مقاله پژوهشی

بررسی اثر تحریک الکتریکی - عضلانی کل بدن با و بدون تمرینات تعلیق بر عملکرد جسمانی در زنان چاق

طاهرافشارنژاد[1]*، فرحناز آیتی‌زاده[1]، سیده یاسمن سومندر[2]، محمدرضا صادقیان‌شاهی

۱-استادیار علوم ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲-کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شمال، آمل، ایران

* نویسنده مسئول: یزد، صفاییه، دانشگاه یزد، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، گروه علوم ورزشی

Email: afsharnezhad@yazd.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۴

چکیده

مقدمه و هدف: چاقی یک مشکل بهداشتی مهم در سبک زندگی مدرن است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات تعلیق و تحریک الکتریکی کل بدن بر عملکرد جسمانی و ترکیب بدن در زنان چاق بود.

مواد و روش‌ها: در یک طرح نیمه تجربی، ۳۶ نفر داوطلب زن چاق به‌طور تصادفی به سه گروه شامل تمرینات تعلیق (ST)، تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن (WB-EMS) و تمرینات تعلیق با تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن (ST-WBEMS) تقسیم شدند. آن‌ها هشت هفته تمرین مقاومتی تعلیق، تحریک الکتریکی کل بدن یا هر دو مداخله (۳ جلسه در هفته) را اجرا کردند. WB-EMS با پوشیدن جلیقه مخصوص تحریک الکتریکی انجام می‌شد. ترکیب‌بدن، قدرت بالاتنه و پایین‌تنه، تعادل پویا و چابکی قبل و بعد از مداخله، اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون t زوجی و ANCOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سطح معنی‌داری آماری ۰/۰۵ تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون t زوجی نشانگر بهبودی در قدرت بالاتنه و پایین‌تنه، تعادل و چابکی پس از تمام مداخلات است (P<۰/۰۵). همچنین برخلاف گروه‌های ST و ST+WB-EMS، توده‌عضلانی گروه WB-EMS پس از هشت هفته تغییر معنی‌داری نداشت. تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد که تغییرات چابکی، قدرت و توده عضلانی در گروه‌های ST و ST+WB-EMS به طور معنی‌داری بیش از WB-EMS بود (P<۰/۰۵). در نهایت بین سه گروه در تعادل پویا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: این یافته‌ها نشان می‌دهد که در زنان چاق، اثر تمرینات تعلیق و WB-EMS مشابه است. این تمرینات در ترکیب باهم می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر جهت بهبود عملکرد در زنان چاق مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تمرین تعلیق، تحریک الکتریکی، چاقی، عملکرد جسمانی

مقدمه

چاقی و اضافه‌وزن از مهم‌ترین معضلات بهداشتی و چالش‌های سلامتی هستند و هر دو به محدوده ویژه‌ای از تجمع بیش از حد چربی بدن اشاره دارند. میزان شیوع اضافه وزن/ چاقی در بین بزرگسالان ایرانی (هر دو جنس) ۵۹/۳ درصد (۵۹/۹-۵۸/۷) است (۱). چاقی و اضافه وزن با افزایش خطر مرگ و میر، بروز بیماری‌های قلبی- عروقی، فشار خون بالا، دیس لیپیدمی، دیابت شیرین، سرطان‌ها، استئوآرتریت، اختلالات سلامت روان و کاهش عملکرد جسمانی مرتبط هستند (۲). آمادگی جسمانی در افراد چاق با توجه به تغییرات بیومکانیکی و فیزیولوژیکی افت می‌کند (۱). چاقی با محدودیت‌های عملکردی در عملکرد عضلانی و افزایش احتمال ابتلا به ناتوانی‌های عملکردی مانند محدودیت‌های تحرک، قدرت، کنترل پاسچر و تعادل پویا مرتبط است (۳). توافق بر این است که افراد چاق، صرف نظر از سن، حداکثر قدرت عضلانی مطلق بیشتری در مقایسه با افراد غیر چاق دارند، که نشان می‌دهد

افزایش چربی به عنوان یک محرک مزمن اضافه بار روی عضلات ضد جاذبه (مانند عضلات چهارسر ران و ساق پا) عمل می‌کند، در نتیجه عضله را افزایش می‌دهد. با این حال، هنگامی که حداکثر قدرت عضلانی به توده بدن نرمال‌سازی شود، افراد چاق ضعیف‌تر به نظر می‌رسند. این ضعف نسبی ممکن است ناشی از کاهش تحرک، سازگاری عصبی و تغییر در مورفولوژی عضله باشد (٤). از سوی دیگر در مطالعات متاآنالیز اخیر، افت محسوس قدرت عضلانی، بدنبال استفاده از برخی روش‌های معمول کاهش وزن مانند رژیم غذایی مشاهده می‌شود. با این وجود اثر متقابل افت عملکرد جسمانی بر فرآیند چاقی/ اضافه وزن نیز چشمگیر است. این اثر می‌تواند ناشی از عامل مشترک ایجادکننده هر دو یعنی کاهش فعالیت بدنی باشد (٥). همچنین چاقی موجب افت عملکرد بخش‌هایی از مغز شده و کارکردهای اجرایی شناختی مانند حافظه کاری، بازداری و انعطاف‌پذیری شناختی (توانایی فکر کردن در مورد مفاهیم چندگانه به‌طور همزمان و سوئیچ کردن بین آن‌ها) را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر، افت عملکرد جسمانی در افراد چاق ارتباط مستقیمی با کاهش انعطاف‌پذیری شناختی و سایر کارکردهای اجرایی دارد (٦). مطالعات گذشته نشان می‌دهد افت عملکرد شناختی در افراد چاق با کاهش چابکی، سرعت و قدرت عضلانی ارتباط دارد. از این رو افزایش فعالیت بدنی (٧) و اجرای تمرینات ویژه جهت بهبود این عناصر آمادگی بدنی برای بهبود عملکرد شناختی (٨) در افراد دارای چاقی/ اضافه وزن پیشنهاد شده است. علاوه بر این، یافته‌های مطالعات اخیر حاکی از اثرگذاری چاقی/ اضافه وزن به عنوان یک فاکتور مستقل بر تعادل است (٩). علاوه براین چاقی می‌تواند بر سایر عوامل مؤثر بر تعادل مانند بی‌ثباتی پاسچر و کاهش عملکرد مکانیسم‌های کنترل تعادل مؤثر باشد و بر تعادل اثر منفی بگذارد. این موضوع بویژه در سالمندی یک عامل بالقوه خطرناک برای سقوط و احتمال آسیب‌دیدگی محسوب می‌شود (١٠).

فعالیت بدنی و تمرین جسمانی به عنوان مؤلفه‌های کلیدی مدیریت سبک زندگی برای افراد دارای اضافه وزن و چاق توصیه شده است (١١). تمرین، مؤثرترین راه برای افزایش مصرف انرژی است (١٢) و پیامدهای منفی مرتبط با اضافه وزن/چاقی را با تعدیل سطوح آدیپوکین کاهش می‌دهد (١٣). تمرین جسمانی با کاهش LDL-C و افزایش HDL-C پروفایل چربی را تغییر و چربی اضافی بدن را کاهش می‌دهد. همچنین، ورزش میزان میل به غذاهای پرچرب و نشانگرهای صفت پرخوری را کاهش می‌دهد (١٤). با این حال با توجه به تنوع تمرینات مورد استفاده در کاهش وزن، انتخاب بهترین مداخله، بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. شاخص‌های متعددی برای انتخاب مداخله تمرینی پیشنهاد شده است. کاهش چربی بیشتر، افزایش یا حفظ توده عضلانی، اثرگذاری بر شاخص‌های خطرزای قلبی- عروقی و سایر پیامدهای منفی چاقی و نهایتا تأثیر بر شاخص‌های آمادگی جسمانی می‌تواند در انتخاب نوع مداخله مؤثر باشد (٣).

تمرین مقاومتی یکی از مداخلات مؤثر در کاهش وزن است که برای بهبود ترکیب بدن، افزایش قدرت عضلانی و بهبود سطح سلامت بویژه سلامت متابولیک، توصیه شده است (٢٠) و اثرات مثبت بالقوه‌ای بر عملکرد و مورفولوژی عضلانی دارد (١٥). همچنین ظرفیت تولید نیرو و کیفیت عضلانی (نسبت نیرو به توده عضلانی) به دنبال تمرینات مقاومتی افزایش می‌یابد (١٦). پژوهش‌های پیشین عمدتا بر تمرینات هوازی برای کاهش و حفظ وزن تأکید کرده‌اند (٤)، اما مطالعات اخیر نشان داده است که تمرینات مقاومتی می‌تواند مستقلا در کاهش عوارض ناشی از چاقی و حفظ وزن پس از کاهش وزن مؤثر باشد و باعث کاهش درصد چربی بدن و چربی احشایی شود (١٧).

تمرینات تعلیق، نوع جدیدی از تمرین مقاومتی با استفاده از وزن بدن است که اخیراً به طور گسترده برای مقاصد توانبخشی، آمادگی نظامیان، کلینیک‌های سلامت و حتی توسط ورزشکاران حرفه‌ای به عنوان یک تمرین عملکردی مورد استفاده قرار می‌گیرد (١٨). تمرینات تعلیق به فرد این امکان را می‌دهد که تمرینات مقاومتی را در سه صفحه حرکتی با استفاده از یک باند انجام دهد و فرصت تنظیم شدت تمرین را با تغییر زوایای مفصلی در صفحه حرکتی ناپایدار فراهم کند (١٩). هرچند این نوع تمرینات تنها از مقاومت ایجادشده توسط وزن بدن در برابر گرانش برای ایجاد استرس لازم برای توسعه قدرت و سازگاری استفاده می‌کند، اما مطالعات نشان داده که می‌تواند موجب افزایش قدرت، هماهنگی عصبی- عضلانی، تعادل، انعطاف‌پذیری و ثبات تنه به طور همزمان شود (١٨). همچنین این تمرینات علاوه بر تقویت عضلات وضعیتی بدن و پاسچر، موجب بهبود ترکیب بدنی و کاهش چربی بدن نیز می‌شود (١٩).

از سوی دیگر اخیرا به استفاده از تحریک الکتریکی عضلات[1] جهت تمرین و تقویت عضلات توجه بیشتری شده است (۲۰). در گذشته تحریک الکتریکی برای بهبود عملکرد حسی- حرکتی مورد استفاده قرار می‌گرفت و روش‌ها و دستگاه‌های مربوطه عموما برای بازگرداندن عملکرد حرکتی پس از بیماری یا آسیب طراحی شده بودند (۲۱). این تکنیک تحریک عضلانی شامل ایجاد رسانایی الکتریکی توسط الکترودهای پوستی برای دپلاریزه کردن اعصاب حرکتی مجاور، ایجاد انقباض عضلانی و گاهی اوقات برای کمک به افراد مبتلا به آسیب عصبی یا ضعف عضلانی است. این امر باعث می‌شود عضلاتی که نمی‌توانند حرکت کنند، در وضعیت نسبتاً خوبی باقی بمانند و در این شرایط تحریک الکتریکی عضله تأثیری مشابه ورزش دارد (۲۲). تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن[2] یک فناوری تمرینی جدید است که اساساً با EMS کلاسیک غیرفعال و موضعی با اهداف عمدتاً درمانی متفاوت است. دستگاه‌های مدرن WB-EMS به طور متفاوت تمام گروه‌های عضلانی اصلی (یعنی تا مساحت ۲۸۰۰ سانتی متر مربع) را به طور همزمان با شدت اختصاصی در طی حرکات جزئی تحریک می‌کنند و بنابراین به طور فزاینده‌ای در بخش سلامت، زیبایی و تناسب اندام به کار می‌روند (۲۳). علاوه بر دامنه وسیع کاربرد این تکنیک، دلیل اصلی استفاده از WB-EMS، صرفه‌جویی در زمان و تأثیر مطلوب آن بر ترکیب بدن بیان شده است. در واقع، اثرات مطلوب WB-EMS بر ترکیب بدن و پارامترهای تناسب اندام در مطالعات اخیر گزارش شده است (۲٤). مطالعات نشان می‌دهد کاربرد WB-EMS موجب کاهش سریع و معنی‌دار چربی بدن بویژه در شکم به عنوان پیش‌بینی‌کننده بیماری‌های متابولیک و کرونری قلب می‌شود (۲۳). با این حال، به نظر می‌رسد استفاده از WB-EMS، به تنهایی نمی‌تواند اثرات مثبتی بر هماهنگی عصبی- عضلانی داشته باشد. از این رو، بر کاربرد WB-EMS در حین تمرین یا حداقل در هنگام حرکات نرمشی سبک تمرکز شده است (۲٤،۲۳). پروتکل‌های تمرین مقاومتی با حجم و شدت مناسب به خودی خود می‌تواند موجب تأثیرات مثبتی بر ترکیب بدن و شاخص‌های آمادگی جسمانی شوند، با این حال، اثرات افزوده WB-EMS هنگام تمرین مقاومتی چندان مشخص نیست. این رویکرد ترکیبی شاید بتواند بجز اثرات افزوده، زمان فراخوانی سازگاری‌های عصبی- عضلانی و ساختاری در عضله را کوتاه‌تر کرده و صرفه‌جویی در زمان ایجاد کند.

با توجه به موارد فوق، در افراد چاق که اغلب دچار کم‌تحرکی و بی‌انگیزگی برای انجام تمرین مناسب و منظم هستند، می‌توان از تحریک الکتریکی حین تمرین مقاومتی سبک مانند تمرینات تعلیق استفاده کرد که با ایجاد انقباض عضلانی باعث اثرات افزوده احتمالی شود و از ضعف عضلانی ناشی از کم‌تحرکی در عضلات بویژه عضلات وضعیتی بکاهد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات تعلیق با و بدون اعمال WB-EMS بر تعادل، چابکی، قدرت و توده عضلانی در زنان چاق انجام شد.

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع کاربردی با طرح تحقیق نیمه تجربی است. جامعه آماری شامل زنان چاق کلاس یک براساس طبقه‌بندی شاخص BMI بود. برای محاسبه حجم نمونه برای ANCOVA، تحلیل توان اولیه با استفاده از نرم‌افزار جی. پاور انجام شد. (G*Power ،۳،۱،۷؛ دانشگاه کیل، آلمان). میزان خطای α و میزان توان (β err prob-۱) به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۹ تنظیم شد. براساس مطالعات قبلی (۱۲-۱٤)، میزان اندازه اثر ۰/۷ در نظر گرفته شد. حجم نمونه بحرانی ۳۰ نفر محاسبه شد و برای اطمینان از حجم نمونه مناسب و احتمال افت آزمودنی، ۳٦ آزمودنی به صورت تصادفی از بین داوطلبان واجد شرایط انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل: ۱) زنان چاق کلاس یک براساس شاخص توده بدنی (۳۰ تا ۳٤/۹۹ کیلوگرم/ متر مربع)، نداشتن بیماری قلبی عروقی، ۳) عدم ابتلا به بیماری‌های مفصلی و استخوانی، ٤) عدم مصرف داروی خاص، ٥) عدم ابتلا به فشارخون، دیابت و هر بیماری که بر نتایج تأثیر بگذارد. معیارهای خروج نیز عبارتند از: ۱) نرفتن به ورزشگاه برای سه بار مداوم یا چهار بار جایگزین، ۲) بروز بیماری، مشکل جسمی یا آسیب در حین ورزش و ۳) تمرین همزمان در یک باشگاه دیگر. از آزمودنی‌ها خواسته شد در طول دوره تحقیق هیچ مکمل غذایی مصرف نکنند و به غیر از پروتکل موردنظر، تمرینات بدنی منظمی را انجام ندهند. افراد منتخب به روش تصادفی ساده گروه‌بندی شدند. گروه‌های تحقیقاتی عبارتند از: گروه ۱: گروه تمرینات تعلیق[3] (ST)، گروه ۲: گروه تحریک

1. Electrical Muscle Stimulation (EMS)
2. whole-body electromyostimulation (WB-EMS)
3. Suspension Training (ST)

الکتریکی عضلانی کل بدن (WB-EMS). گروه ۳: تمرینات تعلیق با تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن (ST-WBEMS). مشخصات توصیفی افراد به تفکیک گروه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های شرکت‌کنندگان به تفکیک گروه‌ها

ویژگی‌ها	گروه‌ها		
	تحریک الکتریکی	تمرینات تعلیق	تمرینات تعلیق با تحریک الکتریکی
سن (سال)	۳/٤٦±۲۹/۱۷	۶/٤±۳۲/۵۸	۶/۰۸±۳۱/۰۸
قد (سانتی متر)	۶/۱۱±۱۶۶/۹۲	۹/۶±۱۶۹/٤۲	۷/۷۱±۱۶۸/۱۷
وزن (کیلوگرم)	۸/۹۱±۹۶/۶۷	۹/۶۱±۹۶/۵۸	۹/۵۹±۹۳/۰
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/ متر مربع)	٤/۵±۳٤/۶	۳/۶±۳۳/۸	۳/۰±۳۳/۰۲
درصد چربی (٪)	۳/۶۸±۳۲/۹۹	۳/۶۱±۳۲/۹۲	٤/۱±۳٤/۸

محل اجرای تحقیق یکی از باشگاه‌های بدنسازی زنان در شهر ساری بود. تمامی آزمودنی‌ها قبل از شرکت در این پژوهش از خطرات و مزایای احتمالی مداخلات مطلع شدند و سپس فرم‌های رضایت‌نامه کتبی را امضا کردند. این طرح مورد تأیید کمیته‌های اخلاق پژوهشی دانشگاه یزد برای تحقیقات زیست‌پزشکی (IR.YAZD.REC.1401.013) قرار گرفت.

آزمون‌ها ٢٤ ساعت قبل از اجرای پروتکل و پس از ۸ هفته اجرای پروتکل در پس آزمون، ٤٨ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، در شرایط یکسان با پیش‌آزمون برای همه آزمودنی‌ها انجام شد. یک هفته قبل از شروع پروتکل، آزمودنی‌ها با نحوه صحیح انجام تکنیک‌ها، حرکات و تست‌ها آشنا شدند و سن، قد، وزن، BMI و ترکیب بدن اندازه‌گیری شد. ابزار اندازه‌گیری برای جمع‌آوری داده‌ها عبارت بودند از: ۱) فرم اطلاعات شخصی. ۲) پرسشنامه خاطرات غذایی (توصیه به آزمودنی‌ها برای خوردن غذاهای مشابه در شب قبل از اجرای آزمون). ۳) ترازوی سکا (Seca، آلمان، با دقت ۰٫۰۱ کیلوگرم)؛ ٤) قدسنج پزشکی سکا (Seca، آلمان، با دقت ۰٫۱ سانتی متر) ۵) کرنومتر جمیس (Jemis، ژاپن)؛ ٦) دستگاه سنجش ترکیب بدن ایبادی ۲۷۰ (InBody Co., Ltd، کره جنوبی).

ترکیب بدن: برای تعیین وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، توده چربی بدن[1] و توده عضلانی اسکلتی[2] از دستگاه سنجش ترکیب بدن بیوامپدانس الکتریکی (InBody 270)، استفاده شد. تمام تست‌ها توسط یک آزمونگر آموزش‌دیده طبق دستورالعمل سازنده (دفترچه راهنمای کاربری) انجام شد. تست‌ها صبح در حالت ناشتا (به مدت حداقل ۲ ساعت)، با حداقل لباس و بدون اجسام فلزی، آرام، با پای برهنه و در وضعیت ایستاده به مدت ۵ دقیقه انجام شد (۱۵).

اندازه‌گیری قدرت عضلانی: آزمون حداکثر یک تکرار بیشینه پرس پا (LP-1RM) و پرس سینه (BP-1RM) به ترتیب برای ارزیابی قدرت پایین‌تنه و بالاتنه و استفاده شد. تست‌ها بین ساعت ۱۰ صبح الی ۱۲ اجرا شد.

قدرت دینامیک عضلات اکستنسور ران و زانوی آزمودنی‌ها توسط آزمون یک تکرار بیشینه در حرکت پرس پا ارزیابی شد. برای گرم کردن، ابتدا شرکت‌کنندگان پنج دقیقه گرم کردن را روی دوچرخه ارگومتر انجام دادند و به دنبال آن، یک حرکت را با ۵۰ درصد بار پیش بینی شده توسط خود آزمودنی، برای گرم کردن و آشنایی با تکنیک اجرا انجام دادند. پس از دو دقیقه استراحت، شرکت‌کنندگان یک ست از حرکت پرس پا را با میزان بار پیش‌بینی شده همراه با حداکثر تکرار انجام دادند. سپس، از طریق فرمول (۱) میزان یک تکرار بیشینه تقریبی محاسبه شد که در آن W به عنوان وزنه و R به عنوان حداکثر تکرار اجراشده درنظر گرفته شد (۱٦).

$$1RM = w/\{1.02778 - (0.0278 \times R)\}$$ فرمول (۱)

قدرت دینامیک عضلات نزدیک‌کننده افقی بازو و بازکننده‌های آرنج آزمودنی‌ها توسط یک تکرار بیشینه در حرکت پرس سینه ارزیابی شد. برای گرم کردن، ابتدا شرکت‌کنندگان پنج دقیقه گرم کردن را با حرکات نرمشی انجام دادند و به دنبال آن، یک حرکت را با ۵۰ درصد بار پیش‌بینی شده توسط خود آزمودنی، برای گرم کردن و آشنایی با تکنیک اجرا انجام دادند. پس از دو دقیقه استراحت، شرکت‌کنندگان یک ست از حرکت پرس سینه را با میزان بار

1. Body Fat Mass (BFM)
2. Skeletal Muscle Mass (SMM)

پیش‌بینی شده همراه با حداکثر تکرار انجام دادند. سپس، ازطریق فرمول (۲) میزان یک تکرار بیشینه تقریبی محاسبه شد که در آن W به عنوان وزنه و R به عنوان حداکثر تکرار اجراشده درنظر گرفته شد (۱۶). فرمول (۲)

$$1RM = w(0.988 + 0.0104R + 0.0019R\text{^}2 - 0.0000584R\text{^}3)$$

کنترل تغذیه: برای کنترل تغذیه و محاسبه کالری رژیم غذایی آزمودنی‌ها از پرسشنامه یادآور غذایی (FDQ) استفاده شد. این پرسشنامه سه روز قبل از اجرای پروتکل تمرین (پیش‌آزمون) و سه روز پس از پایان پروتکل (پس‌آزمون) تکمیل شد. علاوه بر این، پرسشنامه هر هفته یک روز توسط آزمودنی تکمیل شد (۱۷).

اندازه‌گیری تعادل- آزمون ستاره[1]: در این آزمون، شبکه‌ای ستاره‌ای با هشت جهت که ۴۵ درجه از مرکز شبکه امتداد داشتند روی زمین رسم شد. آزمودنی‌ها در مرکز ستاره روی یک پا قرار گرفته و نقطه نهایی قابل دستیابی را در هشت جهت در امتداد هر یک از ۸ خط (قدامی، قدامی، قدامی، میانی، خلفی میانی، خلفی، خلفی جانبی، و جانبی) توسط پا لمس به آرامی داشته باشند و پاها را به سمت مرکز برگردانند، در حالی که حالت قرارگیری روی یک پا را حفظ می‌کردند. اگر پای راست غالب بود، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای چپ غالب بود، در جهت عکس انجام می‌شد. فاصله محل تماس پای آزاد تا مرکز ستاره، توسط متر اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. هر آزمودنی تست را در هر یک از جهت‌ها سه بار انجام می‌داد. سپس میانگین آن‌ها محاسبه و بر طول پا (سانتیمتر) تقسیم و در ۱۰۰ ضرب می شد تا فاصله دستیابی بصورت درصدی از اندازه طول پا نرمال شده و امتیاز نهایی به دست آید.

اندازه‌گیری چابکی: برای سنجش چابکی از آزمون دوی رفت و برگشت سرعت (۴×۹/۱۵ متر شاتل ران[2]) استفاده شد که یکی از آزمون‌های معتبر در این زمینه می‌باشد (۲۸). این آزمون براحتی قابل اجرا بوده و فضای کمی را نیز نیاز دارد. ورزشکاری در این آزمون موفق است که زمان کمتری را بدست بیاورد. شرکت‌کنندگان پشت خط شروع ایستادند و با علامت "رو" شروع به دویدن کردند. پس از رسیدن به انتهای مسیر، یکی از چوب‌ها (توپ‌ها) را برمی‌داشتند، به سوی خط شروع برگشته و پشت خط روی زمین قرار داده و همین عمل را برای بار دوم انجام دادند؛ ولی در برگشت نیازی نبود که چوب یا توپ دوم را روی زمین قرار دهند و با همان سرعت از خط عبور می‌کردند. به منظور ثبت بهترین زمان، به ورزشکاران اجازه داده شد تا این آزمون را ۲ یا ۳ نوبت انجام دهند و بهترین زمان حاصل ثبت گردید (۲۴). روایی این آزمون مورد تأیید است (۲۵) و پایایی آن نیز (با استفاده از کرونومتر) در پژوهش‌های گذشته مورد تأیید قرار گرفته است (۲۶).

پروتکل تمرین تعلیق: مداخله تمرینی شامل ۸ هفته (۳ جلسه در هفته با حداقل یک روز فاصله) اجرای پروتکل تمرین تعلیق در دو گروه آزمایشی بود. پروتکل تمرینی با ۱۰ دقیقه گرم کردن (حرکات کششی، پیاده روی و دویدن) قبل از برنامه اصلی شروع می‌شد و با ۵ دقیقه سرد کردن پس از اجرای برنامه در هر جلسه پایان می‌یافت. تمرینات مورد اجرا در پروتکل تمرین تعلیق شامل پنج حرکت پرس سینه، لانژ تک پا، زیر بغل قایقی، کرل پا و تمرین شکم با باندهای ورزشی تی آر ایکس بود (شکل ۱). این برنامه برای هر دو گروه ST و ST-WBEMS به طور مشابه انجام شد (شکل ۱). برای یکسان-سازی نحوه انجام تمرینات، شتاب تمرینات برای همه تکرارها با مترونوم یک ضربه در ثانیه استاندارد شده و تمرینات به گونه‌ای انجام شد که مفصل موردنظر در تمام دامنه حرکتی خود حرکت داشته باشد. علاوه بر این، یک مربی حرفه ای از نزدیک وضعیت بدن و هرگونه اجرای اشتباه حرکات را در طول تمرین زیر نظر داشت. پروتکل تمرین در ۳ یا ٤ ست انجام شد و تعداد تکرار در هر تمرین ۸ تا ۱۲ بار بود. همچنین زمان استراحت بین ست‌ها از ۲ دقیقه به ۱ دقیقه و استراحت بین حرکات از ۳ دقیقه به ۲ دقیقه در حین پیشرفت تمرین کاهش یافت (۲۳،۲۲).

پروتکل تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن (WB-EMS): گروه WBEMS و ST-WBEMS هشت هفته (۹۰ دقیقه/۳ روز در هفته) تمرین را با استفاده از دستگاه الکترومایواستیمولیشن کل بدن ای- فیت (E-Fit، مدل 1280US، مجارستان) انجام دادند (شکل ۲). دستگاه موردنظر از طریق سیم‌های مخصوص به یک جلیقه تحریک و کمربند آن متصل می‌شد. خروجی ۱۰ کاناله دستگاه این امکان را فراهم می‌کرد که توزیع الکترودها بطور منعطف‌تر و کامل‌تر در کل بدن باشد. دستگاه تمام نواحی عضلانی موردنظر را به طور همزمان با شدت جریان (٤۰ میلی آمپر) برای ٤ الکترود پوستی ۳×۸ سانتی‌متر تحریک می‌کرد. از

1. Star Excursion Balance Test (SEBT)
2. 30-Ft Agility Shuttle Run

هر آزمودنی خواسته شد که جلیقه مناسب خود را بپوشد بطوری که اطمینان حاصل شود که محل قرارگیری الکترودها تمام عضلات درگیر در تمرین را پوشش می‌دهد. آزمودنی‌ها بسته به هفته و شدت، تحریک الکتریکی را با فرکانس ۳۰ تا ۸۵ هرتز انجام دادند. هر تکانه تحریکی ٦ ثانیه به طول انجامید و یک دوره استراحت ٦ ثانیه ای به دنبال آن در نظر گرفته شده بود. در تمام جلسات، اقدامات احتیاطی ایمنی مانند احساس درد و تکنیک‌های انجام تمرینات توسط مربی کنترل می‌شد (۲۵، ٢٤). شدت برای هر گروه عضلانی با نسبت طبقه‌بندی مقیاس اصلاح‌شده بورگ (۱۰ امتیازی) کنترل می‌شد. شدت از ٦-۵ شروع شد و در نهایت به ۷-۸ رسید.

شکل (۱)، وضعیت شروع تمرینات تعلیق به همراه تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن

شکل (۲)، دستگاه الکترومایواستیمولیشن کل بدن E-Fit

روش‌های آماری: میانگین (انحراف معیار) متغیرها محاسبه شد. نرمال بودن متغیرها با آزمون شاپیروویلک مورد بررسی قرار گرفت و تمامی متغیرها در سه گروه دارای توزیع نرمال بودند. برای بررسی تفاوت‌های درون گروهی از آزمون تی همبسته استفاده شد. تفاوت‌های بین گروهی با استفاده از تحلیل کوواریانس (مقادیر پیش‌آزمون به‌عنوان عامل کوواریانس) مورد بررسی قرار گرفت. همگنی مفروضات رگرسیون قبل از تجزیه و تحلیل آزمایش و تأیید شد. آزمون تعقیبی بونفرونی برای هر تحلیل کوواریانس معنی‌دار انجام شد. اندازه اثر (ES) از طریق eta-squared محاسبه شد. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS نسخه ۲۵ (IBM، ایالات متحده) انجام شد.

یافته‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تمرینات تعلیق به تنهایی و همراه اعمال تحریک الکتریکی عضلانی کل بدن بر تعادل، چابکی، قدرت و توده عضلانی در زنان چاق انجام شد. داده‌های توصیفی متغیرهای تحقیق (میانگین ± انحراف معیار) و نتایج آزمون تی همبسته در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که توده عضلانی در گروه‌های تمرین تعلیق (۳/۱ درصد) و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی (۳/٦ درصد) بطور معنی‌داری افزایش یافت($P<0/05$)، اما در گروه تحریک الکتریکی تغییر معنی‌داری نداشت (۰/۳درصد کاهش). همچنین جدول ۲ نشان می‌دهد که هر سه مداخله بعد از هشت هفته قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه را بطور معنی‌داری

(P<۰/۰۰۱) افزایش دادند (۲۱/۹۳ درصد در قدرت پرس سینه و ۲۷/٤ درصد در قدرت پرس پا برای گروه تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی؛ ۱٦/۲ درصد در قدرت پرس سینه و ۲٤/٤ درصد در قدرت پرس پا برای تمرین تعلیق به تنهایی و ۹/۷ درصد در قدرت پرس سینه و ۹/۸ درصد در قدرت پرس پا برای گروه تحریک الکتریکی به تنهایی).

جدول ۲. مقایسه متغیرهای پژوهش در پیش و پس‌آزمون در سه گروه تحریک الکتریکی، تمرین تعلیق و تمرین تعلیق + تحریک الکتریکی

متغیرها	مرحله	گروه ها								
		WB-EMS			ST			ST-WBEMS		
		SD±M	T	P	SD±M	t	P	SD±M	t	P
قدرت عضلانی پایین‌تنه (کیلوگرم)	پیش آزمون	۵/۹۹±۵۲/٤۲	-۱٤/۱۲	*۰/۰۰۰۱	۵/٦۹±۵۲/۳۳	-۱٤/۳۵	*۰/۰۰۰۱	۵/۵۵±۵۱/٦۷	-۱۲/۰۱	*۰/۰۰۰۱
	پس آزمون	۵/۹۵±۵۷/۵۸			٤/۹٤±٦۵/۰۸			٦/۵٦±٦۵/۸۳		
قدرت عضلانی بالاتنه (کیلوگرم)	پیش آزمون	۳/۷۸±۳۳/٤۲	-۸/۷٤	*۰/۰۰۰۱	۳/۵±۳۳/۵	-٦/۵۳	*۰/۰۰۰۱	۳/٦۹±۳۳/۸۳	-۱۹/۵۹	*۰/۰۰۰۱
	پس آزمون	٤/۲۵±۳٦/٦۷			۳/٦۳±۳۸/۹۲			۳/۷۲±٤۱/۲۵		
توده عضلانی (کیلوگرم)	پیش آزمون	۳/۸±۲۷/۷	۱/٤۸	*۰/۱٦٦	٤/۹±۲٦/۲	-۲/٤٦	*۰/۰۳۲	٤/۲±۲۸/۰	-۳/۳۹	*۰/۰۰٦
	پس آزمون	۳/۵±۲۷/٦			٤/۱±۲۷/۰			۳/۸±۲۹/۰		
تعادل پای برتر (درصد)	پیش آزمون	٤/۸±۸۳/۲٤	-۳/۰۲	*۰/۰۱۲	۵/۸±۸۱/٤۸	-٤/۲۵	*۰/۰۰۱	۵/٤۳±۸۰/۷۸	-۷/۳٤	*۰/۰۰۰۱
	پس آزمون	٤/۵±۸۵/۷			٤/۳۲±۸۵/٦			٤/۷٦±۸۵/۵		
تعادل پای غیربرتر (درصد)	پیش آزمون	۵/۰۸±۸۰/۸	-٦/۷٤	*۰/۰۰۰۱	۵/۱۹±۸۰/۵٦	-۵/۸۱	*۰/۰۰۰۱	۵/۱۸±۸۱/۹	-۳/۱۷	*۰/۰۰۹
	پس آزمون	۵/۰۹±۸۳/۰٦			۵/۲۸±۸۲/۹۱			۵/٤۵±۸٤/۵۱		
چابکی (ثانیه)	پیش آزمون	۰/۹۳±۱٤/۲۳	۸/۸۸	*۰/۰۰۰۱	۱/۰۳±۱٤/۵	۹/۵۹	*۰/۰۰۰۱	۰/۷۳±۱٤/٤	۱۲/۱۳	*۰/۰۰۰۱
	پس آزمون	۱/۰۵±۱۳/۵۵			۰/۷۲±۱۲/٦۳			۰/۷۱±۱۲/٤۹		

* تفاوت معنی دار در سطح P<۰/۰۵

** درجه آزادی برابر با ۱۱

همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان تعادل پویای پای برتر در آزمون SEBT در گروه‌های تمرین تحریک الکتریکی (۳/۰ درصد)، تمرین تعلیق (۵/۱ درصد) و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی (۵/۸ درصد) بطور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). میانگین تعادل پویای پای غیربرتر نیز در گروه تمرین تحریک الکتریکی (۲/۷ درصد)، تمرین تعلیق (۲/۹ درصد) و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی (۳/۱ درصد) بطور معنی‌داری (P<۰/۰۰۱) افزایش پیدا کرد (جدول ۲). در نهایت یافته‌های جدول ۲ نشان می‌دهد میزان رکورد چابکی در آزمون شاتل ران در گروه‌های تمرین تحریک الکتریکی (٤/۷ درصد)، تمرین تعلیق (۱۲/۸ درصد) و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی (۱۳/۲٦ درصد) بطور معنی‌داری کاهش یافته است (P<۰/۰۰۱).

تجزیه و تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در مقادیر قدرت عضلات بالاتنه (P<۰/۰۰۱) و پایین‌تنه (P<۰/۰۰۱) بین سه گروه وجود دارد (جدول ۳). تجزیه و تحلیل بیشتر با آزمون تعقیبی بونفورنی نشان می‌دهد که تغییرات میزان قدرت بالاتنه گروه‌های تمرین تعلیق به تنهایی و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی به طور معنی‌داری بیش از گروه تحریک الکتریکی به تنهایی بود (به ترتیب MD=۲/۱۷٤، P<۰/۰۵ و MD=٤/۲۰۲، P<۰/۰۰۰۹). همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان می‌دهد که تغییرات قدرت پایین‌تنه نیز در گروه‌های تمرین تعلیق به تنهایی و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تحریک الکتریکی به تنهایی بود (به ترتیب MD=۷/۵۷۳، P<۰/۰۰۰۹ و MD=۸/۹۰۹، P<۰/۰۰۰۹). اما بین این دو گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در مورد توده عضلانی نیز تجزیه و تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در توده عضلانی (P<۰/۰۰۱) بین سه گروه وجود دارد (جدول ۳). نتایج آزمون تعقیبی بونفورنی نیز نشان می‌دهد که تغییرات توده عضلانی گروه‌های تمرین تعلیق به تنهایی و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تحریک الکتریکی به تنهایی بود (به ترتیب MD=۰/۷۹۷، P<۰/۰۵ و MD=۱/۲۸٤، P<۰/۰۰۰۹). اما بین این دو گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(P>۰/۰۵).

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس متغیرهای پژوهش بین سه گروه (پیش‌آزمون به عنوان متغیر کوواریانس در نظرگرفته شده است)

متغیرها	مقدار F	درجه آزادی	P	مجذور اتا
قدرت بالاتنه	۱۳/۵۳	۲	*۰/۰۰۰۱	۰/٤٥٨
قدرت پایین‌تنه	۳۰/۵۶	۲	*۰/۰۰۰۱	۰/۶۵۶
توده عضلانی	۹/۹۶	۲	*۰/۰۰۰۱	۰/۳۸٤
تعادل پای برتر	۰/۶۲	۲	۰/۵٤٤	۰/۰۳۷
تعادل پای غیربرتر	۰/۱٤	۲	۰/۸۷۰	۰/۰۰۹
چابکی	۲۲/۱۸	۲	*۰/۰۰۰۱	۰/۵۸۱

* تفاوت معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵

نتایج تحلیل کوواریانس در مورد متغیر تعادل در پای برتر و غیربرتر نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها در تغییرات تعادل چه در پای برتر و چه غیربرتر وجود ندارد (P>۰/۰۵). در نهایت در مورد چابکی تجزیه و تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در تغییرات رکورد چابکی (P<۰/۰۰۱) بین سه گروه وجود دارد (جدول ۳). نتایج آزمون تعقیبی بونفورنی نیز نشان می‌دهد که تغییرات چابکی گروه‌های تمرین تعلیق به تنهایی و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تحریک الکتریکی به تنهایی بود (به ترتیب MD=۱/۱۲۲، P<۰/۰۰۰۹ و MD=۱/۱۹۱، P<۰/۰۰۰۹). اما بین این دو گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

بحث

این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تأثیر تمرینات تعلیق با و بدون تحریک الکتریکی عضلانی بر تعادل، چابکی، قدرت و توده عضلانی زنان چاق انجام شد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که توده عضلانی در هر سه گروه پژوهش بطور معنی‌داری افزایش یافت و گروه ترکیب تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی بیشترین اثرگذاری را در افزایش توده عضلانی داشت. همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه نیز پس از هشت هفته مداخلات تمرینی در هر سه گروه افزایش یافته است. گروه تحریک الکتریکی به تنهایی کمترین و گروه تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی بیشترین افزایش قدرت را در رکورد پرس سینه و پرس پا تجربه کردند. باتوجه به این تغییرات می‌توان گفت هم تمرین با تحریک الکتریکی و هم تمرینات تعلیق می‌توانند در افزایش توده و قدرت عضلانی مؤثر باشند و ترکیب این دو نوع تمرین احتمالا می‌تواند مزایای بیشتری در افزایش عملکرد و توده عضلانی ایجاد کند.

هرچند مطالعه مشابهی به بررسی اثر ترکیب این دو نوع تمرین نپرداخته است، اما پژوهش‌های گذشته اغلب به نتایج مشابهی در مورد تأثیر تمرینات تعلیق و تحریک الکتریکی به تنهایی دست یافته‌اند. تمرینات تعلیق با هدف تحریک عضلات مرکزی از طریق شبیه‌سازی یک محیط تمرینی ناپایدار پیشنهاد شده‌اند که در آن تمرینات چندسطحی و چندمفصلی با استفاده از وزن بدن و گرانش به عنوان بار انجام می‌شود (۲٦). این نوع تمرینات پیکربندی ساده‌ای دارد، فضای کمی را اشغال می‌کند و می‌تواند با نیازهای تمرین‌کنندگان تنظیم شود و امکان انجام تمرینات متنوعی را فراهم کند. مطالعاتی که اثرات تمرینات تعلیق را بررسی کرده‌اند، اذعان کرده‌اند که این نوع تمرین ممکن است به دلیل فعال‌سازی بیشتر عضلات مرکزی در مقایسه با تمرین مقاومتی در محیط پایدار، بهبودی قابل‌توجهی در بهبود عملکرد ایجاد کند (۲۷) و همچنین در طولانی مدت افزایش بیشتری را در قدرت و قدرت عضلات مرکزی موجب شود (۲۸). مشابه تحقیق حاضر سولیگون و همکاران (۲۰۲۰) و آنگلری و همکاران (۲۰۲۰) افزایش معنی‌داری را در توده عضلانی به دنبال تمرینات تعلیق گزارش کردند که نشان می‌دهد این تمرینات مانند تمرینات مقاومتی متداول، پتانسیل افزایش توده عضلانی را بویژه در افراد تمرین نکرده دارد (۳۰،۲۹). افزایش قدرت عضلانی می‌تواند ناشی از افزایش توده عضلانی و بهبود سازگاری‌های عصبی- عضلانی باشد. پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که تمرین مقاومتی با متغیرهای تمرینی مختلف یا دستکاری حالت‌ها از جمله تمرینات تعلیق، می‌تواند افزایش مشابهی در سازگاری عصبی- عضلانی ایجاد کند (۲٦). در پژوهش حاضر هرچند سازگاری عصبی- عضلانی مورد بررسی قرار نگرفته است اما با توجه به افزایش قدرت عضلانی فراتر از تغییر توده عضلانی می‌توان حدس زد که بهبود سازگاری عصبی- عضلانی نیز متعاقب تمرینات تعلیق رخ داده است.

از سوی دیگر پـژوهش‌هـای زیـادی پیرامـون تأثیرگـذاری تحریک الکتریکی عضلانی در تغییرات قدرت و توده عضلانی انجام شده است (۳۱-۳٤). ویرتز و همکاران (۲۰۱٦) تأثیر یک مداخله تمرین اسکوات با و بدون تحریک الکتریکی عضـلانی را بر قـدرت و تـوان، سـرعت و عملکـرد پـرش ورزشـکاران بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهـد کـه تمـرین مقـاومتی همراه EMS بطـور معنـی‌داری منجـر بـه افـزایش بیشـتری در قدرت کرل پا در ورزشکاران شده است که حاکی از اثرگذاری این مداخله بر عضلات آنتاگونیست حین تمرین اسکوات است (۳۱).

در واقع هر دو مداخله، بهبودی در قدرت و توان عضلات پا، و همچنـین سـرعت و مقـدار پـرش را بـدون تفـاوت بـین مداخله‌ها نشـان دادنـد. مداخلـه تمـرین مقـاومتی بـا تحریـک الکتریکـی عضـلانی افـزایش بیشـتری در قـدرت عضـلات همسـترینگ بـه همـراه داشـت کـه بـه نظـر مـی‌رسـد می‌تواند نشانه بهبودی بیشتر قدرت عضـلات آنتاگونیسـت بـه دنبال این مداخله ترکیبی باشد (۳۱). راجا حسـین و همکـاران (۲۰۲۱) نشان دادند هشت هفته تمرینـات WB-EMS موجـب بهبود قدرت پرس سـینه و اسـکوات در بازیکنـان سـافتبال زن دانشگاهی می‌شود. با این حال، ایـن افـزایش کمتـر از تمـرین مقاومتی معمول بود. آن‌ها این افزایش قـدرت عضـلانی را بـه بهبود سازگاری عصبی نسبت دادند، زیرا تنها تغییـرات جزئـی در سطح مقطع عضله (CSA) در طول سه تا هشـت هفتـه اول تحریک الکتریکی گزارش شـد. در مطالعـه پـارک و همکـاران افزایش در سطح مقطع عضله راسـت شـکمی بـه دنبـال WB-EMS گزارش شده است (۳۲).

احتمالا با تحریک عصب محیطی از طریق پوست، تحریک الکتریکی مستقیم عضله رخ مـی‌دهـد کـه ایـن دپولاریزاسـیون مستقیماً توسـط نـورون‌هـای حرکتـی دپـولاریزه یـا بـه طـور غیرمستقیم توسط آوران‌های حسی القا می‌شود. ایـن تحریـک، واحدهای حرکتی را متفـاوت از انقبـاض فیزیولـوژیکی ارادی فراخوانی می‌کند، بطـوری کـه تحریـک الکتریکـی واحـدهای حرکتی را در جهت معکوس درایو ناشی از فرمان‌های ارادی به کار می‌گیرد، که در تضاد با "اصل اندازه" هنمن است. براساس این اصل، واحدهای حرکتی آهسته مرتبط با آکسون‌های نورون حرکتی با قطر کوچک قبل از واحدهای حرکتی سریع مرتبط با آکسون‌های با قطر بزرگتر فعال می‌شوند. سطح الکترود، محـل، نوع و همچنین عضله تحریک‌شده، همگی بر رسانایی و مقـدار جریان و نهایتا الگوی فراخوانی تأثیر می‌گذارد.. علاوه براین در پژوهش حاضـر مداخلـه ترکیبـی تمـرین مقـاومتی و EMS در افزایش قدرت اندکی مؤثرتر بود که به نظر می‌رسد بـا مداخلـه ترکیبی، برخلاف EMS بـه تنهـایی کـه سـطح مقطـع تارهـای عضلانی نوع I را بیشتر افزایش می‌دهد (۳۳). افزایش ایزوفـرم IIa زنجیره‌های سنگین میوزین رخ دهد که منجـر بـه افـزایش حداکثر قدرت بیشتری می‌شود. همچنین در مطالعه حاضر هـر دو گروه تجربی یک برنامه تمرینی دریافت کردند که براسـاس اصل اضافه بار پیش‌رونده عمل می‌کرد. این اصل اساس تمرین قدرتی است که با متغیرهای مختلف مانند شدت، حجم، زمـان استراحت و فرکانس به دست می‌آید. مطالعه حاضـر همچنـین نشان داد که WB-EMS تمرینات ایمن و بدون اثر مخـرب بـر عملکرد افراد چاق تأثیر دارد. تحقیقـات گذشـته مزایـای WB-EMS را بر روی پارامترهای بیوشیمیایی مـرتبط بـا چـاقی نیـز گزارش کردند. در افراد میانسال تمرین نکرده، گلوکز بـه طـور قابل توجهی با WB-EMS کاهش یافـت (۳٤). همچنـین WB-EMS منجر به افزایش قابل توجه آدیپونکتین می‌شود کـه یـک نشانگر ضد التهابی است که باعث کـاهش میوسـتاتین و لپتـین می‌شود (۳۲). این مداخله ممکـن اسـت اثـرات مثبـت برنامـه تمرین مقاومتی را تقویت کند، به خوبی تحمـل شـود و باعـث بهبود عملکرد در بیماران مبتلا به چاقی شـود. اگرچـه مطالعـه فعلی بهبود در قدرت را نشان داد، اما تحقیقات بیشتری به ویژه در سطح سلولی، برای روشن شدن مکانیسم‌های احتمالی تـأثیر این نوع تمرینات مورد نیاز است. چنین مطالعاتی می‌توانـد بـه توجیه تغییراتی که در بدن انسان پس از تمرین WB-EMS رخ می‌دهد کمک کند (۳۳).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که تعادل پویای پای برتر و غیربرتر در هر سـه گـروه تمـرین تحریـک الکتریکـی، تمرین تعلیق و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی بطـور معنی‌داری افزایش یافت. این یافته‌ها با مطالعه پارک و همکاران (۲۰۲۱) و کنراد و همکاران (۲۰۲۰) همخـوانی دارد (۳۳, ۳٤). آن‌ها بهبود تعـادل را بـه دنبـال تمرینـات WB-EMS گـزارش کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که EMS ممکـن اسـت بـر عملکرد عضلانی سمت غیر غالـب تـأثیر بگـذارد. WB-EMS اندام غالب و غیرغالب را به طور همزمان فعال می‌کند. به دنبال آن عضلات مرکزی نیز به صورت دوطرفه فعال مـی‌شـوند کـه

این ممکن است بر تعادل تأثیر مثبت بگذارد. در مطالعه آن‌ها عضلات مرکزی (عضله راست شکمی و عضله پشتی بزرگ) مورد مطالعه قرار گرفتند که نتایج حاکی از تقویت این عضلات به دنبال WB-EMS بود. از این رو، این تکنیک به عنوان یک تحریک مؤثر در تقویت عضلات مرکزی می‌تواند بکار گرفته شود. بسیاری از مطالعات گزارش کرده‌اند که تقویت عضلات مرکزی می‌تواند قدرت عضلانی و تعادل تنه را بهبود بخشد (۳۲). کنراد و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه خود بهبودی سریع‌تر و بیشتری را به دنبال WB-EMS در مقایسه با درمان استاندارد چندگانه در ثبات پاسچر، درد، آزمون‌های عملکردی و ناتوانی در بیماران مبتلا به کمردرد گزارش کردند. از نظر بالینی کاهش معنی‌دار میزان ناتوانی و درد است به همراه بهبود نمرات تست‌های اسکلتی- عضلانی به عنوان متغیرهای پیامد ثانویه، مانند تست بلند شدن تنه، تست بلند شدن با صندلی و تست بالا رفتن از پله، ممکن است نشان‌دهنده بهبود قدرت و عملکرد عضلانی در اندام تحتانی و تنه باشد (۳٤). پژوهش سویدر و همکاران (۲۰۲۲) بهبود تعادل به دنبال کاهش وزن را در زنان چاق نشان داده است. در مطالعه آن‌ها در نتیجه برنامه کاهش وزن ۳ ماهه، بهبود تحرک و کنترل وضعیت بدن پس از کاهش توده بدن رخ داد. با این حال، این اثر تنها در شرایط بینایی عادی و نه با چشمان بسته مشاهده شد (۳۵). در تحقیق حاضر مشخص نیست بهبود تعادل بدلیل کاهش توده بدن در بیماران چاق رخ داده یا مکانیسم‌های عصبی- عضلانی منجر به این بهبودی شده‌اند. احتمال دارد بهبودی بیشتر تعادل در گروه تمرین تعلیق به همراه WB-EMS حاصل ترکیبی از هر دو مکانیسم باشد. بهبود تعادل می‌تواند تحرک و ثبات عملکردی زنان چاق را بهبود داده، از آن‌ها در برابر سقوط‌های غیرمنتظره محافظت کند و فعالیت‌های روزانه آن‌ها را بهبود بخشد.

یافته‌های این پژوهش همچنین نشان داد که رکورد چابکی در گروه‌های تمرین تحریک الکتریکی (٤/۷ درصد)، تمرین تعلیق (۱۲/۸ درصد) و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی (۱۳/۲٦ درصد) بطور معنی‌داری کاهش یافته است. تغییرات چابکی گروه‌های تمرین تعلیق و تمرین تعلیق به همراه تحریک الکتریکی به طور معنی‌داری بیش از گروه تحریک الکتریکی به تنهایی بود. چابکی فاکتور بسیار مهمی در آمادگی جسمانی محسوب می‌شود. پژوهش‌های پیشین نشان داده که ارتباط معکوسی بین اضافه وزن و چاقی با چابکی وجود دارد که احتمالا بدلیل افزایش بار و کاهش سرعت حرکت متعاقب آن است (۳٦). کاهش چابکی ظاهرا مشکل ویژه‌ای برای افراد چاق غیرورزشکار محسوب نمی‌شود. اما با بررسی پیشینه پژوهش ارتباط چابکی با آمادگی ذهنی و کاکردهای اجرایی در افراد چاق می‌تواند نگران‌کننده باشد. این ارتباط ممکن است مستقل از ارتباط آمادگی ذهنی و میزان فعالیت بدنی باشد و بدلیل فعالسازی شبکه عصبی باشد که نواحی حرکتی و ذهنی مغز را به یکدیگر متصل می‌کند. بنابراین بهبود چاقی و سرعت مستقل از فعالیت بدنی می‌تواند موجب بهبود عملکرد ذهنی در افراد چاق شود (۱۰). هر چند که در پژوهش حاضر این موضوع مورد بررسی قرار نگرفته است. پژوهش‌های گذشته تأثیر تمرینات تعلیق بر چابکی را در ورزشکاران مورد مطالعه قرار داده‌اند. برخی اثرات مثبتی را گزارش کرده‌اند (۳۷) و برخی دیگر تأثیر معنی‌داری را مشاهده نکردند (۳۸). دمیرارار و همکاران (۲۰۲۱) علت عدم تأثیرگذاری تمرینات تعلیق بر چابکی در پژوهش خود را به نوع آزمون چابکی (آزمون ۵-۱۰-۵) نسبت داده‌اند که دارای شتاب جانبی بیشتری است. آن‌ها کم بودن شدت این نوع تمرینات در ورزشکاران را دیگر دلیل عدم اثرگذاری تمرینات تعلیق بر چابکی دانسته‌اند. در تحقیق حاضر احتمالا شدت تمرین در تمرینات تعلیق برای زنان چاق به اندازه کافی بوده تا محرک کافی جهت بهبود چابکی را فراهم کند. همچنین یافته‌های پژوهش‌های گذشته پیرامون تأثیرگذاری WB-EMS بر چابکی با مطالعه حاضر همسو است. رودریگز و همکاران (۲۰۲۰) و فیلیپوویچ و همکاران (۲۰۱٦) در مطالعات خود اثر مثبت WB-EMS به تنهایی و به همراه تمرین مقاومتی بر چابکی را به ترتیب در زنان یائسه و بازیکنان فوتبال گزارش کرده‌اند (٤۰،۳۹). آن‌ها اذعان کردند که این تکنیک تمرینی امکان تمرین همزمان در زنجیره‌های حرکتی کامل با حرکات عمومی در حین تحریک الکتریکی کل بدن را فراهم می‌کند (٤۱).

محدودیت اصلی این مطالعه همان شدت تمرین بود که بدون در نظر گرفتن مهارت‌های حرکتی شرکت‌کنندگان انجام شد. شدت ورزش باید با توجه به سن، سلامت و شرایط ورزشی فرد طراحی شود. با این حال، شدت هر دو گروه تمرین تعلیق برای برآورده کردن تمام شرایط به جز WB-EMS مطابقت داشت. دیگر محدودیت پژوهش حاضر، وجود

پروتکل‌های متفاوت EMS است. پروتکل‌های مختلفی برای EMS در تحقیقات مرتبط مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از این پروتکل‌ها با یکدیگر متفاوت هستند. دشوار است که بگوییم بهترین پروتکل EMS برای تأثیر بر فاکتورهای موردمطالعه کدام است. بنابراین، تحقیقات آینده باید بر روی پروتکل‌های مختلف EMS و ترکیب آن‌ها با تمرین متمرکز شود. از سوی دیگر هرچند از پرسشنامه یادآور غذایی (FDQ) سه روز قبل از اجرای پروتکل و سه روز پس از پایان آن توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد، اما شرکت‌کنندگان به مدت هشت هفته بدون کنترل دقیق رژیم غذایی تمرین کردند. از این رو، مطالعات دقیق‌تری با کنترل رژیم غذایی، مورد نیاز است. در نهایت به دلیل تفاوت‌های قابل‌توجه در سازمان‌دهی برنامه‌های مداخله، امکان تصادفی‌سازی و کورکردن مطالعه غیرممکن بود.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر با تمرین مقاومتی تعلیق به مدت هشت هفته، قدرت و توده عضلانی و عملکرد تعادلی و چابکی بهبود یافت. در حالی که با تمرین WB-EMS، نیز بطور مشابه بهبودی در این متغیرها بجز توده عضلانی ایجاد شده است. اگرچه در این مطالعه نمی‌توان بطور دقیق نتیجه‌گیری کرد، اما به نظر می‌رسد استفاده از WB-EMS به همراه تمرینات تعلیق می‌تواند به عنوان یک تکنیک مؤثر و ابزاری کارآمد و قابل اجرا برای زنان چاق در نظر گرفته شود. با این حال، برای روشن شدن تأثیر WB-EMS برای سنین، جنسیت و شرایط سلامتی مختلف، مطالعات بیشتری مورد نیاز است.

منابع

1. Djalalinia S, Saeedi Moghaddam S, Sheidaei A, Rezaei N, Naghibi Iravani SS, Modirian M, et al. Patterns of Obesity and Overweight in the Iranian Population: Findings of STEPs 2016. *Front. Endocrinol.* 2020;11.
2. Zhao X, He Q, Zeng Y, Cheng L .Effectiveness of combined exercise in people with type 2 diabetes and concurrent overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2021;11(10):e046252.
3. Cieślińska-Świder J, Błaszczyk JW, Opala-Berdzik A. The effect of body mass reduction on functional stability in young obese women. *Sci. Rep.* 2022;12(1):8876.
4. Strasser B. Physical activity in obesity and metabolic syndrome. *Ann N Y Acad Sci.*. 2013;1281(1):141-59.
5. Mora-Gonzalez J, Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Migueles JH, Molina-Garcia P, Rodriguez-Ayllon M, et al. Physical Fitness, Physical Activity, and the Executive Function in Children with Overweight and Obesity. *J. Pediatr.* 2019;208:50-6.
6. Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Contreras-Rodriguez O, Verdejo-Roman J, Mora-Gonzalez J, Migueles JH, et al. A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *NeuroImage.* 2017;159:346-54.
7. Dutil M, Handrigan GA, Corbeil P, Cantin V, Simoneau M, Teasdale N, et al. The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *Age (Dordr).* 2013;35(3):883-90.
8. Garcia PA, Queiroz LLd, Caetano MBD, Silva KHCVe, Hamu TCDdS. Obesity is associated with postural balance on unstable surfaces but not with fear of falling in older adults. *Braz J Phys Ther.* 2021;25(3):311-8.
9. Zouhal H, Lemoine-Morel S, Mathieu ME, Casazza GA, Jabbour G. Catecholamines and obesity: effects of exercise and training. *Sports Med.* 2013;43(7):591-600.
10. Saeidi A, Haghighi MM, Kolahdouzi S, Daraei A, Abderrahmane AB, Essop MF, et al. The effects of physical activity on adipokines in individuals with overweight/obesity across the lifespan: A narrative review .*Obes Rev.* 2021;22(1):e13090.
11. Bello AI, Owusu-Boakye E, Adegoke BO, Adjei DN. Effects of aerobic exercise on selected physiological parameters and quality of life in patients with type 2 diabetes mellitus. *Int J Gen Med.* 2011;4:723-7.
12. Afsharnezhad T, Ramezani E. Local Muscle Cooling (LMC) as A New Blood Flow Restriction Technique: The Effect of 8-Weeks Resistance Training with LMC on Knee Extensor Muscle Thickness, Strength and Activation. *Sport Physiol.* 2018;10(39):165-84.
13. Afsharnezhad T, Nourshahi M, Parvardeh S. Effect of resistance training on functional and histopathological changes in muscle after chronic strain Injury in elderly rat. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2016;26(140):33-44.* [In Persian]
14. Afsharnezhad T, Amani A. The effects of resistance training on muscle strength, hypertrophy and myogenin protein level of gastrocnemius in elderly rats. *J Practical Studies Biosci Sport.* 2019;7(14):31-44. [In Persian]
15. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(2):459-71.
16. Mayhew JL, Johnson BD, LaMonte MJ, Lauber D, Kemmler W. Accuracy of prediction equations for determining one repetition maximum bench press in women before and after resistance training. *J Strength Cond Res.* 2008; 1;22(5):1570-7.
17. Fayazmilani R, Abbasi A, Hovanloo F, Rostami S. The effect of TRX and bodyweight training on physical fitness and body composition in prepubescent soccer athletes. *Sport Sci Health.* 2022; 18: 1369–77.

18. Banerjee P, Caulfield B, Crowe L, Clark A. Prolonged electrical muscle stimulation exercise improves strength and aerobic capacity in healthy sedentary adults. *J Appl Physiol*. 2005; 99.6: 2307-11.
19. Sun B, Baidillah MR, Darma PN, Shirai T, Narita K, Takei M. Evaluation of the effectiveness of electrical muscle stimulation on human calf muscles via frequency difference electrical impedance tomography. *Physiol Meas.* 2021;42(3).
20. Faghri, PD.; Glaser, RM.; Figoni, SF. Functional electrical stimulation leg cycle ergometer exercise: training effects on cardiorespiratory responses of spinal cord injured subjects at rest and during submaximal exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, 73.11: 1085-1093.
21. Kemmler W, Stengel SV, Schwarz J, Mayhew JL. Effect of Whole-Body Electromyostimulation on Energy Expenditure During Exercise. *J Strength Cond Res.* 2012;26(1):240-5.
22. Kemmler W, Schliffka R, Mayhew JL, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the Training and ElectroStimulation Trial. *J Strength Cond Res. 2010;24(7):1880-7.*
23. Afsharnezhad T, Sefatian A, Burbur A. The relationship among flexibility, aerobic fitness, leg extension power and agility with lower extremity injuries in footballers. *Int J Sports Sci Eng.* 2011;5(2):105-11.
24. Pfeiffer KA, True L, Martin E, Siegel SR, Branta CF, Haubenstricker J, et al. Methods of the Michigan State University Motor Performance Study. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2021;25(1):15-21.
25. Vicente-Rodríguez G, Rey-López JP, Ruíz JR, Jiménez-Pavón D, Bergman P, Ciarapica D, et al. Interrater reliability and time measurement validity of speed–agility field tests in adolescents. *J Strength Cond Res.* 2011;25(7):2059-63.
26. Angleri V, Soligon SD, da Silva DG, Bergamasco JGA, Libardi CA. Suspension Training: A New Approach to Improve Muscle Strength, Mass, and Functional Performances in Older Adults. *Front Physiol.* 2020;10:1576.
27. Jiménez-García JD, Martínez-Amat A, De la Torre-Cruz MJ, Fábrega-Cuadros R, Cruz-Díaz D, Aibar-Almazán A, et al. Suspension Training HIIT Improves Gait Speed, Strength and Quality of Life in Older Adults. *Int J Sports Med.* 2019;40(02):116-24.
28. Ma X, Sun W, Lu A, Ma P, Jiang C. The improvement of suspension training for trunk muscle power in Sanda athletes. *J Exerc Sci Fit. 2017;15(2):81-8.*
29. Soligon SD, da Silva DG, Bergamasco JGA, Angleri V, Júnior RAM, Dias NF, et al. Suspension training vs. traditional resistance training: effects on muscle mass, strength and functional performance in older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2020;120(10):2223-32.
30. André LD, Basso-Vanelli RP, Ricci PA, Di Thommazo-Luporini L, de Oliveira CR, Haddad GF, et al. Whole-body electrical stimulation as a strategy to improve functional capacity and preserver lean mass after bariatric surgery: a randomized triple-blind controlled trial. *Int J Obes (Lond).* 2021;45(7):1476-87.
31. Wirtz N, Zinner C, Doermann U, Kleinoeder H, Mester J. Effects of Loaded Squat Exercise with and without Application of Superimposed EMS on Physical Performance. *J Sports Sci Med. 2016;15(1):26-33.*
32. Raja Hussain RNJ, Shari M. Effects of Resistance Training and Whole-Body Electromyostimulation on Muscular Strength in Female Collegiate Softball Players. *Pertanika J Soc Sci Humanit.* 2021;29(3).
33. 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.*
34. Konrad KL, Baeyens J-P, Birkenmaier C, Ranker AH, Widmann J, Leukert J, et al. The effects of whole-body electromyostimulation (WB-EMS) in comparison to a multimodal treatment concept in patients with non-specific chronic back pain—A prospective clinical intervention study. *Plos One.* 2020;15(8):e0236780.
35. Cieślińska-Świder J, Błaszczyk JW, Opala-Berdzik A. The effect of body mass reduction on functional stability in young obese women. *Sci Rep.* 2022;12(1):8876.
36. 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.
37. Thakur JS. Association of obesity with agility and speed of university level kabaddi players. *Int J phys educ sports health.* 2016;3(2):254-6.
38. Christensen B, Thielen S, Hackney K, Moen J. The effects of suspended weight resistance training on agility in collegiate athletes. *Conference of the International Society of Biomechanics in Sports: ISBS Proceedings Archive.* 2018. 36(1): 80. p.14.
39. Demirarar O, Özçaldiran B, Cin M, Çoban C. The Effects of Functional Resistance TRX Suspension Trainings in the Development Group Basketball Players on Dynamic Balance Vertical Jump and Agility. *Turk Klin J Sports Sci.* 2021;13(1):75-84.
40. Pano-Rodriguez A, Beltran-Garrido JV, Hernandez-Gonzalez V, Reverter-Masia J. Effects of Whole-Body Electromyostimulation on Physical Fitness in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial. *Sensors (Basel).* 2020;20:1485: (4).
41. Filipovic A, Grau M, Kleinöder H, Zimmer P, Hollmann W, Bloch W. Effects of a whole-body electrostimulation program on strength, sprinting, jumping, and kicking capacity in elite soccer players. *J Sports Sci Med.* 2016;15(4):63.

Effect of whole-body electromyostimulation with and without suspension training on physical performance of obese women

Taher Afsharnezhad[1*], Farahnaz AyatizadehTafti[1], Seyyedeh Yasamin Soumander[2], Mohammad reza Sadeghian Shahi[1]

1. Assistant Professor of Sport Sciences, Department of Sport Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.
2. M.Sc in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shomal University, Amol, Iran.

Received: 2023/04/07 **Accepted:** 2023/07/05

∗Correspondence:
Email:
afsharnezhad@yazd.ac.ir

Abstract

Introduction and purpose: Introduction and Purpose: Obesity is an important health problem in the modern lifestyle. The purpose of this study was to investigate the effects of suspension training (ST) and whole body electrical stimulation (WB-EMS) on physical performance and body composition in female obese patients.

Materials and Methods: In a semi-experimental research design, thirty-six obese female volunteers randomly were divided into three groups (WB-EMS, ST, and ST+WB-EMS). They completed eight weeks of suspension resistance training, WB-EMS, or both programs (3 sessions/week). WB-EMS was performed by wearing a full-body suit that provided electrical stimulation. Body composition, upper and lower body strength, active balance, and agility were measured before and after the interventions. Data were analyzed using paired t-test and ANCOVA, and the statistical significance level was set at P≤0.05.

Results: The results of paired t-test show an improvement in upper and lower body strength, balance and agility after all interventions (P<0.05). In addition, the muscle mass of the WB-EMS group did not change significantly after eight weeks, in contrast to the ST and ST+WB-EMS groups. Analysis of covariance shows that the changes in agility, strength, and muscle mass were significantly greater in the ST and ST+WB-EMS groups than in the WB-EMS group (P<0.05). Finally, there was no significant difference between the three groups in dynamic balance (P<0.05).

Discussion and Conclusion: These results indicate that in obese women, the effects of WB-EMS were similar to suspension training. Suspension training combined with EMS can be considered as an effective modality for improving physical performance in obese women.

Key words: Suspension training, Electrical stimulation, Obesity, Physical performance.