

## اثر تمرینات تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن روی بیان miRNA146a، miRNA133a، نيمرخ لیپیدی، قدرت عضلانی و ترکیب بدن مردان دارای اضافه وزن / چاق

هادی فخاری<sup>۱</sup>، وازگن میناسیان<sup>۱\*</sup>، سیلوا هوسپیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات بیماری‌های متابولیک کبد، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

\*نویسنده مسئول: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. ایمیل: v.minasian@spr.ui.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

### چکیده

**مقدمه:** تمرینات تحریک الکتریکی عضلات کل بدن (WB-EMS) یکی از روش‌های نوین برای ایجاد تغییرات در ترکیب بدن و قدرت عضلانی از جنبه صرفه‌جویی زمانی مطرح هستند.

**اهداف:** هدف این مطالعه بررسی اثربخشی تمرینات WB-EMS با دو فرکانس پایین و بالا روی ترکیب بدن، قدرت عضلانی، بیان miRNA146a و miRNA133a، و پروفایل لیپیدی مردان میانسال دارای اضافه وزن و چاقی بود.

**مواد و روش‌ها:** تعداد ۴۵ مرد دارای اضافه وزن و چاق به شکل تصادفی در سه گروه WB-EMS با فرکانس بالا (۱۵؛ n=۸۵ هرتز، (کیلوگرم در مترمربع) BMI=۳۴/۴؛ فرکانس پایین (۱۵؛ n=۲۵ هرتز، (کیلوگرم در مترمربع) BMI=۲۹/۴) و کنترل (۱۵؛ n=۸۵ (کیلوگرم در مترمربع) BMI=۳۴/۶) تقسیم شدند. مداخلات به مدت هشت هفته سه جلسه‌ای انجام شد. برای گروه کنترل مداخله خاصی انجام نشد و زندگی روزمره خود را داشتند. سنجش بیان miRNA146a و miRNA133a از طریق طراحی پرایمرهای مخصوص و دستگاه ریل تایم پی سی آر انجام شد. اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی، قندخون ناشتا، انسولین و قدرت عضلانی در پیش‌آزمون انجام شد.

**نتایج:** بیان miRNA146a در هر دو گروه تمرینی کاهش معنی‌داری نشان داد ( $P \leq 0/05$ )، در حالی که miRNA133a در گروه‌های تمرینی افزایش معنی‌داری نشان داد ( $P \leq 0/05$ ). کاهش معنی‌داری صرفاً در شاخص توده بدن گروه تمرینی با فرکانس بالا نسبت به گروه‌های دیگر مشاهده شد ( $P < 0/05$ )، گروه فرکانس پایین کاهش اندک در سطوح TG، TC، و LDL-C نسبت به گروه کنترل نشان داد ( $P < 0/05$ ). سطح انسولین در گروه‌های تمرینی به‌طور معنی‌داری افزایش ( $P < 0/05$ )، اما قندخون ناشتا فقط در گروه تمرین با فرکانس بالا کاهش نشان داد ( $P < 0/05$ ). قدرت عضلات مع دست و اوج گشتاور عضلات بازکننده زانو در گروه با فرکانس بالا افزایش معنی‌داری داشت ( $P < 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد که تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا می‌تواند روی ترکیب بدنی و پارامترهای متابولیکی مردان اثر نسبی داشته باشد و با در نظر گرفتن ملاحظات خاص برای برخی افراد دارای چاقی شدید پیشنهاد می‌شود.

**کلمات کلیدی:** تحریک الکتریکی عضلانی، قدرت عضلانی، ترکیب بدن، بیان ژن، لیپیدها

### ۱. مقدمه

شامل شرکت در تمرینات ورزشی مختلف یا افزایش فعالیت بدنی و رعایت رژیم‌های غذایی کم‌کالری است. هر دوی این استراتژی‌ها اثربخشی متفاوتی در جمعیت‌های مختلف داشته‌اند. از دلایل این موضوع می‌توان به عدم پایبندی به رژیم غذایی و برنامه تمرین ورزشی اشاره کرد (۲).

فعالیت‌های بدنی متعددی شامل تمرینات استقامتی، مقاومتی، تناوبی‌هوازی با شدت بالا و تمرینات ترکیبی برای پیشگیری و کنترل چاقی در مطالعات متعدد به کار گرفته شده‌اند و هر یک دارای سودمندی خاص و نقاط قوت و

چاقی و اضافه وزن به‌عنوان تجمع بیش از حد چربی در بدن تعریف شده است که منجر به ایجاد خطر برای تندرستی، و یک نگرانی عمده بهداشت عمومی است که با افزایش بسیاری از بیماری‌های متابولیکی‌غیرواگیر و از جمله قلبی-عروقی مرتبط است (۱). این بیماری چندعاملی است و عوامل ژنتیکی، اپی‌ژنتیکی، محیطی و اجتماعی-اقتصادی در بروز آن در همه جوامع و در سنین مختلف نقش دارند، بنابراین در شیوع چاقی تفاوت‌های فردی مشاهده می‌شود (۱). علاوه بر شیوه‌های جراحی دو رویکرد مهم برای کاهش وزن

می‌شود (۱۴).

با این حال، در خصوص نتایج حاصل از این مطالعات و همچنین ایمنی به‌کارگیری این تکنولوژی تمرینی با فرکانس‌های بالا و پایین مطالعات اندکی انجام و نتایج متناقض متعددی گزارش شده است (۱۵، ۱۶). نشان داده شده است که تمرینی WB-EMS با فرکانس پایین اثراتی مشابه با تمرینات هوازی دارند و تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا اثرات آن‌ها نوعاً مشابه با تمرینات مقاومتی سنتی است (۱۷، ۱۸). در خصوص اثر تمرینات ورزشی مختلف روی بیان برخی میکروRNAهای مرتبط با چاقی در نمونه‌های انسانی مطالعات متعددی انجام و به نقش تمرینات ورزشی در تنظیم مثبت یا تنظیم منفی این میکروRNAها اشاره شده است، اما در خصوص اثر تمرینات WB-EMS با دو فرکانس بالا (۸۵ هرتز) و پایین (۲۵ هرتز) بر بیان miR-133a و miR-146a، پروفایل‌های لیپیدی و عملکرد عضلانی مردان دارای اضافه وزن و چاق مطالعات زیادی انجام نشده است. این اولین مطالعه‌ای است که به‌طور سیستماتیک اثر فرکانس‌های مختلف WB-EMS را روی برخی پارامترهای مرتبط با چاقی در این جمعیت بررسی می‌کند و مفروضه اصلی این تحقیق این است که بین سازگاری‌ها و پاسخ‌های فیزیولوژیکی حاصل از تمرینات WB-EMS با فرکانس‌های بالا و پایین، در افراد دارای اضافه وزن و چاق تفاوت وجود دارد. بنابراین، به مانند تمرینات ورزشی رایج، ضمن رعایت دقیق جنبه‌های ایمنی، هزینه‌ها و اثربخشی این تمرینات برای گروه‌های مختلف، باید هنگام استفاده از این تکنولوژی نوین ملاحظات خاص برای تنظیم شدت و مدت به‌کارگیری این روش تمرینی نوین مورد توجه قرار گیرد.

## ۲. اهداف

هدف این مطالعه مقایسه دو پروتکل تمرینی WB-EMS با فرکانس بالای ۸۵ هرتز در مقابل فرکانس پایین ۲۵ هرتز روی ترکیب بدن، قدرت عضلانی، بیان miRNA133a و miRNA146a و پروفایل لیپیدی مردان میانسال دارای اضافه وزن و چاق بود.

## ۳. مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر به شکل نیمه‌تجربی و در قالب یک طرح پیش-پس‌آزمون و با گروه کنترل انجام شد. شرکت‌کنندگان از طریق شبکه‌های اجتماعی آنلاین و باشگاه‌های ورزشی در بازه زمانی خرداد لغایت شهریور ماه ۱۴۰۲ دعوت به مشارکت در این پژوهش شدند. افراد علاقه‌مند از طریق تماس تلفنی یا به شکل حضوری در باشگاه در مورد این مطالعه و مراحل تحقیق یا اندازه‌گیری‌ها اطلاعات لازم را کسب کردند. از افراد داوطلب خواسته شد تا با تکمیل پرسشنامه سابقه فعالیت ورزشی و تندرستی، اطلاعات لازم را به شکل خوداظهاری ارائه کنند. با توجه به پیشینه مطالعات موجود و با استفاده از نرم‌افزار G\*Power 3.1.9.2 برای محاسبه اندازه نمونه براساس  $\alpha = 0.05$ ، توان آماری ( $\beta=1$ ) برابر با ۰/۸ و اندازه اثر (ES) برابر با ۰/۲۵ اقدام شد و

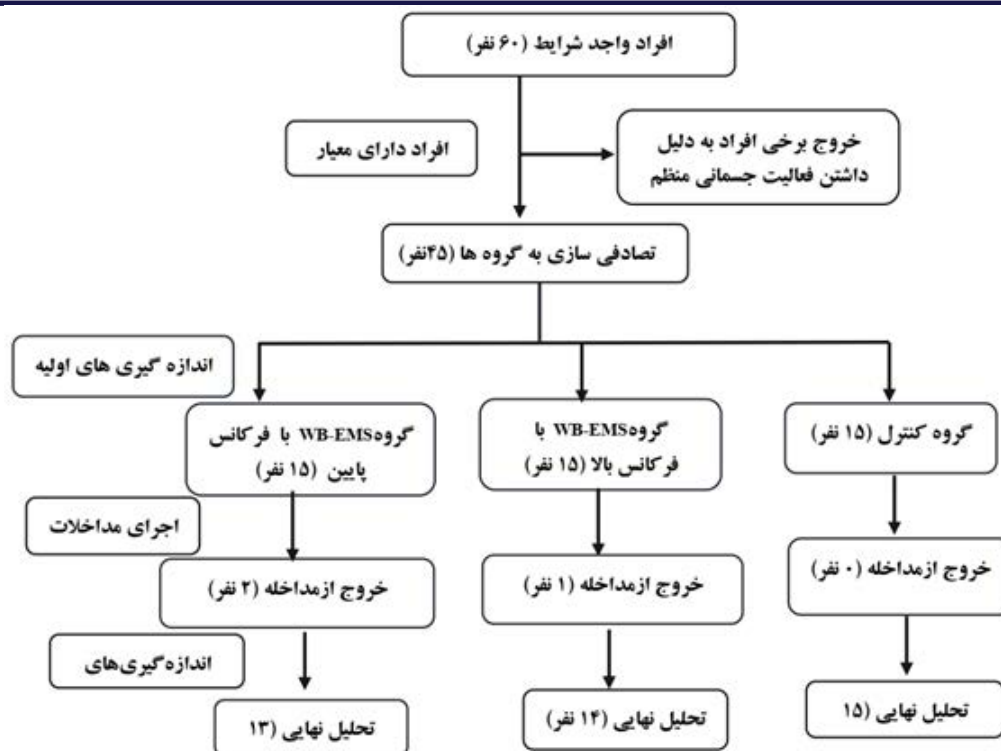
ضعف معین هستند (۳). اخیراً از تمرینات روی مینی ترامپلین به دلیل به‌کارگیری تعداد عضلات بیشتر جهت حفظ تعادل و هماهنگی برای کنترل چاقی استفاده شده است و عقیده براین است که این روش تمرینی نیز موجب چربی‌سوزی بیشتری می‌شود (۴). در هر حال، بسیاری از افراد چاق با روش‌های سنتی تمرینات ورزش مشکل دارند که منجر به چالش‌هایی در دستیابی به اهداف تندرستی، ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی مناسب می‌شود.

میکروRNAها (MicroRNAs)، RNAهای کوچک غیرکدکننده‌ای به طول ۱۸ تا ۲۴ نوکلئوتید هستند که به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های پس از رونویسی RNA پیام‌رسان (mRNA) عمل می‌کنند. علاوه بر تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف، چه در حالت طبیعی و چه غیرطبیعی، فرض براین است که در تغییرات اپی‌ژنتیکی به‌عنوان عاملی برای سازگاری با محیط نقش دارند (۵). کارکرد تنظیمی miRNAها به شکل پویا و متغیر انجام می‌شود و آن‌ها می‌توانند با اتصال به mRNA تأثیرات موقتی روی ترجمه داشته باشند یا با تسهیل تخریب رشته mRNA تأثیرات ماندگاری ایجاد کنند (۶). مطالعات حاکی از آن است که miR-133a و miR-146a نقش‌های کلیدی در کاهش تجمع چربی، تعدیل وضعیت التهابی، کاهش هایپرتروفی قلبی، اختلالات قلبی عروقی، بیماری آلزایمر و تنظیم پاسخ‌های التهابی در بدن دارند (۷، ۸). از سوی دیگر، گزارش شده است که miR-146a به‌واسطه سیگنال‌های التهابی ماکروفاژها، از جمله TNF- $\alpha$ ، از طریق یک مکانیزم بازخورد منفی تحریک و توانایی سرکوب واکنش‌های التهابی را در بافت‌های چربی. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد miR-133a و miR-146a می‌توانند به‌عنوان مولکول‌های درمانی بالقوه و تنظیم‌کننده‌های عمومی التهابی برای بسیاری از بیماری‌های مرتبط با چاقی در نظر گرفته شوند (۹، ۱۰).

امروزه تکنولوژی نوین تحریک الکتریکی عضلات کل بدن (Whole-body electro-muscle stimulation: WB-EMS) در قالب یک شیوه تمرین مقاومتی و به‌عنوان یک گزینه امیدوارکننده مطرح است که با استفاده از تحریک الکتریکی با فرکانس‌های مختلف، گروه‌های مختلف عضلانی را به‌طور همزمان فعال می‌کند، در وقت تمرینی صرفه‌جویی و برای بسیاری از کاربران با حداقل ظرفیت عضلانی قابل استفاده است (۱۱). اشاره شده است که در این روش تمرینی با تحریک الکتریکی عضلات عمده بدن، به‌همراه انجام تمرین با شدت نسبتاً اندک، پیشرفت زیادی در توسعه قدرت و دیگر قابلیت‌های عضلانی و ترکیب بدن در افراد غیرورزشکار و حتی بیماران دیابتی حاصل می‌شود (۱۲، ۱۳). مطالعات نشان داده‌اند که سیستم تمرینی WB-EMS با اثر روی ترکیب بدن و از طریق سازگاری‌های عصبی-عضلانی موجب افزایش قدرت عضلانی، اندازه عضله و توسعه سطح انرژی بدن می‌شود (۱۳). همچنین نشان داده شده است که این روش تمرینی احتمالاً با به‌کارگیری تعداد عضلات بیشتر، افزایش متابولیسم گلیکولیتیک، به‌عنوان یک استراتژی مناسب برای افزایش متابولیسم لیپیدها در بافت عضلانی و بهبودی در ترکیب بدن محسوب

BMI = ۳۱/۷؛ سن ۳۱/۷ سال) و کنترل (n = ۱۵؛ (کیلوگرم در مترمربع) BMI = ۳۴/۶؛ سن ۳۱/۷ سال) تقسیم شدند (تصویر ۱). پس از انجام اندازه‌گیری‌های اولیه، شرکت‌کنندگان با آزمون‌ها و روش‌های اجرای تمرینات آشنا شدند.

حداقل تعداد نمونه‌ها ۴۵ نفر تعیین گردید. شرکت‌کنندگان مرد و در دامنه سنی ۲۵-۴۰ سال بودند که مشکلات جسمانی خاصی نداشتند و به شکل تصادفی در سه گروه تمرین با فرکانس بالا (n = ۱۵؛ ۸۵ هرتز، (کیلوگرم در مترمربع) BMI = ۳۴/۴؛ سن ۳۲/۸ سال)، تمرین با فرکانس پایین (n = ۱۵؛ ۲۵ هرتز، (کیلوگرم در مترمربع) ۲۹/۴



تصویر ۱. دیاگرام کنسورت شرکت‌کنندگان برای طبقه‌بندی گروه‌ها، اجرای مداخلات و تحلیل نهایی

در روز اول، پرسشنامه‌ها توزیع و اطلاعات کافی در اختیار قرار داده شد؛ در روز دوم، نمونه‌گیری خون و آزمایش ترکیب بدنی انجام شد؛ در روز سوم، ارزیابی‌های قوت عضلانی صورت گرفت. پس از اتمام این آزمایش‌ها، افراد با نحوه پوشیدن لباس تحریک الکتریکی و برنامه تمرینی آشنا شدند. همچنین، شرکت‌کنندگان با یک متخصص تغذیه برای مشاوره اولیه ملاقات کردند تا در مورد ترجیحات غذایی و میزان پروتئین و انرژی هدف قبل از شروع برنامه‌های تمرینی دستورالعمل‌های لازم را دریافت کنند. تمامی رویه‌های ذکر شده به‌طور یکسان برای تمام اندازه‌گیری‌های زمانی انجام شد. قبل از آغاز برنامه‌های تمرینی، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا رژیم غذایی معمول خود را طی مطالعه حفظ کنند. برای گروه کنترل مداخلات خاصی در نظر گرفته نشده بود، و مقرر شده بود که بدون شرکت در جلسات تمرین ورزشی یا پیروی از رژیم‌های غذایی خاص، زندگی عادی روزمره خود را برای مدت هشت هفته داشته باشند و صرفاً در اندازه‌گیری‌های پیش-پس آزمون با رعایت ملاحظات خاص شرکت داشته باشند.

معیارهای ورود به تحقیق شامل: (۱) عدم سابقه فعالیت‌های ورزشی منظم (کمتر از یک جلسه/هفته)، (۲) عدم استفاده از استروئیدها یا هر ماده‌ای که به افزایش اکسیداسیون چربی و متابولیسم بدن کمک می‌کند، (۳) نداشتن ضربان‌ساز قلبی و ابتلا به سرعت، (۴) عدم وجود اختلالات اسکلتی-عضلانی، فشارخون و بیماری‌های زمینه‌ای دیگر بود. معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل (۱) بروز هر گونه آسیب یا بیماری که شرکت‌کنندگان گزارش می‌کردند، (۲) غیبت بیش از ۳ جلسه طی مداخلات ورزشی و (۳) خروج داوطلبانه از تحقیق و عدم شرکت در تمرینات ورزشی بود. افرادی که تمایل به شرکت داشتند و واجد شرایط ورود به تحقیق بودند رضایت‌نامه کتبی را مطالعه، امضاء و اعلام آمادگی کردند. پروتکل‌های مداخله توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه اصفهان (IR.UI.REC.1402.134) مورد تأیید قرار گرفت و با اخذ کد کارآزمایی بالینی (IRCT20240205060906N1) این پژوهش مطابق با اعلامیه هلسینکی انجام شد.

مداخلات تمرینی به مدت هشت هفته و ۳ جلسه در هفته انجام شد. شرکت‌کنندگان ابتدا چهار روز آزمایش مقدماتی را گذراندند:

### ۱.۳. اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک

قد و جرم بدن شرکت‌کنندگان در این مطالعه بر اساس پروتکل‌های استاندارد پیکرسنجی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قد و جرم بدن افراد با استفاده از دستگاه قدسنج (Seca مدل ۲۲۰، ساخت آلمان) انجام شد. سپس شاخص توده بدن (BMI) آزمودنی‌ها از طریق تقسیم جرم بدن به مجذور قد (برحسب متر) محاسبه گردید. درصد چربی بدن به شکل غیرمستقیم، با استفاده از اندازه‌گیری ضخامت چین‌پوستی چهار ناحیه که توسط پیترسون و همکاران (۲۰۰۳) ارائه شده است، و با استفاده از کالیپر هارپندن (ساخت انگلستان) تعیین شد (۱۹).

### ۲.۳. آزمون‌های ایزوکینتیکی و تعیین قدرت بیشینه عضلانی

برای ارزیابی قدرت و گشتاور عضلات خم‌کننده و بازکننده زانو با سرعت ۶۰ درجه/ثانیه، در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکده با استفاده از دستگاه بایودکس (Biodex System-3 Pro ساخت ایالات متحده آمریکا) اقدام شد. پس از یک جلسه آشنایی اولیه، شرکت‌کنندگان در وضعیت نشسته قرار داشتند. براساس پروتکل آزمون کمربندهای سینه و ران‌ها بسته شد و با راهنمایی کامل آزمودنی‌ها دو ست ۵ تکراری با یک دقیقه استراحت بین ست‌ها حرکات را انجام دادند. اوج گشتاور عضلات چهار سر ران و همسترینگ (نیوتن/متر) توسط یک متخصص با تجربه در شرایط کنترل شده اندازه‌گیری و ثبت شد. ارزیابی قدرت بیشینه افراد برای تنظیم برنامه‌های تمرین مقاومتی ضروری است، و در این مطالعه حرکات جلو ران و پشت ران با دستگاه، پرس پا، پرس سینه، جلو بازو و پشت بازو با دستگاه در برنامه تمرینات گنجانده شد و با استفاده از روش یک تکرار بیشینه (RM-۱) در حرکات مختلف رکورد آن‌ها تعیین و ثبت شد. مقادیر یک تکرار بیشینه برای تعیین شدت تمرین برای پروتکل‌های تمرینی استفاده شد. شرکت‌کنندگان ابتدا یک گرم کردن عمومی شامل ۱۰ دقیقه فعالیت هوازی سبک انجام دادند و سپس تمرینات گرم کردن اختصاصی با وزنه و دستگاه بدنسازی برای کسب عملکرد بیشینه انجام شد. قدرت میچ دستی شرکت‌کنندگان با استفاده از دستگاه دینامومتر (SAEHAN-Korea) در ۳ مرحله اندازه‌گیری و بهترین رکورد هر فرد ثبت شد. در ارزیابی RM-۱، شرکت‌کنندگان دو تلاش برای بلند کردن حداکثر وزنه با حدود ۷-۱۰ تکرار انجام و بین تلاش‌ها سه تا پنج دقیقه

استراحت داشتند. سپس حداکثر قدرت با استفاده از معادله زیر برآورد شد (۲۰):

$$1 - RM = \frac{100 \times \text{Load reps}}{102.78 - 2.78 \times \text{reps}}$$

### ۳.۳. نمونه‌گیری خون و تحلیل‌های بیوشیمیایی

نمونه‌های خون (۱۰ میلی‌لیتر) از ورید کوبیتال توسط یک متخصص ۴۸ ساعت قبل و بعد از مداخله تمرینی جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای اتاق نگه‌داری و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم‌های جدا شده با احتیاط استخراج و بخشی از آن جهت اندازه‌گیری‌های بیان ژن در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد برای تحلیل‌های بعدی منجمد شدند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که به مدت ۷۲ ساعت قبل از نمونه‌گیری از مصرف دارو و فعالیت‌های بدنی شدید خودداری کنند و این شرایط پس از مداخله هشت هفته‌ای نیز حفظ شد. تغییرات پروفایل لیپیدی شامل تری‌گلیسیریدها (TG)، کلسترول تام، کلسترول لیپوپروتئین پرچگال (HDL-C)، کلسترول لیپوپروتئین کم چگال (LDL-C)، گلوکز خون ناشتا (FBG) و انسولین با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت دلتا درمان پارت (ساخت ایران) به روش آنزیمی- فوتومتریک اندازه‌گیری شد.

### ۴.۳. استخراج و کمی‌سازی میکروRNAها

آزمایش‌های سلولی-مولکولی برای اندازه‌گیری تغییرات بیان ژن miR-133a و miR-146a با استفاده از روش واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با رونویسی معکوس (RT-PCR) انجام شد. میکروRNAها از پلازما با استفاده از کیت miRNeasy Serum (Qiagen، آلمان) طبق دستورالعمل‌های تولیدکننده جدا شدند. پرایمرها برای ترانسکریپشن معکوس و تحلیل کمی (RT-PCR) از میکروRNAها و U6 (به‌عنوان ژن مرجع) با استفاده از ابزار طراحی میکروRNA آنلاین توسعه یافته توسط Astrid Research طراحی شدند. توالی پرایمرها در جدول ۱ نشان داده شده است. سطوح miR-146a و miR-133a با استفاده از فناوری SYBR Green تعیین شد. رونویسی معکوس با پرایمرهای خاص میکروRNA و کیت سنتز cDNA miRNA RScript™ (BIO-HELIX، تایوان) روی سیستم چرخه حرارتی PCR Veriti انجام شد.

جدول ۱. توالی پرایمرها برای رونویسی معکوس و تحلیل کمی واکنش زنجیره‌ای پلیمراز در زمان واقعی

نام پرایمر	توالی
<b>(hsa)-miR146-a</b>	
Stem loop	- 5GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTTCGCACTGGATACGACAACCCA 3-
Forward	- 5CGCGCGTGAGTTCTGAAT 3-
Reverse	- 5CGCTTACGAATTTGCGTGTTCAT 3-
<b>hsa-miR-133a</b>	
Stem loop	- 5GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTTCGCACTGGATACGACTCAGCTC 3-

شد تا اصل اضافه بار تمرینی رعایت شود.

### ۵.۳. مداخلات تمرینی

سیستم WB-EMS به‌طور قابل توجهی متفاوت با سیستم EMS موضعی است و امکان فعال‌سازی همزمان ۱۴ تا ۱۸ ناحیه بدن یا ۸ تا ۱۲ گروه عضلانی (شامل عضلات ناحیه پایین تنه و پاها، دست و بازوها، شکم، سینه، عضله پشتی بزرگ و ۴ گزینه آزاد) با شدت‌های قابل انتخاب مختلف را فراهم می‌کند. پروتکل WB-EMS در گروه‌های دو نفری شرکت‌کنندگان زیر نظر یک مربی معتبر انجام شد.

در این تحقیق تعداد ۲۴ جلسه تمرینی برگزار شد که در آن برنامه تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا با ۸۵ هرتز و مدت پالس ۳۵۰ میکروثانیه تنظیم شد و برنامه تمرینات WB-EMS با فرکانس پایین با ۲۵ هرتز و مدت پالس ۳۵۰ میکروثانیه با به‌کارگیری سیستم تمرین الکتریکی عضلات کل بدن (Xbody Activave, Hungary 1125, Budapest) انجام شد (۲۱). تحریک به‌صورت متناوب انجام شد که شامل ۶ ثانیه تحریک و ۴ ثانیه استراحت بود (۱۲). آزمودنی‌های گروه‌های تجربی با پوشیدن لباس مخصوص تمرینات براساس پروتکل تنظیمی WB-EMS، در هر جلسه به‌طور همزمان تمرینات برای گروه‌های عضلانی پایین‌تنه و بالاتنه با شدت ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه را انجام دادند که شامل عضلات چهارسر، همسترینگ، سینه‌ای بزرگ، دوسربازویی و سه سربازویی بود. این تمرینات شامل حرکات پایه مانند اسکوات، خم‌کردن ساعد با دمبل، کشش بازو با دمبل و پرس سینه بود. هر تمرین در ۳ ست و با ۸ تا ۱۰ تکرار انجام می‌شد و هر جلسه تمرینی به‌مدت ۱۵ دقیقه تحت نظارت یک مربی مجرب برگزار شد. از هفته‌های چهارم تا هشتم، شدت تمرین به‌طور هفتگی ۵ درصد افزایش یافت و تنظیمات براساس توانایی شرکت‌کنندگان در انجام تکرارهای تجویز شده، انجام

### ۶.۳. تحلیل‌های آماری داده‌ها

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و در ابتدا میانگین و انحراف معیار به‌عنوان بخشی از تحلیل آمار توصیفی محاسبه شد. آزمون شاپیرو-ویلک برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها و از آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد. برای مقایسه‌های درون‌گروهی از آزمون Paired t-test و برای مقایسه‌های بین‌گروهی از آزمون تحلیل کواریانس (ANCOVA) با در نظر گرفتن مفروضه‌های اساسی این روش آماری (شامل توزیع طبیعی داده‌ها، همگنی واریانس و همگنی رگرسیون) برای ارزیابی اثر مداخلات تمرینی بر متغیرهای وابسته، با در نظر گرفتن مقادیر پایه به‌عنوان متغیر مداخله‌ای به‌کار گرفته شد از آزمون تعقیبی بونفرونی نیز برای تعیین تفاوت در گروه‌ها استفاده شد. در این مطالعه سطح معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) در نظر گرفته شد.

### ۴. نتایج

همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، تفاوت معنی‌داری در مشخصه‌های ترکیب بدنی، بیان میکروRNAها، نشانگرهای بیوشیمیایی و دیگر متغیرهای فیزیولوژیکی مورد اندازه‌گیری در گروه‌های مختلف وجود ندارد. میزان پایبندی به تمرینات بیش از ۹۰ درصد در هر دو گروه تجربی بود و تعداد ۳ نفر از افراد گروه‌های تجربی به‌دلیل عدم علاقه‌مندی از ادامه تمرینات منصرف و در آزمون‌های نهایی شرکت نداشتند. هیچ‌گونه ناراحتی خاصی از سوی شرکت‌کنندگان طی جلسات تمرینی گزارش نشده است.

جدول ۲. مشخصه‌های متغیرهای مورد اندازه‌گیری در پیش-پس از مداخلات تمرینی الف

متغیرها	گروه WB-EMS با فرکانس بالا (۵۸هرتز)		گروه WB-EMS با فرکانس پایین (۵۲هرتز)		گروه کنترل	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریکی و ترکیب بدن						
سن (سال)	۳۲/۸ (۵/۱)	۳۲/۸ (۵/۱)	۳۱/۷ (۴/۵)	۳۱/۷ (۴/۵)	۳۱/۷ (۱/۳)	۳۱/۷ (۱/۳)
قد (سانتیمتر)	۱۸۰/۷ (۵/۱)	۱۸۰/۷ (۵/۱)	۱۷۷/۳ (۵/۷)	۱۷۷/۳ (۵/۷)	۱۷۵/۸ (۶/۴)	۱۷۵/۸ (۶/۴)
جرم بدن (کیلوگرم)	۱۱۲/۳ (۲۳/۰)	۱۰۹/۵ (۲۲/۱) †	۹۲/۸ (۱۱/۸)	۹۱/۸ (۱۰/۹)	۹۵/۶ (۱۴/۹)	۹۷/۲ (۱۴/۸)
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۳۴/۴ (۷/۱)	۳۳/۵ (۶/۶) †	۲۹/۴ (۲/۸)	۲۹/۱ (۲/۷)	۳۴/۶ (۱۶/۱)	۳۵/۱ (۱۵/۷) †
توده خالص بدن (کیلوگرم)	۸۱/۷ (۲/۹)	۸۲/۷ (۱/۸)	۶۳/۵ (۵/۱)	۶۳/۳ (۵/۱)	۶۷/۶ (۷/۶)	۶۸/۷ (۱۵/۰)
چربی بدن (درصد)	۲۷/۳ (۱۵/۲)	۲۴/۳ (۹/۶)	۳۱/۵ (۱/۳)	۳۱/۱ (۱/۷)	۲۹/۳ (۵/۴)	۲۹/۳ (۶/۰)

اندازه‌گیری‌های قدرت عضلانی

miRNA146a (Fold change)	۲/۷۸ (۱/۷۸)	۲/۰۷ (۱/۱۹) †	۳/۴۴ (۱/۲۹)	۲/۳۵ (۱/۵۷)	۳/۴۹ (۱/۰)	۲/۶ (۱/۷)
miRNA133a (Fold change)	۰/۸۳ (۱/۴۸)	۱/۴۸ (۱/۵۸) †	۱/۰۴ (۲/۰)	۱/۶۸ (۲/۱۷) †	۲/۱۰ (۱/۵۳)	۲/۶ (۱/۵۷)
اوج گشتاور عضلات بازکننده زانو (نیوتن/متر)	۱۸۲/۱ (۶۶/۶)	۱۹۸/۴ (۶۰/۹) †	۲۰۴/۰ (۲۸/۱)	۲۰۷/۴ (۳۶/۲)	۱۹۲/۲ (۶۱/۳)	۱۷۳/۳ (۵۲/۲)
اوج گشتاور عضلات خم کننده زانو (نیوتن/متر)	۹۸/۸ (۳۲/۷)	۹۹/۰ (۲۷/۸)	۱۰۳/۲ (۲۵/۵)	۱۰۳/۸ (۲۴/۱)	۹۵/۸ (۵۴/۴)	۷۸/۱۳ (۳۵/۹)
قدرت مچ دستی (کیلوگرم)	۵۱/۸ (۶/۲)	۵۴/۹ (۷/۵) †	۴۹/۱ (۵/۰)	۵۱/۲ (۴/۸) †	۴۷/۲ (۵/۹)	۴۸/۲ (۶/۲)

† مقادیر به صورت میانگین (انحراف معیار) بیان می‌شوند.

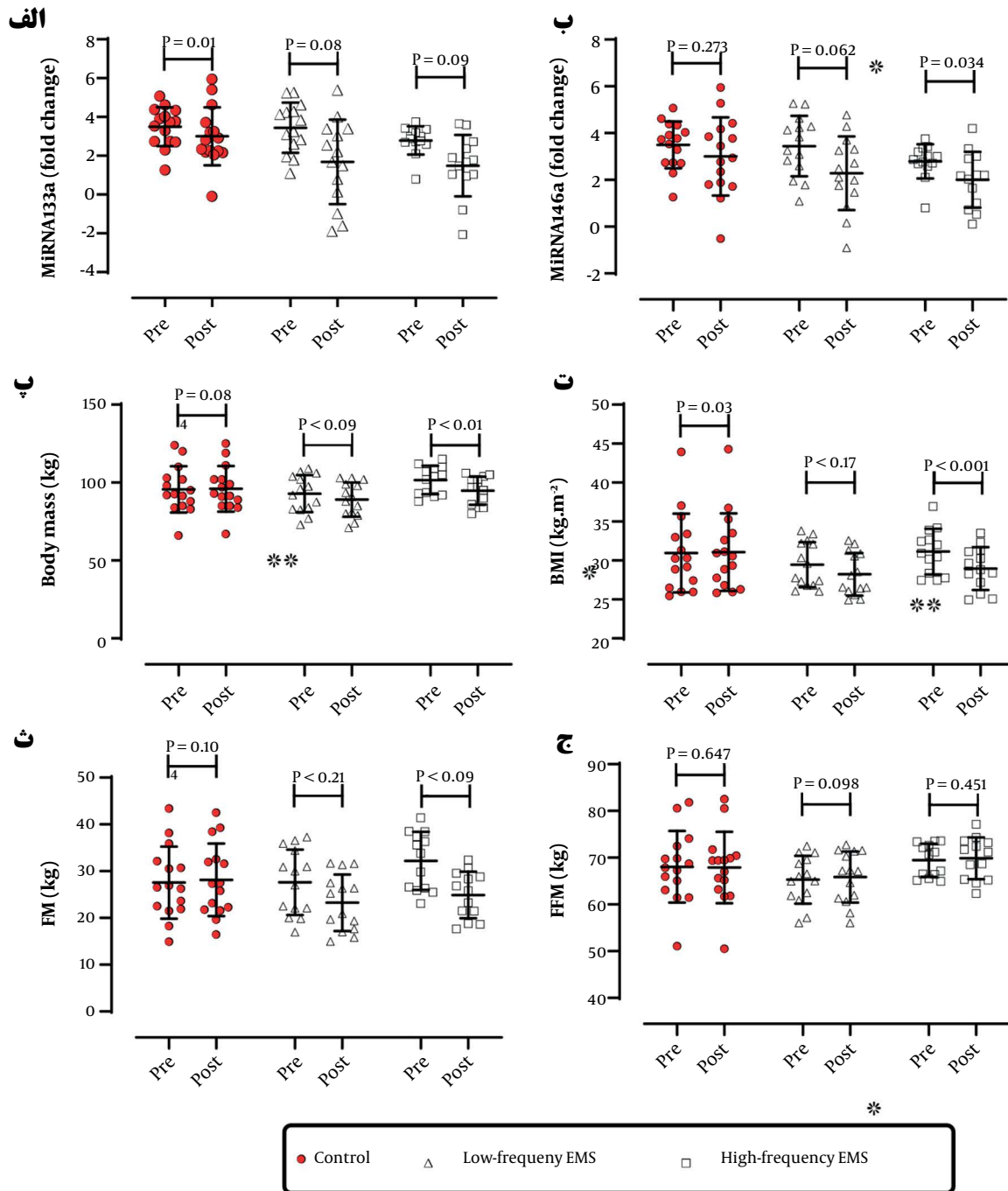
‡ سطح معنی‌داری برای تغییرات درون‌گروهی:  $P < 0.05$

‡ سطح معنی‌داری برای تغییرات درون‌گروهی:  $P < 0.01$

۱.۴ بیان میکرو RNA

گروه WB-EMS با فرکانس بالا به میزان ۲۵ درصد نسبت به مقادیر پایه کاهش معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0.05$ )، اما در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس پایین به میزان ۲۹/۴ درصد کاهش نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد، از سوی دیگر در گروه کنترل با کاهش ۲۳/۴ درصد نسبت به مقادیر پایه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت ( $P > 0.05$ ) (تصویر ۲ الف و ب).

تغییرات در سطوح میکروRNAهای مورد اندازه‌گیری در جدول ۲ و تصویر ۲ الف و ب نشان داده شده است. مقادیر miR-133a در گروه WB-EMS با فرکانس بالا به میزان ۸۷/۵ درصد نسبت به مقادیر پایه ( $P > 0.05$ ) و در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس پایین به میزان ۵۴/۵٪ نسبت به مقادیر پایه افزایش یافت، در حالی‌که در گروه کنترل به میزان ۶۱/۹٪ نسبت به مقادیر پایه گروه کنترل کاهش معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). در مقابل در متغیر miR-146a تنها در



**تصویر ۲.** تغییرات در سطوح miR-146a، miR-133a و ترکیب بدن شرکت کنندگان قبل و پس از مداخلات تمرینی. جرم بدن = BM، شاخص توده بدن = BMI، توده چربی = FM، توده بدون چربی = FFM؛ تمرین WB-EMS با فرکانس بالا = High؛ تمرین WB-EMS با فرکانس پایین = Low؛ انحراف معیار و مقادیر P در بالای ستون انحراف معیار و نتایج تحلیل آماری نشان داده شده است. سطح معنی داری برای تغییرات بین گروهی: \* P < ۰/۰۵؛ \*\* P < ۰/۰۱

## ۲.۴. ترکیب بدن

مشاهده شد. در حالی که در گروه کنترل افزایشی به ترتیب برابر با ۲۹/۷ درصد و ۱/۴ درصد مشاهده شد (P > ۰/۰۵). علاوه بر این، کاهش در درصد چربی بدن گروه WB-EMS با فرکانس بالا ۱۰/۹ درصد؛ و در گروه WB-EMS با فرکانس پایین ۱/۳ درصد کاهش مشاهده شد. در گروه کنترل مقادیر پیش-پس آزمون تغییرات خاصی مشاهده نشد (P > ۰/۰۵) (تصویر ۲ پ-ج).

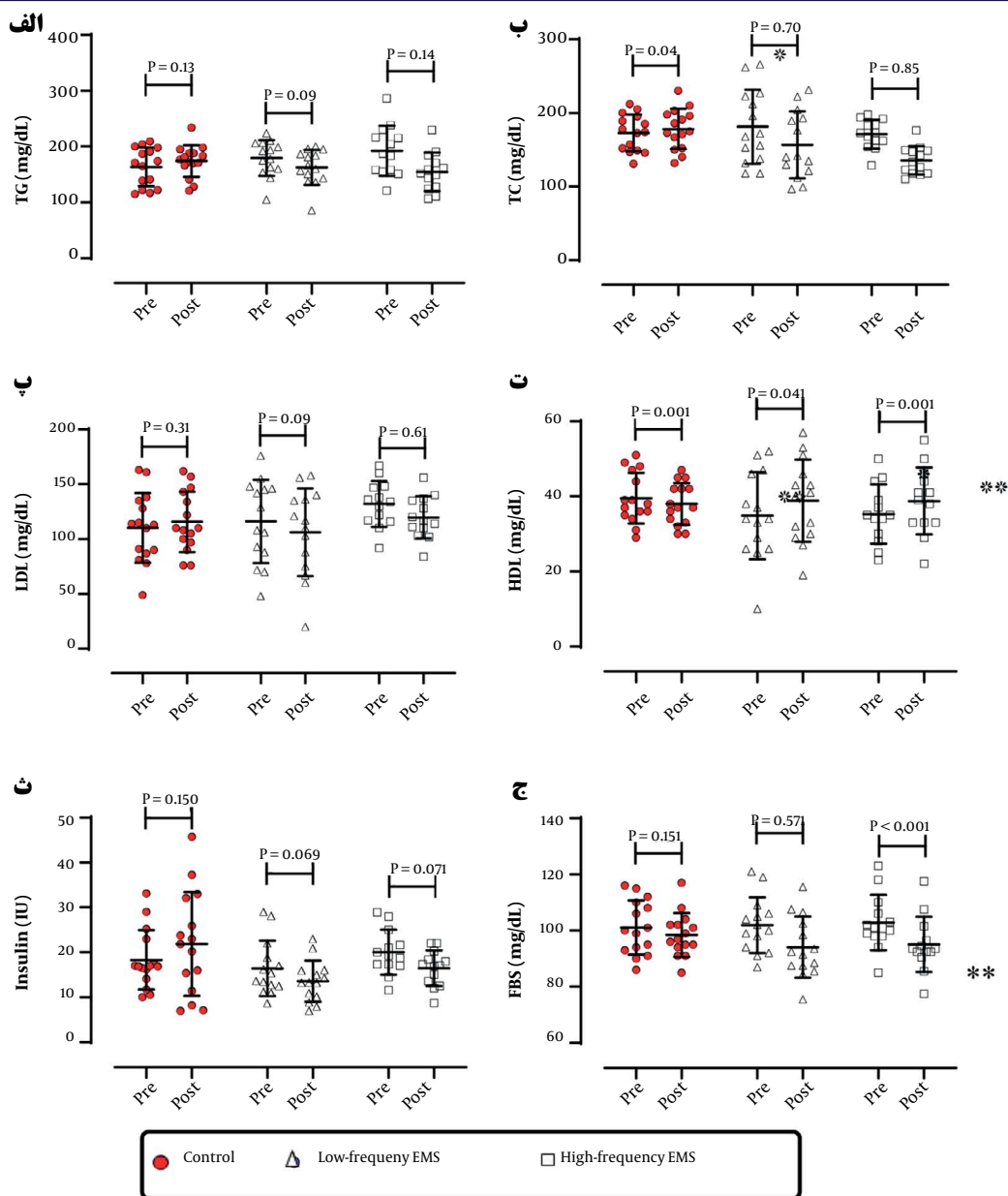
تحلیل داده‌ها نشان داد که در مقایسه‌های درون-گروهی کاهش معنی داری در جرم بدن و شاخص توده بدنی (BMI) در گروه WB-EMS با فرکانس بالا مشاهده شد که به ترتیب برابر با ۲/۵ درصد و ۲/۷ درصد بود. در گروه WB-EMS با فرکانس پایین کاهش به ترتیب برابر با ۱/۱ درصد و ۱ درصد

### ۳.۴. نشانگرهای بیوشیمیایی

#### ۱.۳.۴. نیمرخ لیپیدی

با فرکانس پایین سطوح تری گلیسرید نسبت به مقادیر پایه ۱۴/۴ درصد کاهش؛ کلسترول تام ۵/۸ درصد کاهش و مقادیر LDL-C ۱۰/۳ درصد کاهش داشت، و از سوی دیگر سطوح c-HDL نسبت به مقادیر پایه ۱۱/۵ درصد افزایش نشان داد. در مقابل در گروه کنترل افزایش در سطوح تری گلیسرید نسبت به مقادیر پایه ۶/۱ درصد، افزایش کلسترول تام ۷/۱ درصد، افزایش در مقادیر LDL-C ۵/۱ درصد بود. در مقابل، سطوح c-HDL نسبت به مقادیر پایه ۱۴/۲ درصد افزایش نشان داد. تغییرات بین گروهی در این متغیرهای مورد اندازه گیری معنی داری نبود ( $P > 0.05$ ) (تصویر ۳ الف-ت).

تغییرات در پروفایل لیپیدی در تصویر ۳ نشان داده شده است. در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس بالا، کاهش در سطوح تری گلیسرید نسبت به مقادیر پایه ۲/۲ درصد کاهش؛ کلسترول تام ۰/۹ درصد کاهش و مقادیر LDL-C ۱۰/۳ درصد کاهش داشت، و از سوی دیگر سطوح c-HDL نسبت به مقادیر پایه ۹/۹ درصد افزایش نشان داد. در گروه WB-EMS



**تصویر ۳.** تغییرات در نشانگرهای بیوشیمیایی شرکت کنندگان قبل و پس از مداخلات تمرینی. تری گلیسرید = TG، کلسترول تام = TC، کلسترول-لیپوپروتئین کم چگال = LDL-C، کلسترول-لیپوپروتئین پر چگال = HDL-C، گلوکز خون ناشتا = FBG؛ تمرین WB-EMS با فرکانس بالا = High؛ تمرین WB-EMS با فرکانس پایین = Low؛ انحراف معیار و مقادیر P در بالای ستون انحراف معیار و نتایج تحلیل آماری نشان داده شده است. سطح معنی داری برای تغییرات بین گروهی: \*  $P < 0.05$ ؛ \*\*  $P < 0.01$

### ۲.۳.۴. گلوکز خون ناشتا و سطوح انسولین

تغییرات در سطوح گلوکز خون ناشتا و انسولین نیز در تصویر ۳ نشان داده شده است. در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس بالا، کاهش در سطوح گلوکز خون ناشتا نسبت به مقادیر پایه به مقدار ۴/۹ درصد و افزایش ۱۷/۱ درصدی در سطوح انسولین نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد. در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس پایین، کاهش در سطوح گلوکز خون ناشتا نسبت به مقادیر پایه به مقدار ۰/۱ درصد و افزایش ۸/۸ درصدی در سطوح انسولین نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد. در گروه کنترل کاهش در سطوح گلوکز خون ناشتا نسبت به مقادیر پایه به مقدار ۳/۲ درصد و افزایش ۱۳/۲ درصدی در سطوح انسولین نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد. در مقایسه‌های بین گروهی تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تمرینی و گروه کنترل مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ) (تصویر ۳ ث و ج).

### ۴.۴. قدرت و اوج گشتاور عضلانی

تغییرات در سطوح قدرت مچ دستی و اوج گشتاور عضلانی در جدول ۲ نشان داده شده است. در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس بالا، افزایش معنی‌داری در اوج گشتاور عضلات بازکننده زانو نسبت به مقادیر پایه به مقدار ۸/۹ درصد مشاهده شد، اما این تغییرات در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس پایین افزایش ۱/۷ درصد نسبت به مقادیر پایه داشت. در متغیر اوج گشتاور عضلات خم‌کننده زانو در دو گروه تمرینی WB-EMS با فرکانس بالا و پایین، افزایش اندک نسبت به مقادیر پایه (به ترتیب ۱/۲ درصد و ۴/۲ درصد) مشاهده شد که این تغییرات معنی‌دار نبود. قدرت مچ دستی در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس بالا افزایش ۵/۹۸ درصدی و معنی‌داری نسبت به مقادیر پایه نشان داد، از سوی دیگر در گروه تمرین WB-EMS با فرکانس پایین ۲/۱ درصد افزایش نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد، اما این تغییرات معنی‌داری نبود. در مقایسه‌های بین گروهی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

## ۵. بحث

در این مطالعه اثر دو پروتکل تمرینی WB-EMS با فرکانس تحرکی بالا و پایین روی بیان و تغییرات miR-133a و miR-146a، پروفایل لیپیدی، عملکرد عضلانی و ترکیب بدن مردان دارای اضافه وزن و چاق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مربوط به بیان miRNA نشانگر افزایش در سطوح miR-133a در هر دو گروه تمرینی WB-EMS با فرکانس بالا و پایین بود، بدون اینکه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده شود. در

مقابل، افزایش معنی‌داری در miR-146a تنها در گروه WB-EMS با فرکانس بالا مشاهده گردید. علاوه بر این، تغییرات در ترکیب بدن، به جز BMI در سایر متغیرها شامل: TG، TC، LDL-C، در هیچ یک از گروه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت، اما تغییرات در HDL-C در همه گروه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد.

### ۱.۵. بیان Micro-RNAs

تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین گروه‌های تجربی در مقادیر miR-133a تفاوت‌های معنی‌داری وجود ندارد، در حالی که miR-146a تنها در گروه WB-EMS با فرکانس بالا کاهش نشان داد. چاقی، که از طریق توسعه بافت چربی اضافی مشخص می‌شود، عامل خطرزای تندرستی بالقوه مهمی در جوامع مختلف محسوب می‌شود و منجر به بروز بسیاری از بیماری‌های مزمن و غیرواگیر از جمله بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت می‌شود. میکروRNAها نقش کلیدی در تنظیم فرآیندهای بیولوژیکی مرتبط با شروع چاقی ایفا می‌کنند. Javidan و همکاران نتیجه‌گیری کردند که miR-146a به‌طور معنی‌داری در پیشرفت چاقی ناشی از رژیم غذایی در موش‌ها تأثیر ندارد؛ با این حال، پیامدهای عملکردی miR-146a در التهاب کبدی، به‌ویژه از طریق استفاده از مدل‌های مختلف بیماری کبدچرب غیرالکلی نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد (۲۲).

گرچه نتایج مطالعه حاضر کاهش در بیان miR-146a گردش خون را نشان داد، اما مقایسه قطعی یافته‌های حیوانی و داده‌های انسانی همچنان چالش‌برانگیز است. اشاره شده است که بیان miR-146a در بافت‌های چربی، آدیپوسیت‌ها و ماکروفاژها در شرایط التهابی، به‌طور معنی‌داری تولید فاکتور تومور نکروز آلفا (Tumor necrosis factor- $\alpha$ : TNF- $\alpha$ ) را احتمالاً از طریق کاهش تنظیم مولکول‌های سیگنال‌دهی و TRAF6 (Tumor necrosis factor- $\alpha$ : TNF Receptor Associated Kinase 1 Interleukin 1 Receptor Associated Kinase 1: IRAK1) در ماکروفاژها سرکوب می‌کند (۹). در انواع مختلف تمرینات ورزشی، مشاهده شد که یک جلسه ۶۰ دقیقه‌ای از تمرینات قلبی-ریوی تغییرات معنی‌داری در سطوح بیان miR-133a و miR-146a در بین دانشجویان مرد دانشگاهی ایجاد نکرد (۲۳). Li و همکاران به این نتیجه رسیدند که سطوح میکروRNAها، از جمله miR-146a، پس از یک برنامه تمرینی معمول بسکتبال تغییرات معنی‌داری نداشت، که این امر نشان می‌دهد کاهش miR-146a لزوماً به معنای پاسخ التهابی حاد به تمرین ورزشی نیست (۲۴).

علاوه بر این، در مطالعه دیگری با عنوان اثر تمرین مقاومتی حاد بر سطح میکروRNAهای گردش خون، افزایش

WB-EMS است، بنابراین، اگرچه نشان داده شده است که تمرین EMS پروفایل لیپیدی مردان دارای اضافه وزن را بهبود می بخشد، اما تعیین نقش تغییرات و بیان miR-133a در ارتباط با متابولیسم بافت چربی نیازمند تحقیقات سلولی و مولکولی دقیق و بیشتری است (۲۹).

## ۲.۵. ترکیب بدن

مطالعه حاضر حاکی از اثرات مثبت نسبی پروتکل تمرینی WB-EMS با فرکانس بالا و پایین نسبت به گروه کنترل روی توده خالص بدن و شاخص توده بدنی (BMI) است که با یافته‌های Pano-Rodriguez و همکاران همخوانی دارد (۳۰). همچنین، Kim و همکاران نشان دادند که تمرینات WB-EMS موجب بهبود مشخصه‌های روانی-فیزیولوژیکی در بزرگسالان سالم می‌شود و توسعه مثبت نگرش در تصویر بدنی، شکل بدن و عزت نفس با فرکانس و شدت تحریکات سیستم تمرینی WB-EMS مرتبط است. مطالعه آن‌ها همچنین نشان داد که افزایش شدت تحریک به بهبود شرایط جسمانی کمک می‌کند (۳۱). در یک مطالعه مروری سیستماتیک و فراتحلیل نیز به اثرات مثبت WB-EMS بر ترکیب بدنی و توسعه قابل توجه توده عضلانی، کاهش چربی زیر پوستی شکم و نواحی کل چربی بدن، به‌ویژه متعاقب اجرای پروتکل‌های تمرینی WB-EMS با شدت تحریک متوسط تا بالا و همراه با تلاش داوطلبانه کم تا متوسط در تمرینات بدنی عملکردی اشاره شده است (۱۲). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که یک جلسه تمرینی با سیستم WB-EMS ممکن است میزان متابولیسم استراحت را افزایش دهد و متابولیسم چربی را برای چندین ساعت پس از تمرین تحریک کند که می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه چربی بدن شود (۳۱). برآورد انرژی مصرفی برای یک جلسه تمرین WB-EMS به مدت ۲۰ دقیقه تقریباً ۱۲۰ کیلوکالری گزارش است (۳۲). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که WB-EMS ترکیب بدنی را در مردان بزرگسال دارای اضافه وزن و چاق بهبود می‌بخشد، به طوری که گروه با فرکانس بالا نسبت به گروه با فرکانس پایین برتری قابل توجهی دارد. به احتمال زیاد، افراد در گروه با فرکانس بالا نسبت به افرادی که در گروه‌های با فرکانس پایین و کنترل قرار دارند، مزایای بیشتری را تجربه خواهند کرد. با این حال، تغییرات معنی‌داری در توده بدون چربی قبل-بعد از مداخله در هیچ‌یک از گروه‌ها مشاهده نشد که این موضوع با یافته‌های Kemmler و همکاران همخوانی ندارد (۳۲). در این مطالعات افزایش معنی‌داری در توده خالص بدن (بافت عضلانی) گزارش شده است و از دلایل این عدم همخوانی یافته‌ها می‌توان به مدت زمان کوتاه‌تر تمرین و فرکانس تحریکی پایین‌تر پروتکل تمرینی در مطالعه حاضر

در سطوح miR-149 گزارش شده است. در حالی که سطوح miR-146a و miR-221 سه روز پس از تمرین کاهش یافت، که این امر نشانگر تغییرات سطوح میکروRNAها در پاسخ به تمرین مقاومتی و نقش آن‌ها در سازگاری‌های ناشی از تمرین است (۲۵). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغییرات معنی‌داری در بیان miR-133a در گروه‌ها مشاهده نشد. با این حال، کاهش معنی‌داری در miR-146a در گروه WB-EMS با فرکانس بالا پس از مداخله مشاهده گردید. مکانیزم‌های مولکولی دقیق مسئول این تغییرات به‌طور کامل درک نشده است، اما فرض بر این است که کاهش FM ممکن است به کاهش التهاب مرتبط باشد که به نوبه خود بر بیان miR-146a تأثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان می‌دهد که miR-146 ممکن است نقش محافظتی در برابر التهاب متابولیک ایفا کند و با کاهش سطوح سیتوکین‌های پیش‌التهابی بافت‌ها، به این امر کمک کند، به طوری که عدم وجود miR-146 در مدل‌های موش به افزایش بیان ژن‌های التهابی در پاسخ به رژیم غذایی پرچرب منجر می‌شود. مطالعات بیشتری برای بررسی مکانیزم‌های زیرین در فعالیت‌های مبتنی بر انقباض مانند WB-EMS مورد نیاز است (۲۲).

نشان داده شده است که میکروRNA-133a به‌طور فراوان در بافت چربی قهوه‌ای و بافت چربی سفید بیان می‌شود، اما بیان آن در بافت چربی قهوه‌ای و چربی زیرپوستی در معرض سرما کاهش می‌یابد که این امر تبدیل بافت چربی سفید به بافت چربی قهوه‌ای را مهار می‌کند. از سوی دیگر، نشان داده شده است که miR-133a به‌عنوان یک تنظیم‌کننده تجمع چربی در سلول‌های ماکروفاژی RAW 264.7 که تحت تأثیر LDL اکسید شده (ox-LDL) قرار دارند، از طریق مسیر TR4-CD36 شناخته می‌شود (۲۶). تحقیقات نشان داده‌اند که سطح پروتئین غیرمتصل ۲ (Mitochondrial uncoupling protein 2: UCP2) و miR-133a-3p در افراد چاق نسبت به افراد لاغر کاهش یافته و تأثیر قابل توجهی بر گرم‌زایی و تنظیم متابولیسم دارد (۲۷) و علاوه بر این، miR-133a ممکن است با هدف قرار دادن مستقیم گیرنده IGF-1 receptor (IGF-IR) در سلول‌های عضلانی، فاکتور رشد شبه انسولینی-۱ (IGF-1) را تنظیم کند. در این مطالعه، تفاوت‌های معنی‌داری در میان گروه‌های تمرینی با WB-EMS برای miR-133a مشاهده نشد، با وجود کاهش قابل توجه miR-146a در گروه WB-EMS با فرکانس بالا، به نظر می‌رسد که اثرات تمرین WB-EMS بر بیان miR-133a به‌طور قابل توجهی با فعالیت بدنی متفاوت باشد (۲۸). ضمن این که باید یادآور شد که تمرینات سنتی مقاومتی، هورازی یا ترکیبی منجر به سیگنالینگ خاص در عضله اسکلتی و بافت چربی می‌شوند که متمایز با تمرینات

اشاره کرد. برخلاف تحقیقات قلبی، آزمودنی‌های مطالعه حاضر نسبتاً جوان بودند و مداخلات تمرینی نیز کوتاه‌مدت و به مدت هشت هفته بود که بخشی از تناقض در یافته‌ها ممکن است به دلیل سن، جنسیت، سطح فعالیت بدنی و رژیم غذایی افراد باشد که در مطالعه حاضر امکان کنترل آن میسر نبود.

### ۳.۵. نیمرخ لیپیدی

سطح تری‌گلیسرید و کلسترول تام در گروه تمرینی WB-EMS با فرکانس بالا و پایین نسبت به مقادیر پایه کاهش به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه‌های با فرکانس پایین و کنترل تفاوت وجود داشت. در مقابل، افزایش سطح HDL-C و کاهش سطوح LDL-C در گروه‌های تمرینی نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تمرینی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که افزایش مصرف انرژی با فعال‌سازی عصبی-عضلانی و انقباضات غیرارادی عضلانی ناشی از WB-EMS مرتبط است که به افزایش سطح انرژی متابولیک حتی در زمان استراحت منجر می‌شود. این تغییرات منجر به افزایش اکسیداسیون چربی و بهبود پارامترهای پروفایل لیپیدی می‌گردد (۳۳). Park و همکاران در مطالعه خود نتیجه‌گیری کردند که تمرینات WB-EMS تغییرات معنی‌داری در پارامترهای پروفایل لیپیدی در زنان جوان طی یک دوره شش هفته‌ای ایجاد نکرد (۳۴). به‌طور مشابه، Reljic و همکاران دریافتند که در میان پارامترهای مختلف پروفایل لیپیدی صرفاً کلسترول تام در زنان چاق با سندرم متابولیک پس از یک برنامه تمرینی ۱۲ هفته‌ای با پروتکل EMS کاهش یافته است (۳۵). این تفاوت در یافته‌ها ممکن است به عواملی مانند تعداد نمونه آماری، مدت زمان کوتاه مداخله، عدم کنترل رژیم غذایی و ویژگی‌های خاص شرکت‌کنندگان نسبت داده شود. در مطالعه حاضر، هر دو مداخله تمرینی WB-EMS با فرکانس بالا و پایین موجب کاهش سطوح تری‌گلیسرید و کلسترول تام شد، و نشانگر آن است که تغییرات مشاهده شده در سطوح لیپوپروتئین‌ها ممکن است مستقل از شدت تمرینی باشد. Colson و همکاران نیز افزایش قابل توجهی در مصرف انرژی پس از WB-EMS گزارش کردند که ممکن است به تغییرات مشاهده شده در پروفایل لیپیدی کمک کند (۳۶).

### ۴.۵. گلوکز خون ناشتا و انسولین

در این مطالعه صرفاً کاهش معنی‌داری در سطح گلوکز ناشتا نسبت به مقادیر پایه در گروه تمرینی WB-EMS با فرکانس بالا مشاهده شد و در گروه تمرینی با فرکانس

پایین و کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما افزایش در سطوح انسولین دو گروه مداخله‌ای و گروه کنترل نسبت به مقادیر پایه مشاهده گردید. مطالعه Joubert و همکاران نیز نشان داد که پس از یک هفته به‌کارگیری تمرینات منظم WB-EMS در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، بهبود معنی‌داری در حساسیت انسولینی مشاهده شد (۳۷). در یک تحلیل مقایسه‌ای، در حالی که WB-EMS، مشابه سایر فعالیت‌های بدنی مانند تمرینات مقاومتی و هوازی، در کاهش سطح گلوکز ناشتا مؤثر بود، تفاوت معنی‌داری در پاسخ گلوکز پس از غذا بین جلسات شامل WB-EMS و جلسات بدون آن مشاهده نشد (۳۸). مطالعات بالینی نشان داده‌اند که EMS می‌تواند به‌طور قابل توجهی در تنظیم سطح گلوکز ناشتا و بهبود حساسیت انسولینی در طول چند هفته متوالی مؤثر باشد (۳۹). اعتقاد بر این است که WB-EMS با تحریک کورتیزول به‌عنوان یک گلوکوکورتیکوئید، تولید گلوکز در کبد را افزایش می‌دهد، و در عین حال جذب گلوکز در عضلات اسکلتی را کاهش می‌دهد؛ با این حال، تغییرات در سطح کورتیزول در این مطالعه اندازه‌گیری نشد (۴۰). از سوی دیگر، نشان داده است که تمرینات EMS می‌تواند حذف گلوکز از جریان خون را تسهیل کند و انتقال‌دهنده گلوکز نوع ۴ (Glucose Transporter Type 4: GLUT4) و حساسیت انسولینی را افزایش دهد. علاوه بر این، EMS آسیب عضلانی را به حداقل می‌رساند و باعث افزایش محتوای GLUT4 و بهبود سیگنال‌دهی انسولین در عضلات اسکلتی می‌شود (۳۸). در مطالعه حاضر، تغییرات جزئی مشاهده شده در قند خون ناشتا و کاهش قابل توجه در سطح انسولین ممکن است به وضعیت سلامت شرکت‌کنندگان نسبت داده شود، زیرا هیچ‌یک از افراد این مطالعه نشانه‌هایی از دیابت نوع ۲ نداشتند. با توجه به یافته‌های این مطالعه شاید کاهش اندک مورد مشاهده می‌تواند ناشی از افزایش حساسیت انسولینی و بهبود اندک در جذب گلوکز باشد. اثرات دوگانه افزایش فعالیت انقباضی عضلات اسکلتی طی جلسات تمرینی WB-EMS یا در حالت استراحت و همچنین کاهش بافت چربی و کاهش سیتوکین‌های التهابی می‌تواند از علل احتمالی این تغییرات باشد که به نوبه خود ممکن است حساسیت گیرنده انسولین، به‌ویژه IRS-1 را بهبود می‌بخشند. علاوه بر این، گزارش شده است که تمرینات WB-EMS حساسیت انسولینی را پس از محدودیت کالری در زنان چاق مسن و با سندرم متابولیک افزایش می‌دهد (۴۱). بنابراین، مداخله WB-EMS می‌تواند نقش مهمی در کنترل متابولیسم گلوکز ایفا کند. در این مطالعه کاهش در سطوح انسولین، در حالی که تغییر معنی‌داری در قندخون ناشتا مشاهده نشد، ممکن است نشانگر این موضوع باشد که تمرین WB-EMS

ممکن است حساسیت انسولینی را بهبود بخشد، به ویژه از طریق مکانیزم‌هایی که شامل افزایش جذب گلوکز و کاهش چربی است.

## ۵.۵. عملکرد عضلانی

گرچه در هر دو گروه تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا و پایین بهبودهای قابل توجهی در اوج گشتاور عضلات خم و بازکننده زانو نسبت به گروه کنترل مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت. از سوی دیگر در مقایسه‌های درون‌گروهی تفاوت معنی‌داری در سطوح اوج گشتاور عضلات بازکننده زانو و قدرت میچ دستی در گروه تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا وجود داشت. Krause و همکاران نشان دادند که یک برنامه WB-EMS به مدت هشت هفته، که دو بار در هفته انجام می‌شود، به‌طور مؤثری قدرت ایزوکینتیک عضلات خم و بازکننده زانو و همچنین عملکرد پرش عمودی را در زنان سالم افزایش می‌دهد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد (۴۲). در این مطالعه تمرینات WB-EMS به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای تمرینات مقاومتی سنتی در بهبود ظرفیت‌های عضلانی مطرح شده است (۴۲). Jee در مطالعه خود دریافتند که تمرین با فرکانس‌های تحریکی بالاتر به‌طور قابل توجهی قدرت ایزوکینتیک عضلات خم‌کننده زانو را در مردان سالم، در مقایسه با شدت‌های متوسط و پایین بیشتر بهبود می‌بخشد (۴۳). اشاره شده است که پس از ۱۰ هفته تمرین WB-EMS با فرکانس تحریک ۸۵ هرتز در مقایسه با فرکانس‌های تحریکی پایین‌تر از ۲۰ هرتز به‌طور قابل توجهی قدرت عضلات تنه افزایش یافته است (۴۴). Kemmler و همکاران دریافتند که تمرینات WB-EMS موجب بهبود قدرت عضلات بازکننده زانو در مردان میانسال شده است (۳۲). علاوه بر این، Qin و همکاران نشان دادند که تمرینات WB-EMS قدرت اندام فوقانی را در مردان با تمرین متوسط به‌طور مؤثرتری نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی افزایش می‌دهد (۴۵). نتایج مطالعات در مورد اثر تمرینات تحریک الکتریکی عضلانی با فرکانس‌های بالا و پایین روی قدرت عضلات خم‌کننده و راست‌کننده زانو حاکی از بهبودی نسبی در توان و گشتاور عضلانی در گروه تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا است، به‌طوری که نوعاً گروه تمرینی با فرکانس بالا در آزمون‌های سنجش گشتاور عضلات خم و بازکننده‌های زانو برتری داشتند. یکی از سازکارهای مرتبط با افزایش نیروی تولیدی، به‌کارگیری واحدهای حرکتی نوع I و نوع II بدون رعایت توالی خاص است. در واقع، تمرینات WB-EMS کارایی عصبی-عضلانی را افزایش و منجر به بهبود قدرت، هماهنگی و هم‌زمانی عمل فیبرهای عضلانی می‌شود (۴۶). علاوه بر این،

مطالعات قبلی نشان داده‌اند که انقباض تارهای عضلانی در فرکانس‌های تحریکی ۲۰ هرتز و بالاتر تشدید می‌شود، این احتمال وجود دارد که افزایش مشاهده‌شده در نیروی تولیدی در این گروه تحت تأثیر سازگاری‌های عصبی-عضلانی ناشی از این شرایط خاص قرار گرفته باشد (۴۴). توسعه قدرت و گشتاور عضلات خم و بازکننده‌های زانو ممکن است به سازگاری‌های عصبی-عضلانی بهبود یافته نسبت داده شود، که شامل بسیج بیشتر واحدهای حرکتی و افزایش فعال‌سازی فیبرهای عضلانی نوع II است. این تغییرات احتمالاً تحت تأثیر فرکانس‌های تحریک بالاتر در تمرینات WB-EMS قرار دارند. این سازگاری‌ها ممکن است با پروتکل تمرینات WB-EMS با فرکانس بالا که فعال‌سازی بیشتر تارهای تند تنش برای تولید توان عضلانی بیشتر را باعث می‌شوند، تقویت شوند (۴۲).

این مطالعه دارای محدودیت‌های متعددی بود، از جمله عدم کنترل رژیم غذایی شرکت‌کنندگان که می‌تواند در بیان miRNA اثر داشته باشد. علاوه بر این، عدم به‌کارگیری گروه‌های تمرینی مختلف مانند تمرینات مقاومتی و استقامتی، امکان مقایسه نتایج با مداخلات ورزشی رایج میسر نبود. همچنین مدت زمان محدود مطالعه که نوعاً بین چهار تا هشت هفته است، ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد و باید توجه داشت که بهبود عملکرد جسمانی نه تنها به تقویت انگیزه‌های روانی مانند افزایش درک تلاش، دستیابی به اهداف کوتاه‌مدت و کاهش استرس نسبت داده می‌شود، بلکه به پرورش تصویر ذهنی از بدنی قوی‌تر و بهبود ارتباط بین ذهن و بدن نیز مربوط می‌شود. این نتایج پتانسیل WB-EMS را برای بهبود عملکرد عضلانی، به‌ویژه برای عضلات خم‌کننده‌ها و بازکننده‌های زانو، نشان می‌دهد که پروتکل‌های با فرکانس بالا ممکن است در بهبود نتایج قدرت عضلانی در مردان دارای اضافه وزن مؤثرتر باشد. گنجاندن تمریناتی مانند دوچرخه ثابت یا دویدن روی نوارگردان همراه با تمرینات EMS برای درک اهمیت این شیوه تمرینی و توسعه دانش موجود پیشنهاد می‌شود. در مطالعات آینده مقایسه تمرینات مقاومتی به‌تنهایی با تمرینات مقاومتی همراه با EMS می‌تواند به درک عمیق‌تری از تأثیرات تمرینات EMS کمک کند.

## ۶.۵. نتیجه‌گیری

هشت هفته به‌کارگیری تمرینات WB-EMS با فرکانس تحریکی بالا و پایین، اثرات قابل توجهی بر ترکیب بدن، پارامترهای متابولیک و عملکردی مردان دارای اضافه‌وزن و چاقی نشان داد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که WB-EMS می‌تواند یک مداخله مؤثر برای بهبود ترکیب بدن،

### تضاد منافع:

نویسندگان این مطالعه هیچ گونه تضاد منافع گزارش نکردند.

### بازیابی داده‌ها:

داده‌های این مطالعه پس از انتشار، با درخواست کتبی پژوهشگران دانشگاهی در دسترس خواهد بود.

### کد اخلاق:

این مطالعه با اخذ کد اخلاق از کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه اصفهان به شماره 1402.134.IR.UI.REC تایید شده است

### فرم رضایت آگاهانه:

افرادی که تمایل به شرکت داشتند و واجد شرایط ورود به تحقیق بودند رضایت‌نامه کتبی را مطالعه، امضاء و اعلام آمادگی کردند.

### حمایت مالی/معنوی:

این مقاله مستخرج از یک رساله دکتری در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه اصفهان می باشد، و با کمک و مساعدت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه اصفهان برای دانشجویان دکتری انجام شده است. بنابراین بر خود لازم می‌دانیم از کمک‌های بی‌شائبه معاون محترم پژوهشی دانشگاه که با حمایت‌های خود در انجام تحقیق حاضر کمک نمودند تشکر و قدردانی نماییم.

## References

1. Silveira A, Gomes J, Roque F, Fernandes T, de Oliveira EM. MicroRNAs in Obesity-Associated Disorders: The Role of Exercise Training. *Obes Facts*. 2022;15(2):105-17. [PubMed ID:35051942]. [PubMed Central ID:PMC9021631]. <https://doi.org/10.1159/000517849>.
2. Flowers E, Won GY, Fukuoka Y. MicroRNAs associated with exercise and diet: a systematic review. *Physiol Genomics*. 2015;47(1):1-11. [PubMed ID:25465031]. [PubMed Central ID:PMC7199230]. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00095.2014>.
3. Hernandez-Lepe MA, Hernandez-Ontiveros DA, Chavez-Guevara IA, Ramos-Jimenez A, Hernandez-Torres RP, Lopez-Fregoso RJ, et al. Impact of Exercise Training at Maximal Fat Oxidation Intensity on Metabolic and Epigenetic Parameters in Patients with Overweight and Obesity: Study Protocol of a Randomized Controlled Trial. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2024;9(4). [PubMed ID:39584867]. [PubMed Central ID:PMC11587150].

سلامت متابولیک و عملکرد عضلانی در مردان دارای اضافه‌وزن و چاقی باشد. با توجه به اینکه WB-EMS با فرکانس بالاتر به‌ویژه در کاهش چربی بدن، بهبود BMI و بهبود پروفایل لیپیدی مؤثر بوده است، این روش به‌عنوان یک جایگزین برای تمرینات سنتی برای افرادی که زمان محدودی برای فعالیت جسمانی دارند، به‌ویژه برای افرادی که به‌دلیل سن، محدودیت‌های جسمی یا سبک زندگی بی‌تحرك دارند، می‌تواند اهمیت بیشتری داشته باشد.

علاوه بر این، بهبود سطوح قدرت ایزوکینتیک و عملکرد عضلانی، پتانسیل WB-EMS را برای تقویت عملکرد و قدرت عصبی-عضلانی بدون نیاز به تمرینات مقاومتی سنگین یا سنتی نشان می‌دهد. پزشکان، مربیان و متخصصان آمادگی جسمانی می‌توانند WB-EMS را به‌عنوان ابزاری برای ارتقای سلامت متابولیک، کنترل وزن و بهبود قابلیت‌های عضلانی جسمانی هستند، در نظر بگیرند. گرچه، توجه جدی به نیازهای فردی هنگام تنظیم فرکانس مدت و شدت تمرینات WB-EMS برای بهینه‌سازی نتایج و کاهش ناراحتی‌های احتمالی ضروری است. همچنین به‌نظر می‌رسد، افزایش شدت و مدت زمان تمرینات می‌تواند به بهبودی قابل توجه در ترکیب بدنی و سازگاری‌های عضلانی منجر شود.

### تشکر و قدردانی:

این مقاله مستخرج از یک رساله دکتری در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه اصفهان (به شماره ۲۳۳۳۷۹) است و با کمک و مساعدت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه برای دانشجویان دکتری انجام شده است. بنابراین بر خود لازم می‌دانیم از کمک‌های بی‌شائبه معاون محترم پژوهشی دانشگاه که با حمایت‌های خود در انجام تحقیق حاضر کمک نمودند تشکر و قدردانی نماییم.

### مشارکت نویسندگان:

تهیه پیش‌نویس مقاله و اصلاحات انتقادی آن از نظر محتوای علمی توسط هادی فخاری و وازگن میناسیان انجام شده است. اجرای پروتکل‌های ورزشی و مداخلات توسط هادی فخاری انجام شده است. تحلیل و تفسیر داده‌ها توسط وازگن میناسیان، سیلوا هوسپیان و هادی فخاری انجام شده است. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را خوانده و تأیید کرده‌اند.

### کارآزمایی بالینی:

IRCT20240205060906N1

- <https://doi.org/10.3390/jfmk9040214>.
4. Moghadam E, Eskandari Z, Shiri-Shahsavari MR, Mir-moezzi M. [Effects of High-Intensity Interval and Mini-Trampoline Training with Calorie Restriction on Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight and Obese women]. *Koomesh*. 2022;**24**(6):747-56. Persian.
  5. Castano C, Meza-Ramos A, Batlle M, Guasch E, Novials A, Parrizas M. Treatment with EV-miRNAs Alleviates Obesity-Associated Metabolic Dysfunction in Mice. *Int J Mol Sci*. 2022;**23**(23). [PubMed ID:36499248]. [PubMed Central ID:PMC9736074]. <https://doi.org/10.3390/ijms232314920>.
  6. Improtta-Caria AC, Soci ÚPR, Rodrigues LF, Fernandes T, Oliveira EM. MicroRNAs regulating pathophysiological processes in obesity: the impact of exercise training. *Curr Opin Physiol*. 2023;**33**. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2023.100648>.
  7. Metzinger-Le Meuth V, Metzinger L. The roles of microRNAs in obesity: emphasizing links with chronic kidney disease and cardiovascular disorders. *Obesities*. 2023;**3**(3):243-52.
  8. Ansari B, Keshavarz P, Akhondian M. [Role of microRNA as a biomarker in Alzheimer's disease]. *Koomesh*. 2022;**24**(1):38-48. Persian.
  9. Sanada T, Sano T, Sotomaru Y, Alshargabi R, Yamawaki Y, Yamashita A, et al. Anti-inflammatory effects of miRNA-146a induced in adipose and periodontal tissues. *Biochem Biophys Rep*. 2020;**22**:100757. [PubMed ID:32346618]. [PubMed Central ID:PMC7178317]. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2020.100757>.
  10. Paramasivam P, Meugnier E, Gokulakrishnan K, Ranjini H, Staimez LR, Weber MB, et al. Blood-derived miRNA levels are not correlated with metabolic or anthropometric parameters in obese pre-diabetic subjects but with systemic inflammation. *PLoS One*. 2022;**17**(2):e0263479. [PubMed ID:35120179]. [PubMed Central ID:PMC8815902]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263479>.
  11. Kemmler W, Weissenfels A, Willert S, Shojaa M, von Stengel S, Filipovic A, et al. Efficacy and Safety of Low Frequency Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) to Improve Health-Related Outcomes in Non-athletic Adults. A Systematic Review. *Front Physiol*. 2018;**9**:573. [PubMed ID:29875684]. [PubMed Central ID:PMC5974506]. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00573>.
  12. Kemmler W, Shojaa M, Steele J, Berger J, Frohlich M, Schoene D, et al. Efficacy of Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) on Body Composition and Muscle Strength in Non-athletic Adults. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2021;**12**:640657. [PubMed ID:33716787]. [PubMed Central ID:PMC7952886]. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.640657>.
  13. Balke M, Teschler M, Schafer H, Pape P, Mooren FC, Schmitz B. Therapeutic Potential of Electromyostimulation (EMS) in Critically Ill Patients-A Systematic Review. *Front Physiol*. 2022;**13**:865437. [PubMed ID:35615672]. [PubMed Central ID:PMC9124773]. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.865437>.
  14. Pouzesh Jadidi G. Comparison of Whole-Body Electrical Stimulation with Aerobic Exercise on Body Composition and Serum Irisin Level in Overweight Adolescents. *Physical Activity Child*. 2024;**1**(2):80-5. <https://doi.org/10.61186/pach.2024.490070.1041>.
  15. Kemmler W, von Stengel S, Uder M. Safety and Attractiveness of Whole-Body Electromyostimulation in Non-athletic Cohorts. A Scoping Review. *Preprints.org*. 2024;**Preprint**. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1540.v1>.
  16. Sadeghipour S, Mirzaei B. Effects of whole-body electromyostimulation with two different frequencies and combined training on lipid profile and body composition in overweight women. *Physiotherapy Quarterly*. 2022;**30**(3):79-85. <https://doi.org/10.5114/pq.2021.103559>.
  17. Deley G, Kervio G, Verges B, Hannequin A, Petitdant M-F, Salmi-Belmihoub S, et al. Comparison of low-frequency electrical myostimulation and conventional aerobic exercise training in patients with chronic heart failure. *Europ J Preventive Cardiol*. 2005;**12**(3):226-33.
  18. Kaçoğlu C, Kale M. Acute effects of lower body electromyostimulation application with two different frequencies on isokinetic strength and jumping performance. *J Physical Educ Sport*. 2016;**16**(1):38.
  19. Eston R. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests, Procedures and Data*. London, UK: Routledge 2009.
  20. Brzycki M. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Repts-to-Fatigue. *J Physical Educ, Recreat Dance*. 1993;**64**(1):88-90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>.
  21. Kim J, Jee Y. EMS-effect of Exercises with Music on Fatness and Biomarkers of Obese Elderly Women. *Medicina (Kaunas)*. 2020;**56**(4). [PubMed ID:32244777]. [PubMed Central ID:PMC7231244]. <https://doi.org/10.3390/medicina56040158>.
  22. Javidan A, Jiang W, Okuyama M, Thiagarajan D, Yang L, Moorleghen JJ, et al. miR-146a Deficiency Accelerates Hepatic Inflammation Without Influencing Diet-induced Obesity in Mice. *Sci Rep*. 2019;**9**(1):12626. [PubMed ID:31477775]. [PubMed Central ID:PMC6718417]. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49090-4>.
  23. Zhou Q, Shi C, Lv Y, Zhao C, Jiao Z, Wang T. Circulating microRNAs in Response to Exercise Training in Healthy Adults. *Front Genet*. 2020;**11**:256. [PubMed ID:32256529]. [PubMed Central ID:PMC7093586]. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00256>.
  24. Li Y, Yao M, Zhou Q, Cheng Y, Che L, Xu J, et al. Dynamic Regulation of Circulating microRNAs During Acute Exercise and Long-Term Exercise Training in Basketball Athletes. *Front Physiol*. 2018;**9**:282. [PubMed ID:29662456]. [PubMed Central ID:PMC5890107]. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00282>.
  25. Sawada S, Kon M, Wada S, Ushida T, Suzuki K, Akimoto T. Profiling of circulating microRNAs after a bout

- of acute resistance exercise in humans. *PLoS One*. 2013;**8**(7):e70823. [PubMed ID:23923026]. [PubMed Central ID:PMC3726615]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070823>.
26. Peng XP, Huang L, Liu ZH. miRNA-133a attenuates lipid accumulation via TR4-CD36 pathway in macrophages. *Biochimie*. 2016;**127**:79-85. [PubMed ID:27109382]. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2016.04.012>.
  27. Oliveira MS, Rheinheimer J, Moehlecke M, Rodrigues M, Assmann TS, Leitao CB, et al. UCP2, IL18, and miR-133a-3p are dysregulated in subcutaneous adipose tissue of patients with obesity. *Mol Cell Endocrinol*. 2020;**509**:110805. [PubMed ID:32251712]. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.110805>.
  28. Nie Y, Sato Y, Wang C, Yue F, Kuang S, Gavin TP. Impaired exercise tolerance, mitochondrial biogenesis, and muscle fiber maintenance in miR-133a-deficient mice. *FASEB J*. 2016;**30**(11):3745-58. [PubMed ID:27458245]. [PubMed Central ID:PMC5067247]. <https://doi.org/10.1096/fj.201600529R>.
  29. Reljic D, Herrmann HJ, Neurath MF, Zopf Y. Iron Beats Electricity: Resistance Training but Not Whole-Body Electromyostimulation Improves Cardiometabolic Health in Obese Metabolic Syndrome Patients during Caloric Restriction-A Randomized-Controlled Study. *Nutrients*. 2021;**13**(5). [PubMed ID:34068089]. [PubMed Central ID:PMC8152778]. <https://doi.org/10.3390/nu13051640>.
  30. Pano-Rodriguez A, Beltran-Garrido JV, Hernandez-Gonzalez V, Reverter-Masia J. Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: a systematic review. *BMC Complement Altern Med*. 2019;**19**(1):87. [PubMed ID:31014310]. [PubMed Central ID:PMC6480820]. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2485-9>.
  31. Kim K, Eun D, Jee YS. Higher Impulse Electromyostimulation Contributes to Psychological Satisfaction and Physical Development in Healthy Men. *Medicina (Kaunas)*. 2021;**57**(3). [PubMed ID:33668740]. [PubMed Central ID:PMC7996253]. <https://doi.org/10.3390/medicina57030191>.
  32. Kemmler W, Teschler M, Weissenfels A, Bebenek M, Frohlich M, Kohl M, et al. Effects of Whole-Body Electromyostimulation versus High-Intensity Resistance Exercise on Body Composition and Strength: A Randomized Controlled Study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2016;**2016**:9236809. [PubMed ID:27034699]. [PubMed Central ID:PMC4789460]. <https://doi.org/10.1155/2016/9236809>.
  33. Oh S, Oshida N, Someya N, Maruyama T, Isobe T, Okamoto Y, et al. Whole-body vibration for patients with nonalcoholic fatty liver disease: a 6-month prospective study. *Physiol Rep*. 2019;**7**(9):e14062. [PubMed ID:31087530]. [PubMed Central ID:PMC6513769]. <https://doi.org/10.14814/phy2.14062>.
  34. Park HK, Na SM, Choi SL, Seon JK, Do WH. Physiological Effect of Exercise Training with Whole Body Electric Muscle Stimulation Suit on Strength and Balance in Young Women: A Randomized Controlled Trial. *Chonnam Med J*. 2021;**57**(1):76-86. [PubMed ID:33537223]. [PubMed Central ID:PMC7840343]. <https://doi.org/10.4068/cmj.2021.57.1.76>.
  35. Reljic D, Dieterich W, Herrmann HJ, Neurath MF, Zopf Y. "HIIT the Inflammation": Comparative Effects of Low-Volume Interval Training and Resistance Exercises on Inflammatory Indices in Obese Metabolic Syndrome Patients Undergoing Caloric Restriction. *Nutrients*. 2022;**14**(10). [PubMed ID:35631137]. [PubMed Central ID:PMC9145085]. <https://doi.org/10.3390/nu14101996>.
  36. Colson SS, Martin A, Van Hoecke J. Effects of electromyostimulation versus voluntary isometric training on elbow flexor muscle strength. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;**19**(5):e311-9. [PubMed ID:18621547]. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.05.009>.
  37. Joubert M, Metayer L, Prevost G, Morera J, Rod A, Cailleux A, et al. Neuromuscular electrostimulation and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: the ELECTRODIAB pilot study. *Acta Diabetol*. 2015;**52**(2):285-91. [PubMed ID:25107502]. <https://doi.org/10.1007/s00592-014-0636-5>.
  38. Holzer R, Schulte-Korne B, Seidler J, Predel HG, Brinkmann C. Effects of Acute Resistance Exercise with and without Whole-Body Electromyostimulation and Endurance Exercise on the Postprandial Glucose Regulation in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Crossover Study. *Nutrients*. 2021;**13**(12). [PubMed ID:34959874]. [PubMed Central ID:PMC8708442]. <https://doi.org/10.3390/nu13124322>.
  39. Giggins OM, Crowe L, Coughlan GF, Caulfield B. Neuromuscular electrical stimulation exercise: a potential alternative to conventional exercise in the management of type 2 diabetes. *British J Diabetes*. 2017;**17**(2). <https://doi.org/10.15277/bjd.2017.127>.
  40. Wahl P, Hein M, Achtzehn S, Bloch W, Mester J. Acute metabolic, hormonal and psychological responses to cycling with superimposed electromyostimulation. *Eur J Appl Physiol*. 2014;**114**(11):2331-9. [PubMed ID:25059760]. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2952-4>.
  41. Bellia A, Ruscello B, Bolognino R, Briotti G, Gabrielli PR, Silvestri A, et al. Whole-body Electromyostimulation plus Caloric Restriction in Metabolic Syndrome. *Int J Sports Med*. 2020;**41**(11):751-8. [PubMed ID:32485778]. <https://doi.org/10.1055/a-1171-2003>.
  42. Krause A, Centner C, Walther M, Memmert D, Walser N, Ritzmann R. No beneficial effect of aerobic whole-body electromyostimulation on lower limbs strength and power - a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2024;**16**(1):144. [PubMed ID:38956590]. [PubMed Central ID:PMC11218063]. <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00931-4>.
  43. Jee YS. The efficacy and safety of whole-body electromyostimulation in applying to human body: based from graded exercise test. *J Exerc Rehabil*. 2018;**14**(1):49-57. [PubMed ID:29511652]. [PubMed Central ID:P-

- MC5833968]. <https://doi.org/10.12965/jer.1836022.011>.
44. Ludwig O, Berger J, Becker S, Kemmler W, Frohlich M. The Impact of Whole-Body Electromyostimulation on Body Posture and Trunk Muscle Strength in Untrained Persons. *Front Physiol.* 2019;**10**:1020. [PubMed ID:31481895]. [PubMed Central ID:PMC6710354]. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01020>.
45. Qin Y, Chen H, Liu X, Wu J, Zhang Y. Effects of whole-body electromyostimulation training on upper limb muscles strength and body composition in moderate-ly trained males: A randomized controlled study. *Front Public Health.* 2022;**10**:982062. [PubMed ID:36159315]. [PubMed Central ID:PMC9501974]. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.982062>.
46. Silva PE, Babault N, Mazullo JB, de Oliveira TP, Lemos BL, Carvalho VO, et al. Safety and feasibility of a neuromuscular electrical stimulation chronaxie-based protocol in critical ill patients: A prospective observational study. *J Crit Care.* 2017;**37**:141-8. [PubMed ID:27732921]. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.09.012>.

## Research Article

## Effect of Whole-Body Electromyostimulation on miRNA146a, miRNA133a Gene Expression, Lipid Profiles, Muscle Strength and Body Composition of Men with Overweight/Obesity

Hadi Fakhari <sup>1</sup>, Vazgen Minasian <sup>1,\*</sup>, Silva Hovsepian <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

<sup>2</sup>Metabolic Liver Disease Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author: Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.  
Email: v.minasian@spr.ui.ac.ir

Received 23/02/2025; Accepted 03/05/2025

### Abstract

**Background:** The whole-body electromyostimulation (WB-EMS) represents an innovative strategy designed to enhance body composition and muscle strength while reducing the time commitment required for such improvements.

**Objective:** This study aimed to assess the effectiveness of high-frequency versus low frequency WB-EMS training on body composition, muscle strength, the expression of miRNA133a- miRNA146a, and the lipid profile of men with overweight/obesity.

**Methods:** Forty-five men were allocated into high-frequency WB-EMS (BMI = 34.4 kg.m<sup>2</sup>; 85 Hz, n = 15), low- frequency WB-EMS (BMI = 29.4 kg.m<sup>2</sup>; 25 Hz; n = 15), and control (BMI = 34.6 kg.m<sup>2</sup>; n = 15) groups. The intervention was carried out over an eight-week/ three sessions per week. The control group underwent no particular intervention and carried on with their daily activities. The RT-QPCR method was applied to measure the serum levels of miRNA133a, miRNA146a, body composition, lipid profile, fasting blood glucose, insulin levels, and muscle strength, were assessed before and after the intervention.

**Result:** The expression of miRNA146a exhibited a significant reduction in both training groups ( $P \leq 0.05$ ), whereas miRNA133a demonstrated an increase across all training groups ( $P \leq 0.05$ ). Notably, a significant reduction in body mass index was observed exclusively in the high-frequency group ( $P \leq 0.05$ ). Furthermore, the training groups experienced relative decreases in TG, TC, LDL-C levels in comparison to the control group ( $P \leq 0.05$ ). Insulin levels increased significantly in the training groups, while fasting blood glucose decreased solely in the high-frequency group ( $P \leq 0.05$ ). Additionally, hand grip strength, and knee extensor peak torque also increased significantly in the high-frequency group ( $P \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** It appears that WB-EMS training at higher frequencies may positively influence body composition and metabolic parameters in overweight men. This approach could be beneficial for certain individuals with severe obesity, provided that specific considerations are taken into account.

**Keywords:** EMS, Muscle Strength, Body Composition, Gene Expression, Lipids