



The effect of 8 weeks of Whole-Body Electromyostimulation training on body composition and BDNF gene expression in elderly men

Whole-Body Electromyostimulation training and elderly

Amir Ghasem Abadi¹ , Mohammadreza Hosseinabadi^{*2} , Ameneh Barjaste Yazdi³ , Amir Rashidlamir⁴

1. PHD Student, Department of Physical Education, Ne.C. Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. amirghasemabadi2022@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Physical Education, Ne.C. Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. 1062925521@iau.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Physical Education, Ne.C. Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. a.barjasteyazdi@iau-neyshabur.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Physical Education, Mashhad Branch, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Rashidlamir@um.ac.ir

Article Information

Article type: Research Article

Vol: 17

No: 34

P: 14-27

Received: 2026-04-21

Revised: 2026-07-03

Accepted: 2026-07-07

Cite this Article:

Ghasemabadi, Amir., Hoseinabadi, Mohammadreza., Barjesteh Yazdi, Ameneh & Rashidlamir Amir. The effect of eight weeks of whole-body electrical muscle stimulation training on body composition and brain-derived neurotrophic factor gene expression in elderly men. *Sport and Biomechanical Sciences*. 2026; 17(34): 14-27.

Publisher: Hakim Sabzevari University

Authors retain the
copyright and full
publishing rights.



Abstract

Introduction and Purpose: The present study aimed to investigate the effect of eight weeks of WB-EMS training on body composition and BDNF gene expression in elderly men.

Materials and Methods: This applied study employed a pre-test-post-test design with two experimental groups and a control group. In this study, 25 elderly men participated. The subjects were randomly divided into two whole-body electrical muscle stimulation training groups (n=12) (Mean age = 61.58±1.67, weight = 88.70±7.96, and body mass index = 29.48±1.97) and control (n=13) (Mean age = 62.84±2.73, weight = 89.44±6.36, and body mass index = 29.22±2.39). The experimental group performed the exercises twice a week for 8 weeks. After separating plasma and PBMN cells, blood samples were used to assess BDNF gene expression by Real-Time PCR. Data analysis was performed using repeated measures analysis of variance at a significance level of P<0.05.

Results: The Results showed that eight weeks of WB-EMS training resulted in significant decreases in body weight (p=0.0001), body mass index (p=0.0001), and body fat percentage (p=0.0001) compared to the control group. The results also showed that the group-time interaction in BDNF gene expression was significant (p=0.0001), indicating that BDNF gene expression increased significantly after eight weeks of WB-EMS training compared to the control group.

Conclusion: The results of the present study showed that eight weeks of WB-EMS training, in addition to improving body composition, can lead to increased BDNF gene expression, which may play an important role in improving cognitive and neurological function in the elderly.

Key Words: Elderly, Electrical Muscle Stimulation, Cognitive Function, Body Composition

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

Aging is progressively associated with a decline in physical capacity and cognitive function. Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) plays a pivotal role in brain function and neurogenesis across mammalian species, directly influencing brain morphology and structural integrity. However, circulating BDNF levels naturally decrease with age, a reduction closely linked to functional and cognitive impairments in older adults.

While regular exercise training is known to mitigate cognitive decline in the elderly by regulating neurotrophic factors like BDNF and Nerve Growth Factor (NGF), Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) has emerged as a time-efficient alternative. WB-EMS artificially activates multiple muscle groups simultaneously using electrical currents delivered via targeted electrodes. Although its efficacy in improving muscle function and physical performance has been demonstrated in young adults, the elderly, and clinical populations (such as those with sarcopenia), research exploring its direct effects on human BDNF expression—especially in older cohorts—remains scarce and inconsistent. Given that cognitive health significantly impacts rehabilitation outcomes and physiotherapy effectiveness in elderly individuals, exploring novel interventions is crucial. Therefore, this study aimed to investigate the effects of an 8-week WB-EMS training program on body composition and BDNF gene expression in elderly men.

2. Materials and Methods

This applied study utilized a pre-test/post-test randomized controlled design. The study population consisted of elderly men aged 60 to 70 years. Twenty-five eligible volunteers (mean age: 62.24 ± 2.33 years) with no underlying diseases, metabolic disorders, skeletal deformities, serious injuries, or history of using hormonal/complementary medications, and free of cardiac stents or platinum implants, were selected. Subjects were randomly assigned to either the experimental group ($n = 12$) or the control group ($n = 13$).

The experimental group underwent WB-EMS training twice a week for eight consecutive weeks, with each session lasting approximately 20 minutes. Stimulation was delivered using a bipolar current from an Iranian-manufactured EMS device (LT+ Company) featuring

a 10-output channel electrical pulse generator. The stimulation parameters were set to a frequency of 85 Hz and a pulse width of 350 μ s. Training intensity was individually adjusted using the Borg CR-10 Rating of Perceived Exertion (RPE) scale, with participants maintaining an intensity described as "hard" to "very hard" (RPE 7–8). Fasting blood samples were collected from the brachial vein at two distinct time points: 24 hours before the first training session and 48 hours following the final session. After confirming data normality, differences were analyzed using a mixed-design repeated measures analysis of variance (ANOVA).

3. Results

The repeated measures ANOVA revealed that eight weeks of WB-EMS training led to a significant decrease in body weight ($p = 0.0001$), body mass index ($p = 0.0001$), and body fat percentage ($p = 0.0001$) compared to the control group. Furthermore, a significant group-by-time interaction was observed for BDNF gene expression ($p = 0.0001$), demonstrating a substantial increase in BDNF expression in the experimental group following the 8-week intervention relative to the control group.

4. Conclusions

The findings indicate that an 8-week WB-EMS training protocol significantly optimizes body composition in elderly men by reducing body weight, BMI, and body fat percentage, while fostering a significant increase in skeletal muscle mass. These observations align with the limited existing literature regarding EMS-induced body composition improvements.

Crucially, the intervention significantly up-regulated BDNF gene expression. While the exact physiological pathways driving exercise- and EMS-induced BDNF elevation require further elucidation, current hypotheses suggest this mechanism may be mediated by the induction of Fibronectin Type III Domain-Containing Protein 5 (Fndc5) expression—a PGC- α -dependent myokine in skeletal muscle—which subsequently triggers BDNF production. Additionally, the elevated sympathetic nerve activity typically induced by EMS may further stimulate this neurotrophic response. In conclusion, WB-EMS serves as a viable and effective intervention to improve body composition and enhance BDNF gene expression in elderly cohorts, potentially playing a

valuable role in preserving neurological and cognitive health during aging.

5. Acknowledgment & Funding

This article is not sponsored.

6. Ethical Considerations

This research was approved by the ethics committee with the ethical code of IR.IAU.NEYSHABUR.REC.1404.055.

7. Authors' Contributions

All authors have actively participated in the study and in writing the article.

8. Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

تأثیر هشت هفته تمرین تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن بر ترکیب بدن و بیان ژن فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز مردان سالمند

امیر قاسم آبادی^۱، محمدرضا حسین آبادی^{۲*}، آمنه برجسته یزدی^۳، امیر رشیدلمیر^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، amirhasemabadi2022@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، 1062925521@iau.ac.ir
۳. استادیار، گروه علوم تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، a.barjasteyazdi@iau-neyshabur.ac.ir
۴. دانشیار، گروه علوم تربیت بدنی، واحد مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، Rashidlamir@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: پژوهشی

دوره:

۱۷

شماره:

۳۴

صفحه:

۱۴-۲۷

تاریخ دریافت:

۱۴۰۵/۰۲/۰۱

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۵/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۴/۱۶

نحوه ارجاع به این مقاله:

قاسم آبادی، امیر، حسین آبادی، محمدرضا، برجسته یزدی، آمنه و رشیدلمیر امیر. تأثیر هشت هفته تمرین تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن بر ترکیب بدن و بیان ژن فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز مردان سالمند. نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی. ۱۴۰۴؛ ۱۷(۳۴): ۱۴-۲۷.

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

مقدمه و هدف: هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین تحریک الکتریکی عضلات کل بدن بر ترکیب بدن و بیان ژن فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF) مردان سالمند بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه کاربردی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با دو گروه تجربی و گروه کنترل اجرا شد. در این مطالعه ۲۵ مرد سالمند به طور تصادفی به دو گروه تمرین تحریک الکتریکی عضلات کل بدن (۱۲ نفر) (میانگین سن = 61.58 ± 1.67 و وزن = 88.70 ± 7.96 و شاخص توده بدنی = 29.48 ± 1.97) و کنترل (۱۳ نفر) (میانگین سن = 62.84 ± 2.73 و وزن = 89.44 ± 6.36 و شاخص توده بدنی = 29.22 ± 2.39) تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته، دو جلسه در هفته به اجرای تمرینات پرداختند. نمونه‌های خونی پس از جداسازی پلاسما و سلول‌های PBMC برای بررسی بیان ژن BDNF، از روش Real-Time-PCR استفاده گردید. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تمرین WB-EMS منجر به کاهش معنادار وزن بدن ($p = 0.0001$) و شاخص توده بدنی ($p = 0.0001$) و درصد چربی بدن ($p = 0.0001$)، در مقایسه با گروه کنترل شده است. نتایج نشان داد که تعامل گروه در زمان در بیان ژن BDNF معنادار است ($p = 0.0001$) که نشان می‌دهد بیان ژن BDNF پس از هشت هفته تمرینات WB-EMS به طور معناداری در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین WB-EMS علاوه بر بهبود ترکیب بدن می‌تواند منجر به افزایش بیان ژن BDNF گردد که ممکن است نقش مهمی در بهبود عملکرد شناختی و عصبی سالمندان داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: سالمند، تحریک الکتریکی عضلانی، عملکرد شناختی، ترکیب بدن



نویسندگان حق نشر و حقوق کامل انتشار را حفظ می‌کنند.

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت سالمندان در سراسر جهان؛ میزان بروز بیماری‌های مزمن نیز به سرعت در حال افزایش است (۱). سالمندی با طیف گسترده‌ای از تغییرات عملکردی و ساختاری، از جمله کاهش توده عضلانی، قدرت، استقامت قلبی و عضلانی و عملکرد شناختی همراه است که منجر به کاهش آمادگی جسمانی و افزایش بیماری‌های غیرواگیر (مانند بیماری‌های قلبی عروقی، آلزایمر و دیابت) می‌شود (۲).

مطالعات نشان داده‌اند که با افزایش سن، توانایی‌های فیزیکی (مانند قدرت عضلانی) و عملکردهای شناختی (مانند توجه، حافظه و توانایی کنترل اجرایی مرکزی) به تدریج کاهش می‌یابد (۳). ساختار و عملکرد مغز ممکن است به طور منفی تحت تأثیر قرار گیرد و منجر به کاهش توانایی‌های فردی و در نهایت منجر به بسیاری از بیماری‌های مرتبط با عملکرد مغز شود (۴). نوروتروفین‌ها، خانواده‌هایی از فاکتورهای رشد هستند که نقش مهمی در بقا و عملکرد نورون‌ها دارند. مهم‌ترین آن‌ها فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز ($BDNF^1$) و فاکتور رشد عصبی (NGF^2) هستند، این فاکتورها به دلیل تأثیراتشان بر نوروپلاستیسته، مزایای زیادی برای شناخت و ادراک ایجاد می‌کنند (۵). مطالعات نشان داده‌اند که فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز بر نوروزن مغز همه‌ی گونه‌های پستانداران (از جمله انسان) تأثیر می‌گذارد که مستقیماً ساختار اساسی و مورفولوژی مغز را تغییر می‌دهند (۴). مطالعات نشان می‌دهد که $BDNF$ یک مولکول اصلی در عملکرد مغز است که غلظت آن در خون با افزایش سن کاهش می‌یابد. این مطالعات گزارش کرده‌اند که کاهش $BDNF$ با اختلال عملکردی و برخی از جنبه‌های اختلال شناختی در افراد مسن مرتبط است (۶).

مطالعات پژوهشی تأیید کرده‌اند که تمرینات ورزشی منظم تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد مغز از طریق تنظیم فاکتورهای نوروتروفیک مانند عامل نوروتروفیک مشتق شده از مغز و عامل رشد عصبی دارد که ممکن است از زوال شناختی در سالمندان جلوگیری کند (۷). اخیراً گزارش شده است؛ عامل نوروتروفیک مشتق شده از مغز در هنگام انقباضات عضلانی از سلول‌های عضلانی اسکلتی به خون آزاد می‌شود (۸). یک مطالعه نشان داده است که تمرینات ورزشی میزان $BDNF$ خون را افزایش می‌دهند و بهبود حافظه ناشی از فعال‌سازی مسیر $BDNF$ وابسته به شدت تمرینات ورزشی است (۹، ۱۰). همچنین، یافته‌های حاصل از مداخلات تحریک الکتریکی عضلانی افزایش سطح $BDNF$

خون را نشان داده‌اند (۸). تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن ($WB-EMS^3$) مدت‌هاست که به عنوان یک روش تمرینی مکمل، چه به صورت موضعی و چه به صورت کلی برای بدن استفاده می‌شود (۱۱). این روش، عضلات را به صورت مصنوعی از طریق اشکال مختلف جریان الکتریکی که از طریق الکترودها روی عضلات هدف اعمال می‌شوند، فعال می‌کند (۱۱). در نتیجه، جریان الکتریکی باعث انقباض غیرارادی عضلات می‌شود که مزایای ورزشی مشابهی را بدون ناراحتی زیاد ایجاد می‌کند (۱۲). به طور خاص، این روش برای تسهیل فعال‌سازی غیرفعال تعداد زیادی از واحدهای حرکتی و ایجاد همزمان جذب فیبرهای عضلانی، با هدف تقویت یا حفظ توده عضلانی طراحی شده است (۱۳). مطالعات پیشین اثربخشی تمرینات $WB-EMS$ را بر عملکرد عضلات و عملکرد بدن در جمعیت‌های مختلف از جمله افراد جوان سالم، سالمندان و بیماران مبتلا به بیماری‌های تحلیل برنده عضلات مانند سارکوپنی نشان داده‌اند، همچنین، EMS به عنوان یک رویکرد توانبخشی عملی و مؤثر برای بیمارانی که عملکرد بدنی ضعیفی دارند یا برای افراد مسن با فعالیت بدنی کم پیشنهاد شده است (۱۴، ۱۵). در چنین شرایطی، EMS فرصتی را برای افزایش پایداری به یک برنامه ورزشی و بهبود ترکیب بدن و قدرت فیزیکی بیماران فراهم می‌کند (۱۶). تحقیقات نشان داده‌اند که EMS می‌تواند عملکرد عضلات در حال پیری را بهبود بخشد و از تحلیل عضلانی در دوران سالمندی جلوگیری کند. نیشی کاوا و همکاران (۲۰۲۱) در یک مطالعه، به بررسی دو مداخله توان‌بخشی عمومی (۲۰ دقیقه، ۳ روز در هفته) و $WB-EMS$ (۲۳ دقیقه، ۳ روز در هفته) به مدت ۲۳ هفته پرداختند و نشان دادند که EMS به افزایش توده عضلانی و جلوگیری از کاهش تعادل کمک می‌کند، در حالی که در گروه کنترل چنین پیشرفتی مشاهده نشد (۱۷). از طرفی تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که $WB-EMS$ می‌تواند عملکردهای متابولیکی و عصبی را نیز بهبود بخشد و به فعال‌سازی بهتر سیستم عصبی-عضلانی در گروه‌های مختلف بیماران کمک کند. یکی از مکانیسم‌های احتمالی این اثرات، مایوکاین‌ها هستند؛ موادی فعال که در طی انقباض عضلات اسکلتی ترشح می‌شوند. از میان بیش از ۳۰۰ نوع مایوکاین شناسایی شده، فاکتور نوروتروفیک مشتق شده از مغز یکی از مایوکاین‌های کلیدی مورد مطالعه است که نقش مهمی در تقویت عملکرد عصبی-عضلانی دارد (۱۸). به طوری که، نیشیکاوا و همکاران^۴، (۲۰۲۴) گزارش کردند که EMS می‌تواند عملکرد شناختی را بهبود بخشد. در این تحقیق، دو

1. Brain-Derived Neurotrophic Factor

2. Nerve growth factor

3. Whole-Body Electromyostimulation

4 Nishikawa et al

پرسشنامه ارزیابی سلامتی عمومی توسط آن‌ها تکمیل شد. در ادامه آزمودنی‌های انتخاب شده (۲۵ نفر) به طور تصادفی به دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۳ نفر) تقسیم شدند. یک هفته قبل از شروع تمرینات، سه جلسه آشنایی با روش پژوهش به عنوان پایلوت برگزار شد. همچنین طی این جلسات، دستورالعمل‌های شرکت در آزمون برای آزمودنی‌ها ارائه شد که این دستورالعمل حاوی اطلاعاتی از قبیل عدم انجام فعالیت بدنی پُرشدت طی ۲۴ ساعت قبل از شروع دوره تمرین، عدم مصرف هرگونه دارو طی پژوهش و زمان خواب آزمودنی‌ها بود. عدم شرکت منظم آزمودنی‌ها، بروز هرگونه آسیب یا بیماری در طول دوره که مانع از اجرای پروتکل تمرینی می‌شد از معیارهای خروج آزمودنی‌ها بود. این طرح توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور با شناسه اخلاق IR.IAU.NEYSHABUR.REC.1404.055 تصویب گردید.

شاخص‌های تن‌سنجی آزمودنی‌ها از جمله وزن بدن، شاخص توده بدنی و ترکیب بدن ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری وزن بدن، فرد بدون کفش و با لباس سبک روی ترازو (ترازوی سکا ۲۲۰ ساخت آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم) قرار گرفت و برحسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری قد ایستاده، فرد بدون کفش به صورت صاف و کشیده روی دستگاه ایستاده، وزن بدن به طور مساوی روی هر دو پا تقسیم شده و چشم‌ها موازی سطح افق بودند. سپس ارتفاع از زمین تا ناحیه مماس بر کاسه سر بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها، با استفاده از تقسیم وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر، به دست آمد. ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز ترکیبات بدن (Body Compositions Analyzer) مدل ۷۲۰ ساخت کشور کره جنوبی، اندازه‌گیری شد. بدین منظور فرد با کمترین لباس بر روی دستگاه قرار می‌گرفت، سپس اطلاعات دقیقی در مورد سن، وزن و قد به دستگاه داده می‌شد. از مایع مخصوص برای رطوبت لازم و برقراری تماس کامل پا و دست‌ها با الکترودها استفاده می‌شد، فرد به حالت متعادل به روی دستگاه قرار می‌گرفت به طوری که سر به جلو و دست‌ها در کنار بدن با زاویه ۱۵ تا ۲۰ درجه بود.

برنامه تمرین

جلسات تمرینی دو بار در هفته به مدت ۸ هفته متوالی انجام شد که هر جلسه تقریباً ۲۰ دقیقه طول می‌کشید (۲۱). تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن با فرکانس پایین با استفاده از جریان دو قطبی با فرکانس تحریک ۸۵ هرتز و پهنای پالس ۳۵۰ میکروثانیه اعمال شد (۲۲). همه جلسات شامل دوره‌های گرم کردن و سرد کردن استاندارد (هر کدام ۵ دقیقه) با استفاده از

جلسه EMS به مدت ۳۰ دقیقه بر عضلات چهارسر ران انجام شد و ارزیابی‌های شناختی و خلقی در انسان‌ها و آنالیزهای بافتی در موش‌ها صورت گرفت. نتایج نشان داد EMS باعث بهبود عملکرد اجرایی و کاهش اضطراب در انسان‌ها و افزایش BDNF در هیپوکامپ موش‌ها شد (۱۸). با این حال تعداد مطالعاتی که تأثیر این نوع تمرینات را بر سطوح BDNF در آزمودنی‌های انسانی و به ویژه سالمندان بررسی کرده باشد، بسیار محدود است (۸). در مطالعات انجام شده در سایر آزمودنی‌های انسانی نیز با نتایج متفاوتی همراه بوده است. چنان که برخی مطالعات افزایش (۱۹) و برخی مطالعات عدم تغییر سطوح BDNF را گزارش کرده‌اند (۲۰).

با توجه به این که عملکرد شناختی یک عامل مهم مرتبط با فرآیند توانبخشی در افراد سالمند است و بر اثربخشی فیزیوتراپی تأثیر می‌گذارد، توجه مطالعات را به خود جلب کرده است. مطالعات معدودی به بررسی تأثیر این نوع تمرینات در ترکیب بدن سالمندان و نقش آن در بیان ژن BDNF در این آزمودنی‌ها انجام شده است. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرین WB-EMS بر ترکیب بدن و بیان ژن BDNF در مردان سالمند بود.

روش‌شناسی

این مطالعه کاربردی با طرح پیش آزمون و پس آزمون با دو گروه تجربی و گروه کنترل اجرا شد. جامعه آماری این مطالعه شامل مردان سالمند ۶۰ تا ۷۰ سال بودند. برای شرکت در این مطالعه تعداد ۲۵ مرد سالمند با میانگین سنی 62.24 ± 2.33 انتخاب شدند. برای محاسبه حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار GPower، بر اساس میزان خطای آلفا ۰.۰۵، اندازه اثر ۰.۷ و توان آزمون ۰.۷ برای هر گروه ۱۲ نفر در نظر گرفته شد. ابتدا از طریق انتشار فراخوان در شبکه‌های اجتماعی در خصوص اجرای این پژوهش اطلاع‌رسانی شد و از افراد واجد شرایط درخواست شد تا به صورت داوطلبانه در این پژوهش ثبت‌نام نمایند. سپس از میان داوطلبانی که معیارهای ورود به پژوهش را داشتند؛ آزمودنی‌های موردنظر انتخاب شدند. ملاک‌های ورود به مطالعه شامل داوطلبین مرد، سن بالای ۶۰ سال (۶۰ تا ۷۰ سال)، عدم ابتلا به بیماری زمینه‌ای، عدم مصرف داروهای هورمونی و مکمل، عدم داشتن آسیب‌دیدگی جدی و نداشتن پلاتین و استنت قلبی در بدن و نداشتن مشکلات و اختلالات اسکلتی، بود. اطلاعات لازم در خصوص اهداف و روش اجرای پژوهش به داوطلبان داده شد، فرم رضایت‌نامه آگاهانه و پرسشنامه اطلاعات فردی و سوابق پزشکی؛ پرسشنامه استاندارد آمادگی انجام فعالیت ورزشی (Q^1 -PAR)؛

شد. به شرکت کنندگان دستور داده شد که RPE مربوط به «سخت» تا «خیلی سخت» (RPE 7-8) را حفظ کنند (۲۳). با توجه به تفاوت‌های بین فردی در حساسیت و تحمل جریان، شدت پالس الکتریکی برای هر ناحیه عضلانی به طور جداگانه تنظیم و به تدریج در جلسات و در طول جلسات تحت نظارت دقیق یک مربی آموزش دیده افزایش یافت. تمام جلسات در محیط‌های کوچک تحت نظارت انجام شد تا از تکنیک مناسب، ایمنی و پایداری به شدت تجویز شده اطمینان حاصل شود. پروتکل تمرین WB-EMS وزن بدن در جدول ۱ خلاصه شده است.

حرکات عمومی بود. در طول مراحل تحریک، شرکت کنندگان یک سری استاندارد از حرکات وزن بدن را در حالت ایستاده انجام دادند، از جمله تمرینات چند مفصلی که اندام تحتانی، تنه و بالاتنه را هدف قرار می‌دادند که در جدول ۱ مشاهده می‌شود. شدت تمرین و دامنه حرکت عمداً پایین نگه داشته شدند تا اطمینان حاصل شود که محرک فیزیولوژیکی در درجه اول از تحریک الکتریکی عضله ناشی می‌شود و ناشی از کار عضلانی ارادی به تنهایی نیست. این رویکرد برای به حداقل رساندن تنوع بین فردی مربوط به اجرای حرکت و افزایش مقایسه بار تمرین بین شرکت کنندگان انتخاب شد (۲۳). شدت تمرین به صورت جداگانه با استفاده از مقیاس میزان درک فشار (RPE) بزرگ ۱۰ تنظیم

جدول ۱. پروتکل تمرین تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن

بخش	توضیحات
مدت دوره	۸ هفته
فراوانی تمرین	۲ جلسه در هفته
مدت زمان جلسه	۲۰ دقیقه
گرم کردن	۵ دقیقه گرم کردن عمومی بدن
تمرینات	شکم اسکوات، فلای ایستاده، فلکشن زانو، نشر جانب، جلو بازو، پشت بازو، ایستاده
ست ها و تکرارها	۲ ست و ۸ تکرار
استراحت بین ست ها	۹۰ ثانیه
شدت	درک فشار ۷-۸ (مقیاس درک فشار ۱۰)
سرد کردن	۵ دقیقه

خون‌گیری از تمام آزمودنی‌ها در ۲ نوبت شامل ۲۴ ساعت قبل از شروع اولین جلسه تمرین و ۴۸ ساعت بعد از اتمام آخرین جلسه تمرین، در حالت ناشتا و از ورید بازویی انجام شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های آزمایشی با ماده ضد انعقاد EDTA جمع‌آوری و پس از جداسازی پلاسما و سلول‌های PBMN تا زمان اندازه‌گیری‌های مربوطه در فریزر -۷۰- نگهداری شد. پس از تخلیص mRNA سلول‌های PBMN، سنتز cDNA با استفاده از پرایمر اولیگو (dT) و کیت (Fermentas GmbH)، (ساخت کشور آلمان) انجام شد. برای بررسی بیان ژن BDNF، از روش Real-Time-PCR استفاده گردید. توالی پرایمرهای ژن مذکور و ژن کنترل بتا اکتین در جدول ۲ اشاره شده است. واکنش زنجیره‌ای پلی مرز^۲ با دستگاه BIO RAD (C1000 TM Thermal Cycler) و در پلیت‌های ۹۶ چاهکی انجام شد که شامل مرحله اول: فعالیت آغازی PCR در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه (یک سیکل)، مرحله دوم شامل سه مرحله: (۱) واسرشت در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰

دستگاه EMS محصول شرکت LT+ ساخت ایران در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه شامل یک بخش تولیدکننده پالس الکتریکی که ۱۰ کانال خروجی دارد. تحریک الکتریکی به وسیله‌ی ۱۸ پد هدایت‌گر جریان الکتریکی که در جلیقه‌ی مخصوص^۱ (الکترودها در آن قرار دارند) قرار دارد، اعمال شد. تحریک الکتریکی روی تمام عضلات اعمال شد. پدها روی نواحی مختلف از جمله سینه، شکم، بخش یک و سه دوزنقه، راست‌کننده ستون مهره‌ها، بازوها، جلوی ران، پشت ران و ناحیه‌ی گلوئال قرار می‌گرفتند. محل آزمودنی‌ها یک جلسه‌ی آشنایی با مداخله‌ی تحریک الکتریکی داشتند. این جلسه صرفاً برای آشنایی تمرین با جلیقه مخصوص و همچنین تحریک الکتریکی برگزار شد. همچنین شدت جریان هر پالس الکتریکی در هر پد به میزانی بالا رفت که فرد دیگر قادر به تحمل آن نباشد و آزمون گیرنده تقاضا کند که افزایش پالس را قطع کنیم. این میزان برای هر ناحیه‌ی بدن ثبت شد تا در تمرین اصلی از آن استفاده شود.

^۱. Bio-jacket

^۲. Polymerase chain reaction

ثانیه، ۲) اتصال پرایمر و طولیل شدن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶/۵ دقیقه بود، که در ۴۵ سیکل تکرار شد (۲۴، ۲۵).
 سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه و ۳) منحنی ذوب در دمای ۵۵ تا ۹۵

جدول ۲. توالی الیگو نوکلئوتیدی پرایمرها

نام ژن	نوع	توالی پرایمرها
BDNF	رفت	TAACGGCGGCAGACAAAAAGA
	برگشت	GAAGTATTGCTTCAGTTGGCCT
B-Actin	رفت	TCCCTGGAGAAGAGCTACG
	برگشت	GTAGTTTCGTGGATGCCACA

آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر بررسی و تحلیل شد.

یافته‌ها

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که در اندازه‌گیری‌های اولیه متغیرهای مطالعه بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳).

تمام داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و سطح معناداری ($P < 0.05$) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آمار توصیفی به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش شد. در بخش آمار استنباطی طبیعی بودن داده‌ها از طریق آزمون شاپیرووویلک و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. در صورت تأیید طبیعی بودن داده‌ها، تغییرات برون گروهی از طریق

جدول ۳. مشخصات و ویژگی‌های تن‌سنجی آزمودنی‌ها پیش از شروع مطالعه

مقادیر p	گروه کنترل	گروه تجربی	سن (سال)
۰/۱۸۲	۶۲/۸۴±۲/۷۳	۶۱/۵۸±۱/۶۷	قد (متر)
۰/۳۳۴	۱/۷۵±۰/۰۶	۱/۷۳±۰/۰۵	وزن (کیلوگرم)
۰/۷۹۷	۸۹/۶±۴۴/۳۶	۸۸/۷±۷۰/۹۶	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)
۰/۷۷۲	۲۹/۲±۲۲/۳۹	۲۹/۱±۴۸/۹۷	

داده‌ها بر اساس میانگین± انحراف استاندارد ارائه شده است.

معنادار است ($p=0.0001$). این یافته‌ها نشان داد که هشت هفته تمرین WB-EMS منجر به کاهش معنادار درصد چربی بدن ($p=0.0001$) و افزایش توده عضله اسکلتی ($p=0.0001$) در مقایسه با گروه کنترل شده است (جدول ۴).

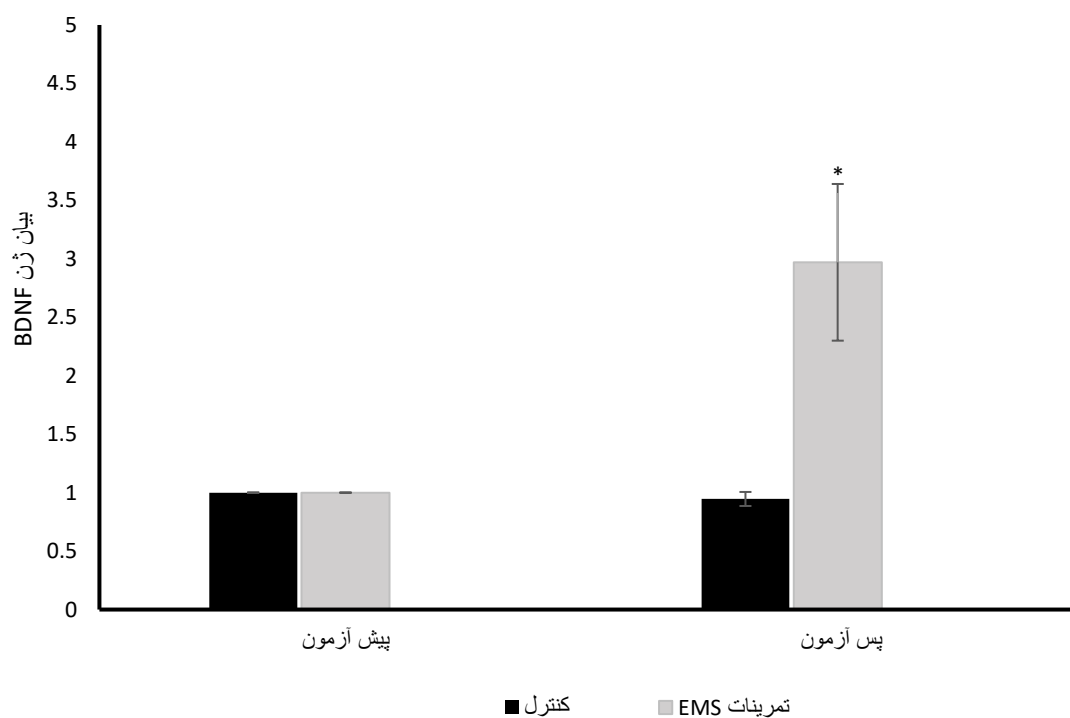
همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است اثر زمان (از پیش آزمون تا پس آزمون) در روند تغییرات بیان ژن BDNF معنادار بوده است ($p=0.0001$). همچنین نتایج نشان داد که تعامل گروه در زمان در بیان ژن BDNF معنادار است ($p=0.0001$). این نتایج نشان می‌دهد که بیان ژن BDNF پس از هشت هفته تمرینات WB-EMS به طور معناداری در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافته است ($p=0.0001$).

نتایج نشان داد که در انتهای مطالعه تعامل گروه در زمان در شاخص‌های وزن بدن و شاخص توده بدنی معنادار است ($p=0.0001$). به عبارتی آزمون آنالیز تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که وزن بدن و شاخص توده بدنی بین دو گروه تمرین WB-EMS و گروه کنترل در انتهای دوره تفاوت معناداری وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهد که هشت هفته تمرین WB-EMS منجر به کاهش معنادار وزن بدن ($p=0.0001$) و شاخص توده بدنی ($p=0.0001$) در مقایسه با گروه کنترل شده است (جدول ۴).

همچنین نتایج نشان داد که در انتهای مطالعه اثر تعامل گروه در زمان در شاخص‌های درصد چربی بدن و توده عضله اسکلتی

جدول ۴. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای متغیرهای تحقیق

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره آزمون	معناداری
وزن (کیلوگرم)	۱۳,۶۳۳	۱	۱۳,۶۳۳	۷۰,۷۸۸	۰,۰۰۰۱
	۱۸,۸۷۵	۱	۱۸,۸۷۵	۹۸,۰۰۳	۰,۰۰۰۱
شاخص توده بدنی (مجدور قد/کیلوگرم)	۱,۵۶۴	۱	۱,۵۶۴	۶۴,۵۱۹	۰,۰۰۰۱
	۲,۱۱۱	۱	۲,۱۱۱	۸۷,۰۷۵	۰,۰۰۰۱
درصد چربی (درصد)	۳۱,۴۰۱	۱	۳۱,۴۰۱	۵۶,۷۴۱	۰,۰۰۰۱
	۲۶,۴۳۷	۱	۲۶,۴۳۷	۴۷,۷۷۱	۰,۰۰۰۱
توده عضله اسکلتی (کیلوگرم)	۴۰,۳۷۸	۱	۴۰,۳۷۸	۸۳,۴۶۱	۰,۰۰۰۱
	۳۴,۷۲۰	۱	۳۴,۷۲۰	۷۱,۷۶۷	۰,۰۰۰۱
BDNF	۱۱,۵۳۵	۱	۱۱,۵۳۵	۱۰۴,۷۰۴	۰,۰۰۰۱
	۱۲,۸۴۳	۱	۱۲,۸۴۳	۱۱۶,۵۸۴	۰,۰۰۰۱



شکل ۱. تغییرات بیان ژن BDNF قبل و بعد از مداخله

*تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین WB-EMS در مردان سالمند منجر به بهبود معنادار وزن بدن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن و افزایش معنادار توده عضله اسکلتی شد. مطالعات معدودی به بررسی تأثیر تمرینات WB-EMS بر ترکیب بدن در آزمودنی‌های انسانی پرداخته‌اند و یافته‌های مشابهی گزارش کرده‌اند. مشابه با مطالعه حاضر درخشان‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثر ترتیب تمرین در تمرینات همراه با EMS بر عملکرد حرکتی زنان سالمند پرداختند و پس از دوره تمرین، کاهش معنی‌داری در وزن و شاخص توده بدنی مشاهده کردند (۲۶). کملر^۱ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن بر ترکیب بدن در زنان سالمند کم تحرک پرداختند و کاهش معنی‌دار توده چربی شکم را گزارش کردند (۲۷). کیم^۲ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر تمرین EMS بر چربی و نشانگرهای زیستی زنان مسن چاق پرداختند و تأثیر معنادار مداخله EMS در مورد کاهش چربی و همچنین افزایش توده عضلانی اسکلتی و میزان متابولیسم پایه را در این آزمودنی‌ها گزارش کردند (۱). کیریسیوگلو^۳ و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که تمرینات انجام شده با سیستم EMS که دو بار در هفته به مدت ۸ هفته روی زنان کم‌تحرک اعمال شد، تأثیرات مثبتی بر پارامترهای ترکیب بدن مانند وزن بدن، درصد و مقدار چربی بدن و شاخص توده بدنی دارد (۲۸). قنادی و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین تحریک الکتریکی عضلات و ورزش هوازی بر ترکیب بدن زنان دارای اضافه وزن پرداختند و بهبود شاخص‌های وزن و ترکیب بدن و کاهش چربی چین پوستی شکم را گزارش کردند (۲۹). اگرچه برخی مطالعات نیز یافته‌های متفاوتی با مطالعه حاضر گزارش کرده‌اند و عدم کاهش معنادار وزن و درصد چربی بدن را گزارش کرده‌اند. به طور مثال، فتحی و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و تحریک الکتریکی عضلانی بر سطوح سرمی فاکتور رشد شبه انسولین ۱، انسولین، گلوکز، مقاومت به انسولین و ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن پرداختند و تغییر معناداری در وزن بدن، شاخص توده بدنی و درصد چربی بدن مشاهده نکردند (۳۰). پانو رودریگز^۴ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر تحریک الکتریکی ماهیچه کل بدن بر سرعت، قدرت و ترکیب بدن در زنان یائسه پرداختند و هیچ یک از گروه‌ها بهبود آماری معنی‌داری در هیچ یک از متغیرها به دست نیاوردند و عدم کنترل رژیم غذایی و روش‌های ارزیابی ترکیب بدن را از مهم‌ترین

دلایل مشاهده چنین نتایجی بیان کردند (۳۱). با توجه به بررسی مطالعات به نظر می‌رسد این تفاوت در یافته‌ها به دلیل تفاوت در نمونه‌های مورد پژوهش و نحوه و شدت تمرین و روش‌های ارزیابی ترکیب بدن در این مطالعات باشد. نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که تمرین EMS منظم با افزایش هیپرتروفی عضلانی باعث بهبود ترکیب بدن و کاهش نسبت چربی می‌شود. این نوع تمرینات مقاومتی همراه با EMS با فعال‌سازی مسیرهای آدنوزین منوفسفات کیناز و فسفاتیدیل اینوزیتول ۳ کیناز منجر به افزایش تولید انرژی از چربی می‌شوند (۲۷، ۳۰). علاوه بر این، با ایجاد خستگی عضلانی، سرعت سوخت و ساز را در حالت استراحت افزایش می‌دهد، به طوری که نشان داده شده است که تمرینات ورزشی از طریق افزایش میزان متابولیسم استراحتی و افزایش بعدی در توده عضله اسکلتی ناشی از آن موجب افزایش قدرت، بهبود سطح قندخون و کاهش چربی احشایی می‌شود (۳۲).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیان ژن BDNF پس از هشت هفته تمرینات WB-EMS به طور معناداری افزایش یافته است. مطالعات بسیار معدودی به بررسی تأثیر و مطالعه این نوع تمرین و تحریکات بر BDNF در آزمودنی‌های انسانی انجام شده است. اکثر مطالعات انجام شده روی سطوح سرمی آن را بررسی کرده‌اند. نیشی کاوا و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تأثیر تحریک الکتریکی بر سطح سرمی BDNF در بزرگسالان جوان پرداختند و گزارش کردند که حجم تحریک عضلانی برای افزایش BDNF بسیار مهم است (۳۳). ایرانی و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر شش هفته تمرینات قدرتی همراه با EMS بر میزان BDNF بزاق و قدرت عضلات پشتی تیراندازان با کمان نخبه را بررسی کردند و افزایش معنادار BDNF بزاقی را در مقایسه با گروه کنترل گزارش کردند (۳۰). همچنین گزارش شده است که مداخله EMS در جلسات ۴۰ دقیقه‌ای، ۵ روز در هفته، به مدت ۸ هفته، باعث افزایش BDNF می‌شود (۳۴). الساندر و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی اثر تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن بر نشانگرهای زیستی سرم، عملکرد فیزیکی و خستگی در بیماران مبتلا به پارکینسون پرداختند و افزایش معنادار سطوح BDNF را گزارش کردند، با این حال، تغییر معناداری در سطوح NGF گزارش نشد که نشان می‌دهد پروتکل‌های تمرینی WB-EMS مورد استفاده در این مطالعه، سطح این نشانگرهای زیستی خاص را به طور

1. Kemmler

2. Kim

3. Kirişcioğlu

4. Pano-Rodriguez

می‌دهد میوکین‌های مشتق از عضله ممکن است واسطه این اثر باشند (۴۱). به طور کلی، تحقیقات نشان می‌دهد که WB-EMS می‌تواند به طور مؤثر سطح BDNF را افزایش دهد، اگرچه این اثر به پروتکل تحریک خاص مورد استفاده بستگی دارد. این یافته‌ها در مجموع نشان می‌دهند که WB-EMS، هنگامی که در فرکانس‌های مناسب (به‌ویژه فرکانس پایین) یا به عنوان مکمل ورزش‌های اختیاری اعمال شود، می‌تواند به طور مؤثر سطح BDNF در گردش خون را افزایش دهد (۱۹). با این حال، برای تأیید این فرضیه‌ها به مطالعات بیشتری نیاز است.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم کنترل کامل برخی عوامل مانند عوامل روانی یا فشارزای خارجی مانند میزان خواب و استراحت آزمودنی‌ها و عدم امکان کنترل دقیق رژیم غذایی و فعالیت بدنی خارج از برنامه آزمودنی‌ها اشاره نمود که نیاز است در تفسیر نتایج و نتیجه‌گیری جانب احتیاط رعایت شود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات EMS می‌تواند منجر به بهبود ترکیب بدن آزمودنی‌های سالمند گردد. همچنین این نوع تمرینات می‌تواند منجر به افزایش معنادار بیان ژن BDNF گردد که ممکن است نقش مهمی در بهبود عملکرد شناختی و عصبی سالمندان داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش مستخرج از رساله دکتری دانشگاه آزاد واحد نیشابور است. از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند، به ویژه شرکت‌کنندگان در پژوهش، تقدیر و تشکر می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافع نداشتند.

حمایت مالی

این پژوهش هیچ گونه حامی مالی نداشته و با هزینه نویسندگان اجرا شده است.

قابل توجهی تغییر ن داده‌اند (۱۹). همچنین تاپا^۱ و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر تحریک الکتریکی عضلات و مداخله تمرین مقاومتی بر عملکرد جسمی و مغزی در زنان میان‌سال و مسن بررسی کردند و افزایش معنادار BDNF را گزارش کردند (۳۵). همان طور که مشاهده می‌شود، مطالعات پیشین گزارش داده‌اند که تمرینات ورزشی (۳۶) و EMS (۳۳) سطوح BDNF را افزایش می‌دهد. BDNF نقش مهمی در انعطاف‌پذیری سیناپسی ایفا می‌کند که مربوط به تغییرات مرتبط با فعالیت در نورون‌ها است که با یادگیری و حافظه مرتبط هستند (۳۷).

مکانیسم‌های پیشنهادی که از طریق آن تمرینات ورزشی و به ویژه همراه با EMS باعث افزایش غلظت BDNF می‌شود، هنوز به طور کامل مشخص نشده است؛ اما برخی مطالعات پیشنهاد می‌کنند که این اثر ممکن است از طریق القای بیان Fndc5 (۳۸) باشد که یک میوکین وابسته به PGC-1 α است، در عضله اسکلتی پس از تحریک ورزشی است (۳۹). در مورد EMS، افزایش فعالیت عصب سمپاتیک ممکن است در افزایش BDNF نقش داشته باشد. گزارش شده است که تحریک عصب از طریق پوست، فعالیت عصب سمپاتیک را در انسان از طریق افزایش حس در پوست و انقباض عضلات افزایش می‌دهد (۳۵). مطالعات قبلی روی حیوانات، تولید BDNF را با افزایش فعالیت عصب سمپاتیک در مدولای آدرنال از طریق محور سمپاتیک-آدرنال-مدولاری نشان داده است (۳۵). علاوه بر این، EMS ممکن است از طریق تولید لاکتات در افزایش BDNF نقش داشته باشد. لاکتات به عنوان یک جزء کلیدی برای افزایش BDNF محیطی در نظر گرفته می‌شود (۴۰). تجویز EMS به عضله، فیبرهای عضلانی کند و تند انقباض را فعال می‌کند و فیبرهای تند انقباض به عنوان تولیدکنندگان اصلی لاکتات فیزیولوژیکی شناخته شده‌اند. از این رو افزایش لاکتات از طریق استفاده از EMS ممکن است منجر به تولید BDNF شده باشد (۳۵). همچنین، یک مطالعه حاد بر روی افراد دارای اضافه وزن نشان داد که ترکیب تمرینات عملکردی با شدت بالا با WB-EMS در مقایسه با انجام همان تمرینات بدون تحریک الکتریکی، افزایش قابل توجهی در BDNF سرم ایجاد می‌کند، که این افزایش با سطح آیریزین همبستگی مثبت داشت که نشان

منابع

1. Kim J, Jee Y. EMS-effect of exercises with music on fatness and biomarkers of obese elderly women. *Medicina*. 2020;56(4):158.
2. Duijvestijn M, de Wit GA, van Gils PF, Wendel-Vos GW. Impact of physical activity on healthcare costs: a systematic review. *BMC health services research*. 2023;23(1):572.

¹. Thapa

3. Eisenstein T, Giladi N, Hendler T, Havakuk O, Lerner Y. Hippocampal and non-hippocampal correlates of physically active lifestyle and their relation to episodic memory in older adults. *Neurobiology of Aging*. 2022;109:100-12.
4. Cheng A, Zhao Z, Liu H, Yang J, Luo J. The physiological mechanism and effect of resistance exercise on cognitive function in the elderly people. *Frontiers in Public Health*. 2022;10:1013734.
5. Tolouei M, Matinhomae H, Azarbayjani M. The effect of chronic soccer training on two brain tissue neurotrophic factors (NGF and BDNF) and IGF-1 in neurocognitive performance and their relationship to physical fitness in growing adolescent boys. *Daneshvar Medicine*. 2024;32(3):24-37.
6. Pranata L, Irfannuddin I, Ali Z, Andraini T. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) on cognitive function in the elderly: a literature review. *Jurnal Kesehatan Saelmakers PERDANA (JKSP)*. 2025;8(1):371-8.
7. Baharavar F, Vakili J, Sari-Sarraf V, Pourmanaf H. The effect of circuit training on muscle synthesis's indices, neurotrophic factors, and physical fitness in elderly women: a randomized controlled trial. *Sport Sciences for Health*. 2025;21(2):931-8.
8. Nishikawa Y, Watanabe K, Kawade S, Maeda N, Maruyama H. The effect of a portable electrical muscle stimulation on brain-derived neurotrophic factor in elderly people: three case studies. *Gerontology and Geriatric Medicine*. 2021;7:23337214211040319.
9. Cefis M, Prigent-Tessier A, Quirié A, Pernet N, Marie C, Garnier P. The effect of exercise on memory and BDNF signaling is dependent on intensity. *Brain Structure and Function*. 2019;224(6):1975-85.
10. Jeon YK, Ha CH. The effect of exercise intensity on brain derived neurotrophic factor and memory in adolescents. *Environmental health and preventive medicine*. 2017;22(1):27.
11. Yoo H-J, Park S, Oh S, Kang M, Seo Y, Kim BG, et al. Effects of electrical muscle stimulation on core muscle activation and physical performance in non-athletic adults: A randomized controlled trial. *Medicine*. 2023;102(4):e32765.
12. Seyri KM, Maffiuletti NA. Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength & Conditioning Journal*. 2011;33(1):70-5.
13. Fossat G, Baudin F, Courtes L, Bobet S, Dupont A, Bretagnol A, et al. Effect of in-bed leg cycling and electrical stimulation of the quadriceps on global muscle strength in critically ill adults: A Randomized Clinical Trial. *Jama*. 2018;320(4):368-78.
14. Matos F, Amaral J, Martinez E, Canário-Lemos R, Moreira T, Cavalcante J, et al. Changes in muscle thickness after 8 weeks of strength training, electromyostimulation, and both combined in healthy young adults. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(6):3184.
15. Tanaka S, Kamiya K, Matsue Y, Yonezawa R, Saito H, Hamazaki N, et al. Effects of electrical muscle stimulation on physical function in frail older patients with acute heart failure: a randomized controlled trial. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2022;29(8):e286-e8.
16. Picorelli AMA, Pereira LSM, Pereira DS, Felício D, Sherrington C. Adherence to exercise programs for older people is influenced by program characteristics and personal factors: a systematic review. *Journal of physiotherapy*. 2014;60(3):151-6.
17. Nishikawa Y, Takahashi T, Kawade S, Maeda N, Maruyama H, Hyngstrom A. The effect of electrical muscle stimulation on muscle mass and balance in older adults with dementia. *Brain sciences*. 2021;11(3):339.
18. Nishikawa Y, Sakaguchi H, Takada T, Maeda N, Hyngstrom A. Influence of stimulation frequency on brain-derived neurotrophic factor and cathepsin-B production in healthy young adults. *Journal of Comparative Physiology B*. 2024;194(4):493-9.
19. di Cagno A, Buonsenso A, Centorbi M, Manni L, Di Costanzo A, Casazza G, et al. Whole body-electromyostimulation effects on serum biomarkers, physical performances and fatigue in Parkinson's patients: A randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2023;15:1086487.
20. Irani S, Ahmadi M. The effect of six weeks strength training with EMS on salivary BDNF and back muscle strength in elite archers. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2023;15(2):33-46.
21. Evangelista AL, Alonso AC, Ritti-Dias RM, Barros BM, Souza CRd, Braz TV, et al. Effects of whole body electrostimulation associated with body weight training on functional capacity and body composition in inactive older people. *Frontiers in physiology*. 2021;12:638936.

22. D'Ottavio S, Briotti G, Rosazza C, Partipilo F, Silvestri A, Calabrese C, et al. Effects of two modalities of whole-body electrostimulation programs and resistance circuit training on strength and power. *International journal of sports medicine*. 2019;40(13):831-41.
23. Evangelista AL, Teixeira CVLS, Barros BM, de Azevedo JB, Paunksnis MRR, Souza CRd, et al. Does whole-body electrical muscle stimulation combined with strength training promote morphofunctional alterations? *Clinics*. 2019;74:e1334.
24. Ghanbari-Niaki A, Ghanbari-Abarghooi S, Rahbarizadeh F, Zare-Kookandeh N, Gholizadeh M, Roudbari F, et al. Heart ABCA1 and PPAR- α genes expression responses in male rats: effects of high intensity treadmill running training and aqueous extraction of black crataegus-pentaegyna. *Iranian Journal of Cardiovascular Medicine*. 2013;2(4):153-9.
25. Rashidlamir A. Investigation of the effect of aerobic and resistance exercises on peripheral blood mononuclear cells ABCG1 gene expression in female athletes. *SSU_Journals*. 2012;20(1):1-9.
26. Derakhshan Nejad M, Nikbakht M, Ghanbarzadeh M, Ranjbar R. Effect of Concurrent Training Order With Electromyostimulation on Physical Performance in Young Elderly Women. *Archives of Rehabilitation*. 2021;21(4):508-25.
27. Kemmler W, von Stengel S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. *Clinical interventions in aging*. 2013;1353-64.
28. Kirişcioğlu M, Biçer M, Pancar Z, Doğan İ. Effects of electromyostimulation training on body composition. *Turkish journal of sport and exercise*. 2019;21(1):33-6.
29. Ghannadi S, Halabchi F, Maleklou F, Tavakol Z, Rajabian Tabesh M, Bala D, et al. The effect of 6 weeks electrical muscle stimulation training and aerobic exercise on body composition of overweight women: a randomized controlled study. *Sport Sciences for Health*. 2022;18(4):1387-95.
30. Mahshid F, Reisi J, Esfarjani F. The effect of 12 weeks of resistance training and electrical muscle stimulation (EMS) on serum levels of insulin-like growth factor 1 (IGF-1), insulin, glucose, insulin resistance and body composition in overweight Men. *Sport Physiology*. 2024;16(64):71-51.
31. Pano-Rodriguez A, Beltran-Garrido JV, Hernandez-Gonzalez V, Nasarre-Nacenta N, Reverter-Masia J. Impact of whole body electromyostimulation on velocity, power and body composition in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(14):4982.
32. Koushiar A, Gholami M, Biniaz SA, GHazalian F, Abednatanzi H. Comparison of the Effect of Resistance Training and Electrical Muscle Stimulation on Cardiac Morphological and Functional Indicators, and Body Composition in Sedentary Females. 2024.
33. Nishikawa Y, Sakaguchi H, Kawade S, Maeda N, Tanaka S, Hyngstrom A. Electrical muscle stimulation in young adults: effect of muscle volume on brain-derived neurotrophic factor levels. *European Journal of Applied Physiology*. 2023;123(2):361-6.
34. Nishikawa Y, Watanabe K, Kawade S, Takahashi T, Kimura H, Maruyama H, et al. The effect of a portable electrical muscle stimulation device at home on muscle strength and activation patterns in locomotive syndrome patients: A randomized control trial. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2019;45:46-52.
35. Thapa N, Yang J-G, Bae S, Kim G-M, Park H-J, Park H. Effect of electrical muscle stimulation and resistance exercise intervention on physical and brain function in middle-aged and older women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;20(1):101.
36. Vega SR, Knicker A, Hollmann W, Bloch W, Strüder HK. Effect of resistance exercise on serum levels of growth factors in humans. *Hormone and metabolic research*. 2010;42(13):982-6.
37. Leal G, Afonso PM, Salazar IL, Duarte CB. Regulation of hippocampal synaptic plasticity by BDNF. *Brain research*. 2015;1621:82-101.
38. Wrann CD, White JP, Salogiannis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, et al. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. *Cell metabolism*. 2013;18(5):649-59.
39. Timmons JA, Baar K, Davidsen PK, Atherton PJ. Is irisin a human exercise gene? *Nature*. 2012;488(7413):E9-E10.
40. Schiffer T, Schulte S, Sperlich B, Achtzehn S, Fricke H, Strüder HK. Lactate infusion at rest increases BDNF blood concentration in humans. *Neuroscience letters*. 2011;488(3):234-7.

41. Ghalamsiah N, Nourshahi M. Acute effects of high-intensity functional training with or without whole-body electromyostimulation on serum irisin and brain-derived neurotrophic factor in overweight individuals. *Science & Sports*. 2023;38(8):799-806.