساز نشان دادند. مشخص نیست که آیا این اثرات فوق‌الذکر را می‌توان با تأثیر مضر ناشی از هیپوکسی بر CNS³ تعدیل کرد یا خیر. بیشتر داده‌های اخیر نشان می‌دهد که نقش اساسی در این پدیده‌ها توسط فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز ($BDNF^4$) ایفا می‌شود (۸). BDNF، نقش کلیدی در فیزیولوژی CNS در حال توسعه و بالغ دارد و میل ترکیبی بالایی را با گیرنده $TrkB^5$ نشان می‌دهد. در نتیجه، مسئول نورون‌ز، تمایز، بقا و بازسازی نورون‌ها است و همچنین بر سیناپتوز، شکل‌پذیری سیناپسی و تقویت طولانی‌مدت تأثیر می‌گذارد (۹). تنظیم مثبت BDNF ممکن است بر عملکردهای مغز از جمله یادگیری و حافظه تأثیر بگذارد (۱۰). شواهد حاکی از ارتباط بین BDNF و فعالیت بدنی است. تمرینات ورزشی عملکردی بر افزایش غلظت BDNF موثر می‌باشد (۱۱). سطح بالایی از BDNF نیز در ورزشکاران فعال در مقایسه با افراد کم تحرک مشاهده شده است (۱۲). عامل دیگری که می‌تواند محرک تولید BDNF در مغز در نظر گرفته شود اکسید نیتریک (NO) است. نقش NO در افزایش تولید BDNF در پاسخ به ورزش اخیراً اثبات شده است (۱۳). مشخص شده است که تمرینات با شدت یا مدت زمان بسیار زیاد کورتیزول خون را افزایش می‌دهند (۱۴)، در حالی که کورتیکوسترون در گردش بالا نشان داده شده است که تولید مغز BDNF را در موش‌ها سرکوب می‌کند (۱۵). مهم است که BDNF بیان ناقل مونوکربوکسیلات را القا می‌کند که استفاده از لاکتات را به عنوان منبع انرژی جایگزین ممکن می‌سازد (۱۶).

⁴ Brain-Derived Neurotrophic Factor

⁵ Tropomyosin receptor kinase B

¹ High-Intensity Functional Training

² Modified Interval Functional Training

³ Central Nervous System



چندین مطالعه گزارش کرده‌اند که ورزش باعث افزایش بیان GDNF می‌شود، اگرچه مکانیسم مولکولی مسئول این اثر نامشخص است. در سال ۲۰۱۳، مک کالو و همکاران تأثیر دو هفته ورزش شنا یا دویدن بر محتوای پروتئین GDNF در نخاع موش‌های پیر و جوان را ارزیابی کرد و افزایش قابل توجهی در نوروتروفین‌ها در دستگاه L1-L3 نخاع موش‌های آموزش‌دیده در مقایسه با موش‌های کم‌تحرك پیدا کرد. علاوه بر این، حیوانات آموزش‌دیده افزایش در اندازه نوروئین‌های حرکتی و تعداد وزیکول‌های حاوی GDNF را نشان دادند که اثربخشی ورزش کوتاه مدت بر بیان GDNF را برجسته می‌کند (۱۷). متعاقباً، گیورکوس و اسپیتسبرگن فرض کردند که ورزش با شدت بالا در تغییر محتوای پروتئین GDNF و در القای انعطاف پذیری اتصال عصبی عضلانی (NMJ) موثر است (۱۸). نویسندگان در مجموع ۳۰ موش را به گروه‌هایی تقسیم کردند (دو گروه بی‌تحرك، دو گروه دویدن غیرارادی، یکی با شدت کم و یکی با شدت بالا، و دو گروه دویدن داوطلبانه، یکی با و دیگری بدون مقاومت) و بیان و محلی‌سازی GDNF را در عضله کف پا آهسته انقباض و عضله کف پا با انقباض سریع ارزیابی کردند. محتوای پروتئین GDNF در بافت عضله کف پا حیواناتی که تحت تمرین مقاومتی داوطلبانه و تمرین داوطلبانه غیرمقاومتی قرار می‌گیرند به ترتیب ۱۷۴٪ و ۱۶۱٪ افزایش یافت. برای عضله کف پا، افزایش ۱۴۵ درصدی در سطوح GDNF در بافت حیواناتی که تحت تمرینات غیرارادی با شدت کم هستند، و ۲۷۲ درصد افزایش در عضله حیواناتی که تحت تمرین داوطلبانه غیرمقاومتی قرار می‌گیرند، وجود دارد. بنابراین، پروتکل‌های مختلف ورزشی می‌توانند منجر به تغییرات قابل توجهی در بیان GDNF در انواع مختلف بافت عضلانی شوند (۱۸).

فاکتورهای BDNF و NGF عمدتاً توسط نوروئین‌ها در نواحی مختلف مغز مانند هیپوکامپ، قشر مغز، مخچه و پیش‌مغز قاعده‌ای، و همچنین در سیستم عصبی محیطی ترشح می‌شود. این فاکتورها پس از ترشح، به‌طور عمده بر روی همین سلول‌های عصبی و ساختارهای مغزی اثر

می‌گذارد. عملکرد اصلی BDNF و NGF بر این بافت‌های هدف شامل تقویت نورون‌ها (تولید سلول‌های عصبی جدید)، محافظت در برابر تخریب عصبی، و افزایش انعطاف‌پذیری عصبی (نوروپلاستیسیته) است. این فرآیندها، بویژه در هیپوکامپ، نقش حیاتی در تقویت فرآیندهای یادگیری و حافظه ایفا می‌کنند. به‌طور کلی، به عنوان یکی از عوامل نوروتروفیک کلیدی، تأثیر قابل توجهی بر فیزیولوژی عصبی و فعالیت‌های سیستم عصبی مرکزی و محیطی دارد. مطالعات متعددی اثرات ورزش حاد یا منظم را بر روی تغییرات فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF)، فاکتور رشد عصبی (NGF)، فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1)، فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF) موردبررسی قرار گرفته است (۴). BDNF تأثیر مثبتی بر نورون‌ها و انعطاف‌پذیری عصبی هیپوکامپ دارد که همگی به تقویت حافظه و یادگیری کمک می‌کنند (۴، ۱۹). در مطالعه‌ای مشخص گردید که تمرینات MIFT سبب بهبود سطح غلظت BDNF و NGF گردیده است. تمرینات HIFT از طریق فعال‌سازی مسیر PGC-1 α /FND5C5 ترشح لاکتات به عنوان پیام‌رسان متابولیک، سبب القای BDNF/NGF می‌گردد. مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات HIFT سبب افزایش ۴۰ درصدی BDNF و ۳۵ درصدی NGF می‌گردد (۲۰، ۲۱). علاوه بر این، BDNF عامل نوروتروفیک اولیه در مغز است و در فعالیت‌های عصبی سیستم عصبی مرکزی و محیطی نقش دارد (۲۲). BDNF پس از ورود به جریان خون در تداخل بافت‌ها / اندام‌ها شرکت می‌کند (۲۳). BDNF به عنوان عوامل رشد طبقه‌بندی می‌شود که دارای فعالیت چند جهت بوده و بر بسیاری از فرآیندهای بیولوژیکی ضروری تأثیر می‌گذارد (۲۴). این ترکیبات خودکار، پارا و هموکراین توسط عضلات اسکلتی (میوکلین‌ها)، بافت چربی (آدیپوکلین‌ها) یا سلول‌های سیستم عصبی (نوروکلین‌ها) ترشح می‌شود (۲۳، ۲۵). نمونه‌ای از این مواد که می‌توانند از طریق اندام‌های مختلف ارتباط برقرار کنند فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF) است (۲). BDNF عضوی از خانواده فاکتورهای نوروتروفیک است و از طریق



گیرنده تیروزین کیناز B (TrkB) عمل می‌کند. BDNF به طور گسترده در مغز بیان و تولید می‌شود (۲۶). BDNF از سد خونی-مغزی در هر دو جهت عبور می‌کند و با ساختارهای مختلف مغز، ماهیچه‌های اسکلتی، بافت چربی یا سیستم ایمنی ارتباط برقرار می‌کند در حالی که در حفظ هموستاز شرکت می‌کند (۲۷). اگرچه BDNF عمدتاً در مغز بیان و ترشح می‌شود، اما در پلاکت‌ها که به عنوان ذخیره اصلی BDNF در خون عمل می‌کنند، گردش می‌کند (۲۸). BDNF با تحریک انعطاف پذیری عصبی و تسهیل رشد، تمایز و بقای نورون‌ها نقش مهمی در نوروتزن ایفا می‌کند (۲۹). علاوه بر این، در سیناپتوتزن و دندریتوتزن شرکت می‌کند (۳۰). علاوه بر این، BDNF در تمایز سلول‌های هیپوکامپ، تقویت انتقال سیگنال و القا و حفظ تقویت طولانی مدت افزایش سیناپسی، که پایه‌های مولکولی شناخت، فرآیندهای احساسی، جهت‌گیری فضایی یا یادگیری هستند، شرکت می‌کند. تأثیر مداخله تمرینی بر سطوح BDNF و NGF تحت تأثیر متغیرهایی مانند نوع، شدت و دفعات تمرین، نوع تمرین بر تمرینات قدرتی (مقاومتی) و هوازی متمرکز است. در مطالعه‌ای توسط گواچی نشان داد که مداخله تمرینات مقاومتی باعث افزایش سطح BDNF در سرم نمی‌شود. در میان مطالعات موجود بر روی غلظت BDNF سرم انسانی، برخی از مطالعات نشان می‌دهند که تمرینات هوازی می‌تواند به طور قابل توجهی سطح BDNF را بهبود بخشد (۳۱)، اما مطالعاتی نیز وجود دارد که تفاوت معنی‌داری در سطح BDNF و NGF مداخله تمرینی هوازی پیدا نکرده است (۳۲). از آنجایی که در مطالعات مختلف از موضوعات مختلف، مدت زمان و دفعات تمرین استفاده شده است، تعیین ثبات اثرات تمرین هوازی بر افزایش BDNF و NGF شدت تمرین دشوار است. با این حال، مطالعات تأثیر و مقایسه انجام تمرینات MIFT و HIFT بر میزان غلظت BDNF و NGF نامشخص می‌باشد. در نتیجه هدف از این تحقیق مقایسه تمرینات ورزشی عملکردی با شدت بالا و متوسط بر میزان تغییرات غلظت BDNF و NGF سرمی در ورزشکاران والیبال می‌باشد.

روش

تعداد ۳۶ نفر از بازیکنان مرد والیبالیست شهر اصفهان با دامنه سنی بین ۱۹-۳۰ سال در این مطالعه نیمه تجربی

شرکت کردند. در این مطالعه مقایسه تمرینات ورزشی عملکردی با شدت بالا و متوسط بر میزان غلظت BDNF و NGF سطح سرمی مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای تعیین میزان حجم نمونه از نرم‌افزار برآورد حجم نمونه (G*POWER) با در نظر گرفتن سطح معناداری ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۴ و توان آزمونی ۰/۸ استفاده شد. پس از تعیین حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*Power، از روش نمونه‌گیری در دسترس استفاده شد. این نرم‌افزار تعداد حداقل ۱۲ نفر را تعیین کرد. معیارهای ورود و خروج این مطالعه عبارت است از: بازیکن مرد (4 ± 22 سال، $1.81 \pm 72/3$ کیلوگرم، $1.87 \pm 2/1$ متر) که در مسابقات قهرمانی استان یا کشور شرکت کرده‌اند و عضو تیم هستند در این مطالعه حضور دارند. سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی ساده (با استفاده از قرعه‌کشی یا جدول اعداد تصادفی) به گروه‌های آزمایش و کنترل تخصیص داده شدند. تلاش شد تا با این روش، توزیع یکنواخت متغیرهای شناخته‌شده و ناشناخته در بین گروه‌ها تا حد امکان رعایت شود و سوگیری در انتخاب آزمودنی‌ها به حداقل برسد.

معیارهای ورود و خروج:

از معیارهای ورود شرکت‌کنندگان عدم سابقه اختلالات عضلانی، آسیب یا درد مزمن عضلانی و اسکلتی و خستگی ناشی از تمرینات بوده است. عضویت در تیم‌های استانی یا ملی و تمرین بیش از ۳ بار در هفته به مدت بیشتر از ۱۵۰ دقیقه نیز از شرایط لازم بود (۳۳). همچنین، شرکت‌کنندگان می‌بایست حداقل ۶ سال تجربه تمرین و سابقه والیبال داشته باشند. از سوی دیگر، معیارهای خروج شامل: افرادی که در ۶ ماه گذشته دچار مصدومیت حاد یا مزمن عضلانی-استخوانی بوده، یا دارای بیماری‌های قلبی-عروقی یا متابولیک مزمن بودند، نیز از مطالعه خارج شدند. همچنین، افرادی که داروهایی تأثیرگذار بر عملکرد عصبی-عضلانی یا متابولیسم (مانند کورتیکواستروئیدها) مصرف می‌کردند، یا اقدام به انجام مداخلات ورزشی خارج از پروتکل (مانند رژیم‌های تمرینی اضافی یا مکمل‌های خاص) می‌کردند و افرادی که قادر به شرکت در کل دوره ۸ هفته‌ای تمرینات نبودند، نیز از مطالعه کنار گذاشته شدند.

تمرینات عملکردی با شدت متوسط:



شرکت کنندگان یک برنامه تمرینی عملکردی، ۳ روز در هفته (یک روز در میان) را اجرا کردند و هر جلسه حدود ۶۰ دقیقه، طی ۸ هفته انجام شد. جلسات با شدت متوسط از ۵۰-۷۰٪ ظرفیت ضربان قلب می باشد. تمرین ورزشی ۸ هفته ای شامل تقویت قدرت عضلات مرکزی بدن، چند مفصلی (مانند اسکات و ددلیفت) یا حرکات المپیکی

جدول ۱: برنامه تمرین عملکردی با شدت متوسط (MIFT) به مدت هشت هفته در بازیکنان والیبال

پیشرفت	شدت (RPE)	استراحت (ثانیه)	تکرار	ست ها	وزنه (kg)	تمرین	روز	هفته
پایه	۷-۸	۶۰	۱۵	۴	وزن بدن	پاور اسکات	۱	۱
	۸	۹۰	۱۰	۳	۳۵	ددلیفت		
	۸-۹	۴۵	۱۲	۵	۵	بورپی+دمبل	۲	
	۷	۶۰	۱۲	۳	۲۲,۵	پرس سینه	۳	
۵٪+ وزنه	۸	۵۵	۱۶	۴	۲+ kg	پاور اسکات	۱	۲
	۸-۹	۸۵	۱۱	۳	۳۶,۷۵	ددلیفت		
	۹	۴۰	۱۳	۵	۵,۲۵	بورپی+دمبل	۲	
	۷-۸	۵۵	۱۳	۳	۲۳,۶	پرس سینه	۳	
۱۰٪+ حجم	۸-۹	۵۰	۱۷	۴	۴+ kg	پاور اسکات	۱	۳
	۹	۸۰	۱۲	۴	۳۸,۵	ددلیفت		
	۹-۱۰	۳۵	۱۴	۶	۵,۵	بورپی+دمبل	۲	
	۸	۵۰	۱۴	۴	۲۴,۸	پرس سینه	۳	
۱۵٪+ شدت	۹	۴۵	۱۸	۵	۶+ kg	پاور اسکات	۱	۴
	۹-۱۰	۷۵	۱۳	۴	۴۰,۴	ددلیفت		
	۱۰	۳۰	۱۵	۶	۶	بورپی+دمبل	۲	
	۸-۹	۴۵	۱۵	۴	۲۶	پرس سینه	۳	
۲۰٪+ حجم	۹-۱۰	۴۰	۱۹	۵	۸+ kg	پاور اسکات	۱	۵
	۱۰	۷۰	۱۴	۵	۴۲,۴	ددلیفت		
	۱۰	۲۵	۱۶	۷	۶,۳	بورپی+دمبل	۲	
	۹	۴۰	۱۶	۵	۲۷,۳	پرس سینه	۳	
۲۵٪+ شدت	۱۰	۳۵	۲۰	۶	۱۰+ kg	پاور اسکات	۱	۶
	۱۰	۶۵	۱۵	۵	۴۴,۵	ددلیفت		
	۱۰	۲۰	۱۷	۷	۶,۶	بورپی+دمبل	۲	
	۹-۱۰	۳۵	۱۷	۶	۲۸,۶	پرس سینه	۳	
۳۰٪+ حجم	۱۰	۳۰	۲۱	۶	۱۲+ kg	پاور اسکات	۱	۷
	۱۰	۶۰	۱۶	۶	۴۶,۷	ددلیفت		
	۱۰	۱۵	۱۸	۸	۷	بورپی+دمبل	۲	
	۱۰	۳۰	۱۸	۶	۳۰	پرس سینه	۳	
۴۵٪+ حجم	۱۰	۲۵	۲۲	۶	۱۵+ kg	پاور اسکات	۱	۸
	۱۰	۵۵	۱۷	۶	۴۹	ددلیفت		
	۱۰	۱۰	۱۹	۸	۷,۵	بورپی+دمبل	۲	
	۱۰	۲۵	۱۹	۶	۳۱,۵	پرس سینه	۳	



(به عنوان مثال، پاور کلین و قاپ دمبل) و حرکاتی که با وزن بدن (مانند بارفیکس و کشش) است. لازم به ذکر می باشد، شدت و بار تمرین بر اساس $1RM$ هر شخص انتخاب شد. علاوه بر این، شدت تمرین به تدریج در طول زمان افزایش یافت. در جدول ۱ برنامه تمرینات عملکردی با شدت متوسط مشخص شده است (۶).

تمرینات عملکردی با شدت شدید:

برای هر تمرین یک ایستگاه اختصاص داده شد. مدت زمان هر تمرین ۳۰ ثانیه بود و بین هر تمرین ۳۰ ثانیه استراحت داشت. از شرکت کنندگان خواسته شد حداکثر تلاش را در طول اجرای تمرینات انجام دهند و با حفظ اجرای صحیح، بیشترین تعداد تکرار را انجام دهند. برای این محدوده، یک مشوق در طول هر تمرین تشویق کلامی می کرد تا اطمینان حاصل شود که شرکت کنندگان تمرین را با شدت بالا انجام می دادند. در بخش زیر جزئیات هر تمرین گزارش شده است (جدول ۲). هر تمرین به صورت جداگانه شرح داده شده است:

۱. در اولین تمرین، مشارکت کننده با استفاده از دستان خود از میله آویزان می شد و برای هر بار تکرار، باید پاهای خود را به سمت میله بصورت چرخشی بالا بیاورد (۳۴).

۲. تمرین دوم با استفاده از نردبان چابکی، تمرین پنج شماره ای با نردبان چابکی انجام شد (۳۴).

۳. تمرین سوم شامل لانژ بر روی یک پا، به طور متناوب به سمت راست و چپ، روی یک بوسو بود در حالی که مشارکت کننده یک توپ طبی ۳ کیلوگرمی را بالای سر نگه داشته بود و به طرفین خم می شد (۳۵).

۴. تمرین چهارم شبیه تمرین سوم بود، اما در این مورد، مشارکت کننده در حالی که توپ طبی را در دست گرفته بود، تنه خود را به اطراف حرکت (چرخش تنه به طرفین با توپ طبی) می داد، در حالی که بازوهای خود را در جلوی سینه جمع کرده بود (۳۶).

۵. تمرین پنجم شامل استفاده از یک میله بود که یک انتهای آن توسط یک نوار لاستیکی به دیوار متصل می شد. مشارکت کنندگان با استفاده از دو دست، میله را به اندازه عرض شانه گرفته و به کش را به سمت جلو فشار

می داد. در این مرحله، با شروع از حالت چمباتمه با میله جلوی سینه و دیوار پشت سر، مشارکت کننده به حالت عمودی رفته، روی انگشتان پا بلند شده، میله را با بازوهای خود بالای سر حمل کرد و سپس به حالت طبیعی قرار می گرفت (۳۷).

۶. تمرین ششم مشابه تمرین پنجم بود، اما در این حالت، مشارکت کنندگان از حالت چمباتمه زدن با دیوار جلوی خود شروع کرد و بازوهای خود را کشیده و کش را به سمت خود می کشید. در این مرحله، مشارکت کننده با کشیدن میله به قفسه سینه خود به حالت عمودی ایستاد و سپس به وضعیت طبیعی باز می گشت (۳۷).

۷. تمرین هفتم شامل جهش های جانبی با حداقل فاصله یک متری بود که مشارکت کنندگان از بغل می پریدند (۳۸).

۸. تمرین هشتم شامل پرش های عمودی دو پا بود که در آن مشارکت کننده باید سعی می کرد بالاترین نقطه ممکن را با یک دست لمس کند (۳۹).

جمع آوری خون و نمونه گیری:

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، قبل و بعد از مداخلات، ۵ میلی لیتر خون از ورزشکاران جمع آوری شد. خون سیاهرگی از ورید بازویی دست چپ پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، پیش از اولین جلسه تمرین و بلافاصله بعد از آخرین جلسه تمرین (پایان هفته هشتم)، در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح داخل لوله های حاوی ماده ضد انعقاد خون ($EDTA^1$) جمع آوری شد. سپس ویال ها بلافاصله با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و با واحد دور در دقیقه (Relative Centrifugal Force (RCF)، یا (Revolutions Per Minute, RPM) مورد ارزیابی قرار گرفت و سرم به دست آمده تا زمان آزمایش در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد در فریزر نگهداری شد. نمونه های خون براساس پروتکل های ایمنی و زنجیره دمایی سرد به آزمایشگاه ارسال شد. میزان غلظت NGF سرم به صورت بیوشیمیایی با یک روش ایمونوسوربنت متصل به آنزیم برای تشخیص کمی NGF انسانی (Abcam، کمبریج، MA، ایالات متحده آمریکا) اندازه گیری شد. NGF سرم با استفاده از

¹ Ethylenediaminetetraacetic acid



جدول ۲: برنامه تمرینات عملکردی با شدت شدید (HIFT) به مدت هشت هفته در بازیکنان والیبال

شماره تمرین	نام تمرین	مدت زمان استراحت	مدت زمان تمرین	شدت (% ظرفیت ضربان قلب)	توضیحات
۱	بارفیکس چرخشی	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۸۰-۹۰	مشارکت کنند باید پاهای خود را با بالا کشیدن پاها به سمت میله بیاورد
۲	نردبانی چابکی	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۷۰-۹۰	پرش‌های کم با پاها بر روی نردبان، به طور متناوب بین تکیه‌گاه‌های راست و چپ
۳	لانژ یک پا	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۷۰-۹۰	به طور متناوب به جلو با یک پا، در حالی که توپ پزشکی ۳ کیلوگرمی در دست است
۴	پیچش تنه با توپ پزشکی	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۷۰-۹۰	در حالی که توپ پزشکی را در دست دارد، تنه خود را می‌پیچاند
۵	کشش با میله	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۸۰-۹۰	استفاده از میله و نوار لاستیکی برای کشیدن به سمت بالا و بازگشت به حالت شروع
۶	ایستادن با کشش	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۸۰-۹۰	از حالت چمباتمه زدن آغاز می‌کند و به حالت عمودی می‌رسد
۷	جهش‌های جانبی	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۸۰-۹۰	جهش‌های جانبی با حداقل فاصله ۱ متری بر روی برچسب‌های روی زمین
۸	پرش عمودی	۳۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۸۰-۹۰	تلاش برای لمس بالاترین نقطه ممکن با یک دست

آنتی‌بادی‌های پلی‌کلونال شناسایی NGF انسانی بومی در
چاهک‌های پوشیده‌شده با مقادیر از پیش‌تعیین‌شده NGF
نوترکیب انسانی اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که
نمونه‌ها به‌صورت دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.
برای تعیین غلظت BDNF در سرم از کیت (Genorise،
ایالات متحده آمریکا، GR111085-1) استفاده شد. دامنه
تشخیص این روش 15-1000 pg/ml، حساسیت این روش
3 pg/ml، ضریب درون سنجشی ۵ درصد و ضریب بین
سنجشی ۹ درصد بود. ابتدا آنتی‌بادی یک شب انکوبه شد
و ۳ بار شست‌وشو شد. سپس نمونه‌ها و استاندارد با
آنتی‌بادی تشخیص واکنش نشان‌دادند. سپس محلول
سوبسترا و استرپتاویدین-HRP اضافه شد. واکنش با
محلول توقف پایان یافت و نتایج با اندازه‌گیری چگالی نوری
در ۴۵۰ نانومتر به‌دست‌آمد. لازم به ذکر است که نمونه‌ها
به‌صورت دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.
تجزیه تحلیل آماری:

با توجه به طرح نیمه‌تجربی پژوهش، تحلیل داده‌ها در دو
بخش توصیفی و استنباطی سامان‌دهی شد. در بخش
توصیفی، شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی شامل
میانگین و انحراف معیار گزارش گردید. پیش از اجرای
آزمون‌های استنباطی، مفروضه‌های آماری ضروری بررسی
شدند: نرمال بودن توزیع خطا با آزمون شاپیرو-ویلک،
همگنی واریانس‌ها با آزمون لوین، و همگنی ماتریس
واریانس-کوواریانس. نتایج این ارزیابی‌ها صحت مفروضه‌ها
را تأیید کرد. برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و
بین‌گروهی در طول زمان و با توجه به برقراری نرمالیتی، از
تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر یک‌طرفه استفاده
شد. در مواردی که اثر اصلی معنادار بود، برای مقایسه
جفتی سطوح عامل‌ها، اصلاح بونفرونی به‌عنوان آزمون
تعقیبی به کار گرفته شد تا نرخ خطای نوع اول کنترل شود.



تمامی تحلیل‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵ و با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام گرفت.

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن متغیرهای BDNF و NGF در سه گروه کنترل و مداخله (تمرینات تناوبی با شدت بالا و متوسط) در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به طرح مطالعه برای تحلیل داده‌ها در این متغیرها پس از بررسی و تایید نرمال بودن با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک که در جدول ۳ گزارش شده است. در این مطالعه به دلیل برقراری نرمالیتی، از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر یک‌طرفه استفاده شد.

جدول ۳: نتایج آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن متغیرهای اصلی در دو گروه مورد مطالعه

متغیر	زمان	گروه کنترل		تمرینات با شدت بالا		تمرینات با شدت متوسط	
		آماره آزمون	P-مقدار	آماره آزمون	P-مقدار	آماره آزمون	P-مقدار
BDNF	پیش آزمون	۰/۹۵۲	۰/۶۷۱	۰/۱۱۸	۰/۶۷۱	۰/۹۲۲	۰/۳۰۷
	پس آزمون	۰/۹۵۹	۰/۷۶۳	۰/۹۶۳	۰/۸۲۲	۰/۸۹۸	۰/۱۴۸
NGF	پیش آزمون	۰/۹۵۴	۰/۷	۰/۹۲۸	۰/۳۵۹	۰/۹۶۷	۰/۸۷۱
	پس آزمون	۰/۹۰۳	۰/۱۷۲	۰/۹۱۶	۰/۲۵۳	۰/۹۵۸	۰/۷۵۲

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار میزان تغییرات غلظت BDNF و NGF پیش و پس از انجام تمرینات عملکردی با شدت شدید و متوسط در بازیکنان والیبالیست

متغیر	زمان	گروه کنترل		تمرینات عملکردی با شدت بالا		تمرینات با شدت متوسط	
		میانگین+انحراف معیار	P-مقدار	میانگین+انحراف معیار	P-مقدار	میانگین+انحراف معیار	P-مقدار
BDNF	پیش آزمون	۴۹۶/۸۴±۶۰/۴۵	۴۸۶/۶۷۱+۲۲/۳۶	۵۸۶/۶+۵۴/۴۸	<۰/۰۰۱		
	پس آزمون	۵۱۶/۹۴±۲۸/۵۴	۱۰۷۸/۸±۱۲۷/۶	۹۰۵/۴۵±۵۰/۷	<۰/۰۰۱		
NGF	پیش آزمون	۲۷/۹۷±۴/۲۲	۲۴/۸۸±۳/۹	۲۵/۷۸±۳/۰۶	<۰/۰۰۱		
	پس آزمون	۲۵/۱۲±۹/۰۲	۶۱/۱۷±۴/۱۵	۴۲/۲۵±۳/۸۸	<۰/۰۰۱		

سبب افزایش عوامل نوروتروفیک در والیبالیست‌ها بوده است، در حالی که تمرین با شدت متوسط نیز به‌طور قابل توجهی سطوح BDNF و NGF را ارتقا داده است.

با توجه به طرح مطالعه برای تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. بررسی تغییرات غلظت BDNF و NGF پیش و پس از اجرای پژوهش در گروه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ الف و ب

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان غلظت متغیرهای BDNF و NGF آزمودنی‌ها در سه گروه کنترل و تمرینات عملکردی با شدت شدید (HIIT) و تمرینات عملکردی با شدت متوسط (MIIT) در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرمی BDNF در گروه تمرینات عملکردی با شدت بالا، غلظت BDNF از ۴۸۶/۶۷۱+۲۲/۳۶ به ۵۱۶/۹۴±۲۸/۵۴ و میانگین غلظت سرمی NGF از ۲۷/۹۷±۴/۲۲ به ۲۵/۱۲±۹/۰۲ رسید که معادل ۱۲۱/۷٪ افزایش غلظت پس از انجام

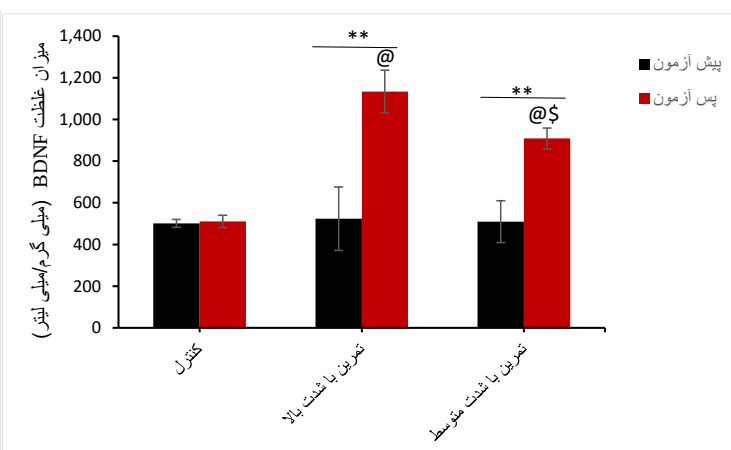
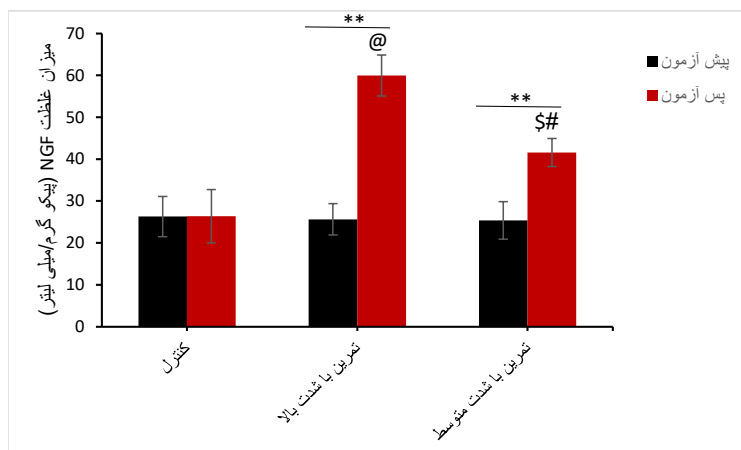


حاصل از تحلیل داده ها بیانگر وجود تفاوت معنادار بین دو گروه تمرینی و اثرگذاری معنادار و بیشتر در تمرینات عملکردی با شدت شدید و تمرینات عملکردی با شدت متوسط بری میزان تغییرات غلظت BDNF (شکل ۱ الف، $p < 0.001$)، و NGF (شکل ۱ ب، $p < 0.001$) می باشد.

بحث

مطالعه حاضر اثرات متفاوت تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) و تمرینات عملکردی با شدت متوسط (MIFT) بر غلظت های سرمی فاکتور مغزی مشتق شده از رشد (BDNF) و فاکتور رشد عصبی (NGF) در بازیکنان والیبال می باشد. نتایج نشان می دهد که هر دو نوع تمرین به طور قابل توجهی سطوح این عوامل نوروتروفیک را افزایش می دهند که برای نورونز، پلاستیسیته سیناپسی و عملکرد شناختی تاثیرگذار می باشد. این یافته ها حاکی از آن است که تمرینات HIFT، به دلیل ترکیب عناصر تمرین هوازی و قدرتی، منجر به افزایش قابل توجه تری در سطوح BDNF و NGF نسبت به MIFT می شود. این امر با تحقیقات قبلی که نشان می دهد تمرینات با شدت بالا نه تنها معیارهای عملکرد بدنی مانند قدرت و چابکی را بهبود

ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس اندازه مکرر یک طرفه بیانگر این است که در پیش از شروع روش تمرین تفاوت معناداری در غلظت BDNF (شکل ۱ الف، $p > 0.05$) و NGF (شکل ۱ ب، $p > 0.05$) در بین سه گروه وجود ندارد، درحالیکه پس از هشت هفته اجرای تمرینات عملکردی با شدت شدید و تمرینات عملکردی با شدت متوسط تفاوت معناداری در میانگین غلظت BDNF (شکل ۱ الف، $p < 0.001$) و NGF (شکل ۱ ب، $p < 0.001$)، بین سه گروه مورد مطالعه مشاهده شد. به علاوه، بررسی و مقایسه آزمون تحلیل واریانس اندازه مکرر یک طرفه نشان داد که انجام تمرینات عملکردی با شدت شدید و تمرینات عملکردی با شدت متوسط سبب افزایش میزان غلظت BDNF (شکل ۱ الف، $p < 0.001$) و NGF (شکل ۱ ب، $p < 0.001$)، نسبت به پیش از انجام تمرینات عملکردی با شدت شدید و تمرینات عملکردی با شدت متوسط بوده است. درحالیکه نتایج در خصوص گروه کنترل نشان دهنده عدم تغییر معنادار این میزان غلظت BDNF (شکل ۱ الف، $p > 0.05$) و NGF (شکل ۱ ب، $p > 0.05$) در زمان اجرای پژوهش بوده است (شکل ۱ الف و ب، $p > 0.05$). همچنین، نتایج



شکل یک: مقایسه میزان تغییرات غلظت BDNF و NGF پیش و پس از انجام تمرینات عملکردی با شدت شدید و متوسط در بازیکنان والیبال. آزمون تعقیبی بونفرونی به منظور انجام مقایسه های دوتایی مورد استفاده قرار گرفت. آزمون ها در سطح خطای پنج درصد انجام شد.
*: نشان دهنده تفاوت معنی دار قبل و بعد از مداخله در هر گروه می باشد.
@: نشان دهنده تفاوت معنادار بین گروه تمرین عملکردی با شدت بالا و گروه کنترل می باشد.
#: نشان دهنده تفاوت معنادار بین گروه تمرین عملکردی با شدت متوسط و گروه کنترل می باشد.
\$: نشان دهنده تفاوت معنادار بین گروه تمرین عملکردی با شدت متوسط و گروه تمرینی با شدت بالا می باشد.

می‌بخشند، بلکه تأثیر مثبتی بر عملکرد شناختی از طریق تنظیم مثبت عوامل نوروتروفیک دارند، هم‌راستا است (۴۰). افزایش‌های مشاهده شده در BDNF و NGF بویژه برای ورزشکاران حائز اهمیت است، زیرا این عوامل به بهبود حافظه، یادگیری و بهبودی از آسیب‌های عصبی مربوط می‌شوند (۶، ۴۰). در مطالعه ای مشخص گردید که تمرینات MIFT سبب افزایش سطح غلظت BDNF و NGF گردیده است. تمرینات HIFT از طریق فعال‌سازی مسیر PGC-1 α /FNDC5 و ترشح لاکتات به عنوان پیام‌رسان متابولیک، سبب القای BDNF/NGF می‌گردد. مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات HIFT سبب افزایش ۴۰ درصدی BDNF و ۳۵ درصدی NGF می‌گردد (۲۰، ۲۱). در یک تحقیق علمی، مشخص شد که تمرینات MIFT تأثیر مثبتی بر افزایش سطح غلظت عوامل نوروتروفیک مغزی (BDNF) و عامل نوروتروفیک مشتق شده از سلول‌های عصبی (NGF) دارد (۴۱). این تمرینات به دلیل ویژگی‌های خاص خود، به عنوان یک روش مؤثر در بهبود عملکردهای شناختی و حافظه شناخته شده‌اند. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که تمرینات HIFT منجر به فعال‌سازی مسیر سیگنال‌دهی PGC-1 α /FNDC5 می‌گردند (۴۱، ۴۲). این مسیر به عنوان یک سیستم کلیدی در تنظیم متابولیسم انرژی و تولید عوامل نوروتروفیک عمل می‌کند. ترشح لاکتات در حین این نوع تمرینات به عنوان یک پیام‌رسان متابولیک نیز نقش مهمی ایفا می‌کند و به تحریک تولید BDNF و NGF کمک می‌کند. مطالعات متعددی که در این زمینه انجام شده‌اند، نشان می‌دهند که انجام تمرینات HIFT می‌تواند به افزایش ۴۰ درصدی سطح BDNF و ۳۵ درصدی سطح NGF منجر شود. این افزایش، تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد عصبی و سلامت ذهنی دارد و می‌تواند به بهبود یادگیری، حافظه و کاهش خطر ابتلا به اختلالات شناختی کمک کند. به طور کلی، نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق‌ها تأکید بر اهمیت تمرینات ورزشی به عنوان یک رویکرد مؤثر برای تقویت و بهبود عملکرد سیستم عصبی و سلامت روان دارند (۴۳). از سویی، این مطالعه ضرورت سطوح شدت متفاوت در برنامه‌های تمرینی برای ورزشکاران را برجسته می‌کند. با توجه به ماهیت پویا و متغیر والیبال، که نیاز به تغییرات سریع، قدرت انفجاری و استقامت پایدار دارد،

وجود تمرینات HIFT می‌تواند سبب افزایش عملکرد بدنی و همزمان حمایت از سلامت شناختی گردد (۴۰). این تقویت دوگانه برای ورزشکارانی که به دنبال حفظ عملکرد اوج در طول فصول رقابتی هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲). تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) یک الگوی تمرینی است که هم از تمرین تناوبی با شدت بالا HIIT و هم از تمرینات قدرتی تشکیل شده است و سبب افزایش سنتر عضلانی نسبت به تمرینات هوازی می‌گردد. در نتیجه هم پارامترهای آمادگی قلبی و عروقی و هم پارامترهای قدرتی را بهبود می‌بخشد (۴۴). در مطالعه اخیر، تأثیر مداخله‌های تمرینی بر سطوح عوامل نوروتروفیک مغزی، شامل BDNF و NGF، با توجه به متغیرهای مختلفی نظیر نوع، شدت، و دفعات تمرین مورد بررسی قرار گرفته است. نوع تمرینات خود به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود: تمرینات قدرتی (مقاومتی) و تمرینات هوازی. هر یک از این نوع تمرینات می‌تواند بر روی سطوح این عوامل تأثیرات متفاوتی داشته باشد. به عنوان مثال، مطالعه‌ای که توسط گواجی و همکارانش انجام شده است، نشان داد که مداخله تمرینات مقاومتی تأثیر معنی‌داری بر افزایش سطح BDNF در سرم ندارد. این یافته‌ها به سؤالاتی پیرامون قابلیت این نوع تمرینات در افزایش سطوح عوامل نوروتروفیک پاسخ می‌دهند و به وضوح نشان می‌دهند که تمرینات مقاومتی به تنهایی ممکن است نتوانند به عنوان یک روش مؤثر در افزایش غلظت BDNF عمل کنند (۳۱)، اما مطالعاتی نیز وجود دارد که تفاوت معنی‌داری در سطح BDNF و NGF مداخله تمرینی هوازی پیدا نکرده است. در مقایسه با تمرینات قدرتی، مطالعات متعددی وجود دارند که نشان می‌دهند تمرینات هوازی تأثیرات قابل توجهی بر افزایش سطح BDNF در سرم انسانی دارند. این نوع تمرینات، به ویژه در سطوح بالای شدت، از طریق فرایندهای متابولیکی و سیگنالی خاص، می‌توانند باعث آزادسازی و افزایش غلظت BDNF و اثرات مثبت آن بر عملکرد شناختی و فرایندهای عصبی شوند. هوفمن و همکاران (۲۰۱۸) به این نکته اشاره کردند که تمرینات هوازی با شدت‌های متوسط تا بالا می‌توانند منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در سطوح BDNF شوند (۳۲). از آنجایی که در مطالعات مختلف از موضوعات مختلف، مدت زمان و دفعات تمرین استفاده شده



است، تعیین ثبات اثرات تمرین هوازی بر افزایش BDNF و NGF شدت تمرین دشوار است. با این حال، مطالعات تاثیر و مقایسه انجام تمرینات MIFT و HIFT بر میزان غلظت BDNF و NGF نامشخص می‌باشد. به طور خلاصه، نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات مختلف نشان می‌دهد که نوع و شدت تمرینات نقش حیاتی در تنظیم سطوح BDNF و NGF ایفا می‌کنند. در حالی که تمرینات هوازی در افزایش این عوامل نوروتروفیک مؤثرتر به نظر می‌رسند، تأثیر تمرینات مقاومتی به شواهد بیشتری نیاز دارد. این موضوع تأکیدی بر اهمیت طراحی برنامه‌های تمرینی متنوع و قابل توجه در بهبود سلامت ذهنی و عملکردهای شناختی دارد (۴۵).

تمرینات HIFT منجر به تغییرات اپی‌ژنتیک در پروموتور ژن‌های BDNF و NGF می‌شود. فعال‌سازی CREB (cAMP response element-binding protein) پس از تمرین شدید، به ترکیب با عناصر پاسخ‌دهنده cAMP در پروموتور BDNF منجر می‌شود. همچنین، کاهش متیلاسیون هیستون H3K27me3 در نواحی پروموتور این ژن‌ها، دسترسی عوامل رونویسی را افزایش می‌دهد. مطالعه گومز پینیلا^۱ و همکاران نشان داد که تمرین شدید منجر به ۵۰-۷۰٪ افزایش در بیان mRNA-BDNF می‌شود که با یافته‌های ما مطابقت دارد (۴۶). در مقایسه با مطالعه کنیپن^۲ و همکاران (۲۰۱۰) که ۲۵-۴۰٪ افزایش BDNF را پس از ۸ هفته تمرین هوازی گزارش کردند، نتایج ما (۱۲۱.۷٪ برای HIFT) برتری تمرینات ترکیبی قدرتی-هوازی را نشان می‌دهد. همچنین، مطالعه سیافت^۳ و همکاران تنها ۱۵-۲۰٪ افزایش NGF را گزارش کرد، در حالی که ما ۱۴۸.۴٪ افزایش مشاهده کردیم. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از ماهیت چندبعدی تمرینات HIFT باشد که هم سیستم‌های هوازی و هم بی‌هوازی را درگیر می‌کند (۴۷، ۴۸).

تمرین عملکردی با شدت بالا (HIFT) یک روش تمرینی است که بر حرکات عملکردی و چند مفصلی تاکید دارد و

می‌توان آنها را به هر سطح تناسب اندام تغییر داد. به عنوان یک روش تمرین نسبتاً جدید، HIFT اغلب با تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) مقایسه می‌شود، اما این دو متمایز هستند (۶). تمرینات HIIT با دوره‌های نسبتاً کوتاه و فعالیت‌های شدید به طور مکرر، که با دوره‌های استراحت یا تمرین با شدت کم برای ریکاوری تنظیم می‌شود، در حالی که HIFT از تمرین‌های عملکردی دائماً متنوع و مدت زمان‌های فعالیت مختلف استفاده می‌کند که ممکن است شامل استراحت باشد یا نباشد. تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) در سال‌های اخیر رایج شده است (۴۹). اعتقاد بر این است که HIFT مزایای فیزیکی و سلامتی بیشتری نسبت به سایر روش‌های دیگر داد (۵۰). طبق بسیاری از مطالعات، تمرینات عملکردی با شدت بالا، سبب افزایش میزان متابولیسم بی‌هوازی، می‌گردد. چنین شرایطی سبب افزایش غلظت BDNF از طریق افزایش میزان بیان PGC-1 α و غلظت لاکتات می‌شود (۲۳). PGC-1 α یک تنظیم‌کننده کلیدی ترشح BDNF و متابولیسم لاکتات است (۲۲، ۲۳، ۵۱). بین PGC-1 α و BDNF حلقه مثبت وجود دارد. علاوه بر این لاکتات، یک سوخت انرژی برای مغز و همچنین یک واسطه کلیدی برای نوروپلاستیسیته و تنظیم BDNF است (۵۱). بر اساس مطالعات لاکتات می‌تواند مسیر PGC1 α /FNDC5/BDNF را از طریق فعال‌سازی SIRT1 القاء کند. فرض بر این است که PGC-1 α همچنین عامل اصلی مؤثر بر بیوژنز میتوکندری است و در بافت‌های غنی از میتوکندری و متابولیسم اکسیژن فعال مانند مغز، بافت چربی قهوه‌ای یا عضلات اسکلتی به شدت بیان می‌شود. کمبود اکسیژن در حین ورزش و افزایش غلظت لاکتات باعث افزایش بیوژنز میتوکندری می‌شود (۵۲). در مطالعه ای توسط تولاگ پولات^۴ مشخص گردید که BDNF یک نشانگر ژنتیکی مهم مرتبط با عوامل شناختی می‌باشد (۲). بر اساس این مطالعه، از آنجایی که BDNF در شکل‌پذیری سیناپسی اثرگذار می‌باشد،

³ Seifert⁴ Tolga Polat¹ Gomez-Pinilla² Knaepen



افزایش میزان آن در یادگیری و حافظه موثر است. این ویژگی‌ها عوامل مهمی هستند که بر فعالیت‌های بازیکن تأثیر می‌گذارند. مطالعات اخیر نشان داده است که برخی از ژن‌ها در تعیین عملکرد ورزشکاران هم از نظر فیزیولوژیکی و هم از نظر شناختی موثر هستند. این نتایج برای ژنتیک ورزشی و عملکرد ورزشی بسیار مفید خواهد بود (۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به میزان تغییرات غلظت BDNF و NGF در اثر تمرینات با شدت متوسط و شدید می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمرینات عملکردی با شدت بالا و تمرینات عملکردی با شدت متوسط در بازیکنان والیبال می‌توانند سبب بهبود بر غلظت‌های سرمی فاکتور مغزی مشتق‌شده از رشد (BDNF) و فاکتور رشد عصبی (NGF) گردد. بنابراین، به مربیان توصیه می‌شود که تمرینات عملکردی با شدت بالا مورد استفاده در این مطالعه برای بهبود عملکرد فیزیولوژیکی خود استفاده نمایند. ازجمله محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم کنترل شرایط روانی بازیکنان اشاره کرد. محدودیت بعدی این بود که مطالعه حاضر روی بازیکنان والیبال مرد با محدوده سنی ۴۰-۱۹ سال انجام شد و تعمیم نتایج نیز تنها بر گروه‌های سنی و جنسی مشابه ممکن است. از سویی، در این مطالعه از تست‌های عملکردی

و ارتباط آن با پاسخ‌های فیزیولوژیکی مورد ارزیابی شده در این مطالعه استفاده نشده است. بهتر است در تحقیقات آینده باتوجه به محدودیت تحقیق حاضر، تأثیر این گونه تمرینات روی گروه‌های سنی و جنسی دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد. و تست‌های عملکردی این رشته ورزشی مورد ارزیابی قرار گیرد و ارتباط آن‌ها با تغییرات فیزیولوژی در بازیکنان بررسی و تحلیل شود. همچنین با انجام مطالعه‌ای مشابه در ورزش‌های مختلف و مقایسه نتایج آن با نتایج مطالعه حاضر می‌توان راهکار عملی به منظور بهبود عملکرد بازیکنان و کاهش عوامل خطر آسیب و پیشگیری از آن‌ها ارائه نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از مسئولین محترم دانشکده علوم ورزشی دانشگاه آزاد واحد اصفهان (خوراسگان) صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

ملاحظات اخلاقی و کد اخلاق

این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان (خوراسگان) با کد مصوب IR.IAU.KHUISF.REC.1403.311 تأیید شده است.

References:

1. Boz HK. Investigation of antropometric and performance responses of core exercises in volleyball players. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. 2020;9(6):55-63.
2. Polat T, Dogan CS, Eken BF, Yilmaz ÖÖ, Silar Ç, Karapinar G, et al. The distribution of brain-derived neurotrophic factor rs6265 polymorphism in Turkish Volleyball players. *The Journal of Neurobehavioral Sciences*. 2020;7(3):152-5.
3. Trecroci A, Duca M, Cavaggioni L, Rossi A, Scurati R, Longo S, et al. Relationship between cognitive functions and sport-specific physical performance in youth volleyball players. *Brain Sciences*. 2021;11(2):227.
4. Donati F, Sian V, Biasini GM, de la Torre X, Folchitto F, Botrè F. Serum levels of brain-derived neurotrophic factor and other neurotrophins in elite athletes: potential markers of the use of transcranial direct current stimulation in sport. *Frontiers in sports and active living*. 2021;3:619573.
5. Kızılet T. The Effects of High-Intensity Functional Training on Aerobic Capacity, Metabolic Adaptation and Neuromuscular Responses in Young Female Volleyball Players. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*. 2021;9(08).
6. Molinaro L, Taborri J, Pauletto D, Guerra V, Molinaro D, Sicari G, et al. Measuring the Immediate Effects of High-Intensity Functional Training on Motor, Cognitive and Physiological Parameters in Well-Trained Adults. *Sensors*. 2023;23(8):3937.
7. Kruk B, Chmura J, Krzeminski K, Ziemia AW, Nazar K, Pekkarinen H, et al. Influence of caffeine, cold and exercise on multiple choice reaction time. *Psychopharmacology*. 2001;157:197-201.
8. 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. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2014;24(1):1-10.
9. Małczyńska P, Piotrowicz Z, Drabarek D, Langfort J, Chalimoniuk M. Rola mózgowego czynnika neurotroficznego (BDNF) w procesach neurodegeneracji oraz w mechanizmach neuroregeneracji wywołanej wzmożoną aktywnością fizyczną. *Postępy Biochemii*. 2019;65(1):2-8.



10. 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. *Learning & memory*. 2002;9(5):224-37.
11. Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R. Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports medicine*. 2010;40:765-801.
12. Correia PR, Scorza FA, da Silva SG, Pansani A, Toscano-Silva M, de Almeida AC, et al. Increased basal plasma brain-derived neurotrophic factor levels in sprint runners. *Neuroscience bulletin*. 2011;27(5):325.
13. Chen MJ, Ivy AS, Russo-Neustadt AA. Nitric oxide synthesis is required for exercise-induced increases in hippocampal BDNF and phosphatidylinositol 3' kinase expression. *Brain research bulletin*. 2006;68(4):257-68.
14. Zajac A, Poprzecki S, Zebrowska A, Chalimoniuk M, Langfort J. Arginine and ornithine supplementation increases growth hormone and insulin-like growth factor-1 serum levels after heavy-resistance exercise in strength-trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(4):1082-90.
15. Yau S-Y, Lau B-M, Zhang E-D, Lee J-D, Li A, Lee TM, et al. Effects of voluntary running on plasma levels of neurotrophins, hippocampal cell proliferation and learning and memory in stressed rats. *Neuroscience*. 2012;222:289-301.
16. Robinet C, Pellerin L. Brain-derived neurotrophic factor enhances the expression of the monocarboxylate transporter 2 through translational activation in mouse cultured cortical neurons. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2010;30(2):286-98.
17. McCullough MJ, Gyorkos AM, Spitsbergen J. Short-term exercise increases GDNF protein levels in the spinal cord of young and old rats. *Neuroscience*. 2013;240:258-68.
18. Gyorkos AM, Spitsbergen JM. GDNF content and NMJ morphology are altered in recruited muscles following high-speed and resistance wheel training. *Physiological reports*. 2014;2(2):e00235.
19. Murawska-Ciałowicz E, de Assis GG, Clemente FM, Feito Y, Stastny P, Zuwała-Jagiello J, et al. Effect of four different forms of high intensity training on BDNF response to Wingate and Graded Exercise Test. *Sci Rep*. 2021;11(1):8599.
20. Nakhzari Khodakheir J, Zarei M, Zolfi HR, Shakib A. The effect of high-intensity functional training on gremlin-1 levels and insulin resistance in overweight and obese women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2024;12(32):46-57.
21. Zhao K, Hu Z, Wang T, Tian L, Wang M, Liu R, et al. Acute effects of two different work-to-rest ratio of high-intensity interval training on brain-derived neurotrophic factor in untrained young men. *Front Physiol*. 2022;13:988773.
22. Hajibabae F, Abedpoor N, Taghian F, Safavi K. A cocktail of polyherbal bioactive compounds and regular mobility training as senolytic approaches in age-dependent alzheimer's: the in silico analysis, lifestyle intervention in old age. *J Mol Neurosci*. 2023;73(2):171-84.
23. Abedpoor N, Taghian F, Hajibabae F. Physical activity ameliorates the function of organs via adipose tissue in metabolic diseases. *Acta Histochem*. 2022;124(2):151844.
24. Pareja-Galeano H, Brioché T, Sanchis-Gomar F, Montal A, Jovaní C, Martínez-Costa C, et al. Impact of exercise training on neuroplasticity-related growth factors in adolescents. *The Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. 2013;13(3):368-71.
25. Antal A, Nitsche MA, Kincses TZ, Kruse W, Hoffmann KP, Paulus W. Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. *Eur J Neurosci*. 2004;19(10):2888-92.
26. Caputo V, Sinibaldi L, Fiorentino A, Parisi C, Catalanotto C, Pasini A, et al. Brain derived neurotrophic factor (BDNF) expression is regulated by microRNAs miR-26a and miR-26b allele-specific binding. *PLoS One*. 2011;6(12):e28656.
27. Chen ZY, Bath K, McEwen B, Hempstead B, Lee F, editors. Impact of genetic variant BDNF (Val66Met) on brain structure and function. *Growth Factors and Psychiatric Disorders: Novartis Foundation Symposium 289*; 2008: Wiley Online Library.
28. Li Q, Zhang L, Zhang Z, Wang Y, Zuo C, Bo S. A shorter-bout of HIIT is more effective to promote serum BDNF and VEGF-A levels and improve cognitive function in healthy young men. *Front Physiol*. 2022;13:898603.
29. Griffin ÉW, Bechara RG, Birch AM, Kelly ÁM. Exercise enhances hippocampal-dependent learning in the rat: evidence for a BDNF-related mechanism. *Hippocampus*. 2009;19(10):973-80.
30. Zhang J-c, Yao W, Hashimoto K. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)-TrkB signaling in inflammation-related depression and potential therapeutic targets. *Curr Neuropharmacol*. 2016;14(7):721-31.



31. Seifert T, Brassard P, Wissenberg M, Rasmussen P, Nordby P, Stallknecht B, et al. Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2010;298(2):R372-R7.
32. Gaojie Z. The Effect of 12-Week Xinyi Liuhe Quan Exercise on BDNF, NGF and Stroop Test Scores of Female College Students.
33. Cursiol JA, de Arruda TB, Nakamura FY, Barbieri RA. Three Simulated Goalball Games in the Same Day Cause Central Fatigue and Can Impair Game Technical Performance. *Adapted Physical Activity Quarterly*. 2022;1(aop):1-18.
34. Monfort-Pañego M, Vera-García FJ, Sánchez-Zuriaga D, Sarti-Martínez MÁ. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009;32(3):232-44.
35. Chandrakumar N, Ramesh C. Effect of ladder drill and SAQ training on speed and agility among sports club badminton players. *International Journal of Applied Research*. 2015;1(12):527-9.
36. Bouillon LE, Hofener M, O'Donnel A, Milligan A, Obrock C. Comparison of muscle activity using unstable devices during a forward lunge. *J Sport Rehab*. 2019;29(4):394-9.
37. Choi H-M, Hurr C, Kim S. Effects of elastic band exercise on functional fitness and blood pressure response in the healthy elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(19):7144.
38. Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Med*. 2008;38:1045-63.
39. Andrew DP, Kovalenski J, Heitman RJ, Robinson TL. Effects of three modified plyometric depth jumps and periodized weight training on lower extremity power. *United States Sport Academy, America's Sport University*. 2010;13.
40. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-intensity functional training (HIFT): definition and research implications for improved fitness. *Sports*. 2018;6(3):76.
41. Moreno-Infantes F, Díaz-Quesada G, Radesca-Fabiano K, Muñoz-Andradas G, Domínguez-Balmaseda D. Impact of High-Intensity Exercise on BDNF Levels and Its Implications in High-Performance Sport: A Systematic Review. *Physiologia*. 2024;4(4):414-23.
42. Mobaseri M, Nazarali P, Rezaeinezhad N. Effect of High-Intensity Interval Training and High-Fat Diet on Nrg-1 And Pgc-1α in Aging Rats' Heart Tissue. *International Journal of Sport Studies for Health*. 2024;7(1).
43. Mielniczek M, Aune TK. The Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Brain-Derived Neurotrophic Factor Levels (BNDF): A Systematic Review. *Brain Sciences*. 2024;15(1):34.
44. Ben-Zeev T, Okun E. High-intensity functional training: Molecular mechanisms and benefits. *Neuromolecular Medicine*. 2021;23(3):335-8.
45. Mackay CP, Kuys SS, Brauer SG. Aerobic exercise and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in people post-stroke and other neurological disorders: a systematic review and meta-analysis. *Int J Stroke*. 2018;13(1 Supplement):15-.
46. Gomez-Pinilla F, Zhuang Y, Feng J, Ying Z, Fan G. Exercise impacts brain-derived neurotrophic factor plasticity by engaging mechanisms of epigenetic regulation. *Eur J Neurosci*. 2011;33(3):383-90.
47. Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R. Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Med*. 2010;40(9):765-801.
48. Seifert T, Brassard P, Wissenberg M, Rasmussen P, Nordby P, Stallknecht B, et al. Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2010.
49. Wilke J. Functional high-intensity exercise is more effective in acutely increasing working memory than aerobic walking: An exploratory randomized, controlled trial. *Sci Rep*. 2020;10(1):12335.
50. Maté-Muñoz JL, Budurin M, González-Lozano S, Heredia-Elvar JR, Cañuelo-Márquez AM, Barba-Ruiz M, et al. Physiological responses at 15 minutes of recovery after a session of functional fitness training in well-trained athletes. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(14):8864.
51. Abedpoor N, Taghian F, Hajibabae F. Cross brain-gut analysis highlighted hub genes and LncRNA networks differentially modified during leucine consumption and endurance exercise in mice with depression-like behaviors. *Mol Neurobiol*. 2022;59(7):4106-23.
52. Abedpoor N, Taghian F, Ghaedi K, Niktab I, Safaeinejad Z, Rabiee F, et al. PPARγ/Pgc-1α-Fndc5 pathway up-regulation in gastrocnemius and heart muscle of exercised, branched chain amino acid diet fed mice. *Nutr Metab (Lond)*. 2018;15:1-15.



Comparing the Effects of Different Intensities of Functional Training on BDNF and NGF Factors in Volleyball

Arif Akram Arif Alnaseri¹, Farzaneh Taghian^{*2}, Ibtisam Haider Bektash Bulbul³,
Khosro Jalali Dehkordi⁴

1. PhD candidate, Department of Sports Physiology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Professor, Department of Sports Physiology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Professor, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Tikrit University
4. Assistant Professor, Department of Sports Physiology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Type of Article Original Research

Received: 2024/12/02
Accepted: 2025/08/30

***Corresponding Author:**
Farzaneh Taghian,
Professor, Professor,
Faculty of Physical
Education and Sports
Sciences, Tikrit University

TEL: 09133080241

Email: (f.taghian@iau.ac.ir)

Abstract

Introduction: The aim of this study was to investigate the effect of high-intensity functional training (HIFT) and moderate-intensity functional training (MIFT) on serum concentrations of brain-derived growth factor (BDNF) and nerve growth factor (NGF) in volleyball players. BDNF and NGF play key roles in cellular, neural, and metabolic processes, and understanding how they change under the influence of different types of exercise training can help in designing more effective and targeted training programs for the prevention and management of sports injuries and for improving sports performance. By examining these factors, this study aims to clarify this relationship.

Methods: Participants were randomly divided into three groups: a control group, a HIFT group, and a MIFT group. MIFT training included multi-joint movements such as squats, deadlifts, and Olympic exercises performed at an intensity of 50-70% of heart rate reserve for 3 days per week for approximately 60 minutes each session. HIFT training consisted of eight exercises performed for a duration of 30 seconds for each exercise and a 30-second rest period between exercises. Serum BDNF and NGF concentrations were measured before and after the training period (in the morning, while fasting, and at least 12 hours after the last intense exercise) using standard ELISA methods. Data analysis was performed using ANOVA with a significance level of 0.05.

Results: The results showed that both training protocols had a significant effect on BDNF and NGF concentrations. Furthermore, compared to moderate intensity training, high intensity training significantly increased BDNF and NGF concentrations.

Conclusion: HIFT training is recommended to coaches to improve the physiological and cognitive performance of volleyball athletes. These results indicate that training intensity plays a decisive role in regulating factors related to neuroplasticity. The practical application of these findings emphasizes the need to include high-intensity training in athletes' training programs to optimize neuromuscular performance.

Keywords: BDNF, Exercise Training, High-Intensity Training, Neurotrophic, NGF, Volleyball

► **Please cite this article as:** Arif Alnaseri A. A, Taghian F, Haider Bektash Bulbul I, Jalali Dehkordi Kh. Comparing the Effects of Different Intensities of Functional Training on BDNF and NGF Factors in Volleyball. J Neyshabur Univ Med Sci 2024;12(2):58-72.