Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of electrical muscle movement and incremental exercise activity on selected cardio-respiratory factors in overweight men

Minoo Bassami[*1], Anahita Etsam[2], Bakhtyar Tartibian [3], Amir Hossein Mohkami[4]

1. Associate Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
2. MS.c in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
3. Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
4.
5. Ph.D. Student in Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Abstract

Background and Aim: overweight and obese individuals typically exhibit abnormal cardiorespiratory function, leading to a reduction in residual functional capacity, which improves after weight loss. Electrical muscle stimulation (EMS) has been explored as a potential method to address obesity-related issues. This study aimed to investigate the effects of incremental exercise and EMS on cardiorespiratory factors in overweight and obese men. **Materials and Methods:** In this study, 10 overweight and obese men (age 29.1 ± 6.08 years, body mass 28.49 ± 1.98 weight per square meter) voluntarily participated. In the first session, they performed an incremental exercise test until reaching a respiratory exchange ratio equal to one, followed by continuation to exhaustion to determine maximal oxygen consumption (VO_2max).In the second session, the same test was conducted with the addition of EMS at a frequency of 35-75 Hz. The third session involved EMS alone. Cardiorespiratory factors were assessed before, during, and during 20 minutes of recovery. Statistical analysis of the data was performed using repeated measures ANOVA at a significance level of $p<0.05$.**Result:** The results indicated a significant difference in variables such as energy expenditure, pulmonary ventilation, VE/VCO2 ratio, oxygen consumption, and heart rate between the EMS session and the two incremental exercise sessions with and without EMS ($p<0.05$). However, no significant difference was observed between the incremental exercise session and the incremental exercise with EMS session for these variables ($p>0.05$). Additionally, no significant differences in blood pressure during the recovery period were observed between the sessions ($p>0.05$).**Conclusion:** Incremental exercise has a greater impact on cardiorespiratory factors than EMS and results in faster recovery to a resting state during the recovery period.

Keywords: Electrical stimulation, Energy consumption, Pulmonary ventilation, VE/VCO2, Oxygen consumption

[*] **Corresponding Author, Address: Tehran, Allameh Tabataba'i University, Faculty of Physical Education and Sport Sciences; Email: bassami@atu.ac.ir**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

تاثیر تحریک الکتریکی و فعالیت ورزشی فزاینده بر عوامل منتخب قلبی-تنفسی مردان دارای اضافه وزن و چاق

مینو باسامی[1]، آناهیتا اعتصام[2]، بختیار ترتیبیان[3]، امیر حسین محکمی[4]

۱. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه عامه طباطبائی، تهران، ایران.

۳. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه عامه طباطبائی، تهران، ایران.

۴.دانشجوی دکتری گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

چکیده

زمینه و هدف: افراد دارای اضافه وزن و چاق معمولا عملکرد قلبی- تنفسی غیرطبیعی دارند که به کاهش ظرفیت باقیمانده عملکردی منجر می شود، اما این وضعیت پس از کاهش وزن بهبود می‌یابد. تحریک الکتریکی عضلانی (EMS) به عنوان روشی برای کمک به مشکلات مرتبط با چاقی مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه به بررسی تاثیر فعالیت ورزشی فزاینده و EMS بر فاکتورهای قلبی-تنفسی در مردان دارای اضافه وزن و چاق پرداخته است. **روش تحقیق:** در این مطالعه، ۱۰ مرد دارای اضافه‌وزن و چاق (میانگین سن ۶/۰۸ ± ۲۹/۱ سال، شاخص توده بدنی ۱/۹۸ ± ۲۸/۴۹ کیلوگرم بر متر مربع) به صورت داوطلبانه شرکت نمودند. آزمودنی ها سه جلسه به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در جلسه اول، آزمون فزاینده را تا رسیدن به نسبت تبادل تنفسی معادل یک و سپس تا واماندگی برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) مراجعه کردند. در جلسه دوم، همین آزمون با اضافه شدن EMS با فرکانس ۷۵-۳۵ هرتزانجام شد. جلسه سوم، شامل تنها EMS بود. فاکتورهای قلبی-تنفسی قبل، حین و طی ۲۰ دقیقه ریکاوری مورد بررسی قرار گرفتند. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و در سطح معنی داری ۰/۰۵ >p انجام شد. **یافته ها:** نتایج نشان داد که بین جلسه EMS با دو جلسه فعالیت ورزشی فزاینده و فعالیت ورزشی همراه با EMS تفاوت معنی داری در متغیرهای انرژی مصرفی، تهویه ریوی، نسبت VE/VCO_2، اکسیژن مصرفی و ضربان قلب وجود داشت (p< ۰/۰۵). اما بین جلسه فعالیت ورزشی فزآینده و فعالیت ورزشی همراه با EMS، تفاوت معنا داری مشاهده نشد (p >۰/۰۵). همچنین، تفاوتی در فشار خون دوره ریکاوری بین جلسات مشاهده نشد (p >۰/۰۵). **نتیجه‌گیری:** فعالیت ورزشی فزاینده بر فاکتورهای قلبی-تنفسی تاثیر بیشتری نسبت به EMS دارد و در دوره ریکاوری سریع‌تر به حالت استراحتی باز می‌گردد.

واژه های کلیدی: تحریک الکتریکی، انرژی مصرفی، تهویه ریوی، VE/VCO_2 ، اکسیژن مصرفی

[1] **نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی؛**

ایمیل: bassami@atu.ac.ir

مقدمه

شیوع جهانی چاقی در دهه های اخیر تقریباً دو برابر شده است و به یک نگرانی قابل توجه برای سلامت عمومی تبدیل شده است. در سال ۲۰۱۶ بیش از ۱/۹ میلیارد نفر ۱۸ سال و بالاتر (۳۹ درصد مردان و ۴۰ درصد زنان) اضافه وزن داشتند (کلیمنز[۱] و دیگران, ۲۰۱۶). بیش از ۶۵۰ میلیون نفر از آنها چاق بودند. بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۶، شیوع چاقی تقریباً سه برابر شد (جیامپائولی و وانوشی,[۲] ۲۰۱۶). چاقی به عنوان یک عامل خطر قابل اصلاح برای بیماری های قلبی عروقی و مرگ و میر کلی شناخته می شود (گیوه[۳] و دیگران، ۲۰۰۹). همچنین به طور مستقیم با بیماری های مختلف از جمله اختلالات ریوی، اسکلتی و عصبی مرتبط است (اسمیت[۴] و دیگران، ۲۰۱۶).

فعالیت ورزشی منظم به عنوان یکی از موثرترین راهکارها برای پیشگیری و درمان چاقی و همچنین افزایش سلامت جسمی و روانی برجسته است. روش‌های مختلف فعالیت ورزشی (اعم از استقامتی، مقاومتی یا تناوبی با شدت بالا) می‌تواند آمادگی جسمانی و عوامل خطر مختلف قلبی متابولیک را بهبود بخشد (عباسی[۵] و دیگران، ۲۰۲۲؛ اویرقی[۶] و دیگران، ۲۰۲۲؛ رودریگز-سانتانا[۷] و دیگران، ۲۰۲۱). برای بسیاری از بیماران چاق، شروع فعالیت ورزشی می تواند به دلیل مشکلات تنفسی، متابولیک، قلبی عروقی، عضلانی یا مفصلی که بر ظرفیت هوازی و تحمل تلاش تأثیر می گذارد، چالش برانگیز باشد (رلژیک[۸] و دیگران، ۲۰۲۱؛ ویلرت[۹] و دیگران، ۲۰۱۹). افزایش امکانات تکنولوژیکی که رفتارهای کم تحرک را ترویج می کند همراه با محدودیت های شخصی مانند کمبود زمان، برنامه های فعالیت ورزشی را بیشتر مختل می نماید (ووسنر[۱۰] و دیگران، ۲۰۲۱).

تحریک الکتریکی عضلانی[۱۱] (EMS) یک جایگزین بالقوه برای این موانع ارائه می دهد (ویلرت و دیگران، ۲۰۱۹). EMS به ویژه برای افرادی که زمان محدودی دارند و تمایل کمتری به انجام فعالیت ورزشی دارند، یک ابزار صرفه جو در زمان و بسیار مناسب است (کملر[۱۲] و دیگران، ۲۰۱۸؛ تسچر[۱۳] و دیگران، ۲۰۲۱). EMS انقباضات همزمان در گروه های عضلانی اصلی را در طی فعالیت ورزشی تسهیل می کند (رلژیک و دیگران، ۲۰۲۱). مطالعات اخیر اثرات مثبت آن را بر پارامترهای آمادگی جسمانی نظیر عملکرد پرش عمودی و حداکثر مصرف اکسیژن (VO_2max) در افراد تمرین کرده و تمرین نکرده را نشان داده اند (آمارو گته[۱۴] ۲۰۱۸). همچنین اخیرا نشان داده شده که EMS می تواند به اندازه تمرینات مقاومتی با شدت بالا در تقویت هایپرتروفی عضلانی، قدرت و کاهش چربی در ورزشکاران موثر باشد (آمارو گته، ۲۰۱۹). بر اساس تحقیقات انجام شده، EMS قدرت و توان را در افراد جوان سالم بهبود می بخشد (ویلرت و دیگران، ۲۰۱۹؛ کملر و دیگران، ۲۰۱۶). قابل ذکر است که اکثر این مطالعات شامل افراد سالم، اعم از کم تحرک یا ورزشکار بوده اند (رلژیک و دیگران، ۲۰۲۱؛ ویلرت و دیگران، ۲۰۱۹؛ آمارو گته، ۲۰۱۹؛ کملر و دیگران، ۲۰۱۶). در حالی که داده‌های محدودی در مورد اثربخشی EMS در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق وجود دارد، مطالعات موجود نشان

---

[1] Clemens
[2] Giampaoli and Vannucchi
[3] Guh
[4] Smith
[5] Abassi
[6] Ouerghi
[7] Rodrigues-Santana
[8] Reljic
[9] Willert
[10] Woessner
[11] Electrical muscle stimulation
[12] Kemmler
[13] Teschler
[14] Amaro-Gahete

می‌دهند که این روش می‌تواند مزایایی در ترکیب بدن، قدرت و برخی شاخص‌های متابولیک خاص (مانند افزایش سطح کلسترول HDL) به‌ویژه در بزرگسالان چاق با خطر قلبی-متابولیک متوسط تا بالا داشته باشد (ویلرت و دیگران، ۲۰۱۹؛ کملر و دیگران، ۲۰۱۶؛ کملر و دیگران، ۲۰۱۳؛ ویتمن[1] و دیگران، ۲۰۱۶؛ رلژیک و دیگران، ۲۰۲۲). شواهد موجود نشان می دهد که EMS می تواند یک ابزار ارزشمند در نبرد با چاقی و نگرانی های مربوط به سلامتی باشد (ویلرت و دیگران، ۲۰۱۹؛ کملر و دیگران، ۲۰۱۶؛ کملر و دیگران، ۲۰۱۳؛ ویتمن و دیگران، ۲۰۱۶؛ رلژیک و دیگران، ۲۰۲۲؛ پارک[2] و دیگران، ۲۰۲۱).

طبق دانش ما، تاکنون تاثیر تحریک الکتریکی عضلانی و فعالیت ورزشی فزاینده بر فاکتور های منتخب قلبی-تنفسی در مردان دارای اضافه وزن مورد بررسی قرار نگرفته است. از طرف دیگر شواهد به‌وضوح نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی با شدت بالا به‌طور قابل‌توجهی متغیرهای ترکیب بدن را بهبود می‌بخشد و VO_2max را در دو جمعیت سالم و بیمار افزایش می‌دهد (خماسی[3] و دیگران، ۲۰۱۸). فعالیت ورزشی با شدت بالا مزایای برتری در تناسب قلب و تنفس در مقایسه با ورزش مداوم با شدت متوسط ارائه می‌دهند (جلیمن[4] و دیگران، ۲۰۱۵). همچنین نشان داده شده است که فعالیت ورزشی فزاینده نسبت به یک ورزش با شدت متوسط با شدت ثابت در بیماران قلبی باعث کاهش تنگی نفس می‌شود (برنهاردت[5] ۲۰۱۶). انجام فعالیت ورزشی در دامنه fat_{max} (شدتی از فعلیت ورزشی که در آن سرعت اکسیداسیون چربی در طول فعالیت هوازی به حداکثر می رسد) میتواند برای پیشگیری از بیماریهای قلبی- عروقی، دیابت، کاهش وزن و افزایش چربی سوزی بسیار مفید باشد (یوکاندروپ[6] و دیگران،۲۰۰۱). بنابراین مطالعه حاضر به دنبال ارزیابی تأثیر EMS و فعالیت ورزشی فزاینده بر شاخص های قلبی-عروقی منتخب در مردان دارای اضافه وزن است.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1] Wittmann
[2] Park
[3] Khammassi
[4] Jelleyman
[5] Bernhardt
[6] Jeukendrup

روش تحقیق

جامعه مورد نظر این تحقیق مردان دارای اضافه وزن و چاق بودند که از بین آنها ۱۰ نفر با میانگین سن ۶/۰۸ ± ۲۹/۱ سال، توده بدنی ۱/۹۸ ± ۲۸/۴۹ کیلوگرم بر متر مربع، میانگین قدی ۵/۳ ± ۱۷۸/۳ و میانگین وزنی ۸/۲ ± ۹۰/۷۱ انتخاب شدند. آزمودنی های این تحقیق، با درج آگهی و انتشار اطلاعات کلی تحقیق در فراخوان به صورت کتبی و توضیحات مراحل اجرا و اهداف تحقیق به صورت حضوری توضیح داده شد و در صورت رضایت کامل، فرم رضایت نامه شرکت در آزمون و پرسشنامه یاد آمد غذایی را تکمیل و امضا کردند، و بعد از ارزیابی های اولیه وارد تحقیق شدند. معیار های ورود به تحقیق، دارای سلامت عمومی کامل آزمودنی ها و با دامنه سنی ۲۰ تا ۴۰، دارای شاخص توده بدنی[1](BMI) بین ۲۵ تا ۳۰، کاملا بی تحرک باشند و در فعالیت ورزشی منظمی شرکت نداشته باشند. معیار های خروج از تحقیق شامل عدم شرکت منظم در مراحل تحقیق، سیگاری بودن و داشتن سابقه ی بیماری های مزمن قلبی عروقی- تنفسی، دیابت، فشار خون و استفاده از دارو و مکمل ها در طی اجرای تحقیق بود. در طول مراحل تحقیق شرکت کنندگان اجازه شرکت در هیچ برنامه ورزشی نداشتند. در ادامه به آزمودنی‌ها یاد آوری شد که هر زمان در حین اجرای آزمون فرد اعلام کند که قادر به ادامه آزمون نیست و یا صدمه جدی به او وارد شود آزمون بلافاصله متوقف خواهد شد. برای تعیین تعداد آزمودنی‌ها از نرم افزارG Power با توان آماری ۸۰ درصد، اندازه اثر ۰/۵ و α = ۵٪ استفاده شد و بر این اساس ۱۰ نفر در تحقیق حاضر شرکت نمودند. لازم به ذکر است که برای انجام پژوهش کد اخلاق (IR.ATU.REC.1399.08) از کمیته اخلاق در زیست – پزشکی دریافت گردید.

یک هفته پیش از اجرای پژوهش همه آزمودنی ها برای دریافت اطلاعات پژوهش و آشناسازی با روش تمرین و ای‌ام‌اس به آزمایشگاه مراجعه نمودند. پس از آشناسازی آزمودنی‌های پژوهش در سه جلسه دیگر به آزمایشگاه مراجعه کردند. پیش از آغاز پژوهش اصلی در یک مطالعه آزمایشی[2]بر روی دو آزمودنی انجام گردید و قابلیت اجرایی آن تائید گردید.

آزمودنی‌ها در سه جلسه به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در یک جلسه آزمون فزاینده را تا RER معادل یک انجام دادند و سپس برای تعیین توان هوازی (VO_2max) آزمون را تا واماندگی انجام دادند. در جلسه دوم «فعالیت ورزشی فزاینده+EMS» ، همان آزمون جلسه اول را تکرار کردند، با این تفاوت که در حین آزمون ورزشی تحریک الکتریکی عضلانی داشتند. در جلسه سوم «EMS»، بدون فعالیت ورزشی فزاینده در حالت نشسته زمان برابر با دو جلسه قبل فقط تحریک الکتریکی عضلانی داشتند. در قبل، حین و طی ۲۰ دقیقه ریکاوری گازهای تنفسی برای اندازه‌گیری فاکتورهای قلبی-تنفسی جمع‌آوری شدند. همه آزمودنی‌ها سه پروتکل تحقیق را به شکل متقاطع (Crossover) و با فاصله یک هفته اجرا نمودند و ترتیب اجرای آن‌ها تصادفی بود. فاصله اجرای هر پروتکل تا پروتکل بعدی هفت روز بود تا تاثیر جلسات ورزشی خنثی شوند.

پروتکل فعالیت ورزشی فزآینده: آزمودنی‌ها در یک جلسه آزمون فزاینده را تا نسبت تبادل تنفسی (RER) معادل یک انجام دادند و سپس برای تعیین توان هوازی (VO_2max) آزمون را تا واماندگی ادامه دادند. مراحل آزمون به این صورت بود که آزمودنی‌ها پس از پنج دقیقه گرم کردن، فعالیت را با شدت ۵۰ وات روی چرخ‌کارسنج شروع کردند و هر سه دقیقه، ۲۵ وات بر میزان بارکار اضافه شد تا جایی که RER آن‌ها برابر با یک شد و در ادامه تا رسیدن به خستگی ارادی، هر دو دقیقه ۲۵ وات بر میزان بارکار افزوده شد. هدف از بخش آخر، اندازه‌گیری و تعیین VO_2max بود (ماندر[3]و دیگران، ۲۰۱۸ و آخن[4]و دیگران، ۲۰۰۳). به منظور اطمینان از حصول VO_2max، معیارهای به فلات رسیدن VO_2 ،عدم افزایش ضربان قلب با افزایش شدت فعالیت و RER بالاتر از ۱/۱

[1] Body mass index

[2] Pilot study

[3] Maunder

[4] Achten

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

مد نظر بود. (چنویر[1]و دیگران، ۲۰۰۹). در طی فعالیت ورزشی و ریکاوری، حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن، انرژی مصرفی، کل انرژی مصرفی، تهویه ورزشی، نسبت تهویه ورزشی به میزان دی‌اکسیدکربن بازدمی، نسبت تهویه به خون‌رسانی به بافت، ضربان قلب، میزان اکسیژن مصرفی بافت‌ها به‌شیوهٔ نفس به نفس با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر (مدل زان ۶۰۰، شرکت اِن اسپایر هلث4 ، کشور آلمان) اندازه گیری فشارخون در حالت استراحت، قبل از شروع پروتکل فعالیت، بعد از پایان پروتکل اصلی، ۱۰ دقیقه بعد از اتمام پروتکل و ۲۰ دقیقه بعد از پایان پروتکل اندازه گیری شد.

پروتکل تحریک الکتریکی عضلانی (EMS) از دستگاه ititan (ساخت ایران شرکت سلامت اندیشان)9 کاناله برای تحریک الکتریکی عضلانی بر روی ۹ عضله استفاده شد. تایتان برای تقویت عضلات، کاهش توده چربی و ریکاوری پس از فعالیت طراحی شده است. عضلات بدن با یکدیگر متفاوت هستند و هرکدام باید با فرکانس خاصی تحریک شوند، بنابراین دستگاه ماهیچه ها را به ۹ گروه تقسیم کرده و با ۹ کانال مجزا ماهیچه ها را تحریک و فعال میکند که نتیجه بسیار متفاوتی بر روی بدن دارد. روش دوقطبی - EMS به‌صورت شش ثانیه پالس و چهار ثانیه استراحت با تمرکز بر ۹ گروه بزرگ عضلانی اجرا شد (فیلیپوویک[2]و دیگران، ۲۰۱۱ و وولف گان[3]و دیگران، ۲۰۱۲). الکترودهای دستگاه زیر لباس مخصوص EMS - قرار داده شد. در تمام جلسات آزمودنی‌ها یک گرم کردن و سرد کردن استاندارد و پویا که شامل تمرینات حرکتی عمومی بود را داشتند (فیلیپوویک و دیگران، ۲۰۱۱ و وولف گان و دیگران، ۲۰۱۲). پروتکل اجرایی EMS در جدول یک ارائه شده است.

نسخه پیش از انتشار، ویرایش نشده

[1] Cheneviere

[2] Filipovic

[3] Wolfgang

جدول۱. پروتکل تحریک الکتریکی عضلانی

	A	B
فرکانس	۱۵ تا ۲۰ هرتز	۷۵ تا ۳۵ هرتز
شدت	۱۰۰ میلی‌آمپر	۸۰ میلی‌آمپر
ضربه	۲۰۰-۴۰۰ میکروثانیه (ناحیه ران = ۴۰۰ میکروثانیه ناحیه سرینی = ۳۵۰ میکروثانیه ناحیه شکمی = ۳۰۰ میکروثانیه ناحیه پشتی (ذوزنقه‌ای) = ۲۵۰ میکروثانیه ناحیه گردنی = ۲۰۰ میکروثانیه منطقه قفسه سینه = ۲۰۰ میکروثانیه و منطقه بازو = ۲۰۰ میکروثانیه)	

روش تجزیه و تحلیل آماری:

جهت تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از نرم‌افزار پریزم[۱]نسخه ۹ و برای بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای مقایسه‌ی داده‌های جلسات از آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. سطح معنی‌داری در آزمون $p< ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته ها

مقادیر (میانگین ± انحراف استاندارد) متغیرهای اندازه گیری شده در پاسخ به سه جلسه فعالیت فزاینده، فعالیت ورزشی فزاینده+EMS و جلسه ی EMS بدون فعالیت، در جدول دو و برای دو پارامتر فشار خون و ضربان قلب در جدول سه آورده شده است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی نشان داد که فعالیت ورزشی فزاینده و تحریک الکتریکی عضلانی بر انرژی مصرفی (EE[۲])، تهویه ریوی (VE)، نسبت VE/VCO_2 و اکسیژن مصرفی (VO_2)، ضربان قلب و فشار خون در مردان دارای اضافه وزن تأثیر ندارد. با بررسی سه جلسه آزمون مشاهده شد که فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS در مقایسه با فعالیت ورزشی فزاینده تاثیر معنی داری بر EE نداشت ($p= ۰/۹۹$)، اما هر دو جلسات فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS و فعالیت ورزشی فزاینده ، در مقایسه با

[۱] GraphPad Prism

[۲] Energy Expenditure

جلسه EMS ، باعث افزایش معناداریEE شدند (p= ۰/۰۰۰۱) (شکل یک). داده های VE در سه جلسه آزمون، فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS در مقایسه با فعالیت ورزشی فزاینده در زمان پروتکل (p= ۰/۴۸) و ریکاوری (p=۰/۲۰) تفاوت معنی دار نبود. اما داده های VE در دو جلسات فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS و فعالیت ورزشی فزاینده، در مقایسه با جلسه EMS ، در زمان پروتکل افزایش معنا دار (p= ۰/۰۰۰۱) و ریکاوری (p= ۰/۰۰۰۱) کاهش معنی دار نسبت به زمان پروتکل داشت (شکل دو).

علاوه بر این در فاکتور VE/VCO_2 در فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS در مقایسه با فعالیت ورزشی فزاینده در زمان پروتکل (۰/۲۰ =p) و ریکاوری (p=۰/۷۶) تفاوت معنی دار نبود. اما هر دو جلسات فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS و فعالیت ورزشی فزاینده ، در مقایسه با جلسه EMS ، باعث افزایش معنادار VE/VCO_2 در زمان پروتکل فعالیت ورزشی فزاینده (p= ۰/۰۴) و ریکاوری (۰/۰۰۰۲ =p) شد (شکل ۳). داده های VO_2 در سه جلسه آزمون، فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS در مقایسه با فعالیت ورزشی فزاینده در زمان پروتکل (p= ۰/۸۷) و ریکاوری (p=۰/۶۵) تفاوت معنا دار نبود. اما داده های VO_2 در دو جلسات فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS و فعالیت ورزشی فزاینده، در مقایسه با جلسه EMS ، در زمان پروتکل افزایش معنی دار (p= ۰/۰۰۰۱) و ریکاوری (۰/۰۰۰۱ =p) کاهش معنی داری نسبت به زمان پروتکل داشت (شکل ۴).

نتایج سه جلسه آزمون نشان داد که ضربان قلب در فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS در مقایسه با فعالیت ورزشی فزاینده، در زمان بلافاصله پس ازپروتکل (p= ۰/۳۸)، در دقیقه ۱۰ ریکاوری (p=۰/۶۷) و در دقیقه ۲۰ ریکاوری (p=۰/۷۶) تفاوت معنی دار نداشت. اما مقایسه فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS با EMS به تنهایی نشان داد که ضربان قلب در زمان بلافاصله پس از پروتکل (۰/۰۰۰۲ =P)، در دقیقه ۱۰ ریکاوری (p= ۰/۰۰۰۸) و در دقیقه ۲۰ ریکاوری (p= ۰/۰۰۰۱) به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین، مقایسه فعالیت ورزشی فزاینده با EMS نشان داد که فعالیت ورزشی فزاینده منجر به افزایش معنی دار ضربان قلب در زمان بلاقاصله پس از پروتکل (p= ۰/۰۰۰۱)، در دقیقه ۱۰ ریکاوری (p= ۰/۰۰۰۵) و در دقیقه ۲۰ ریکاوری (p= ۰/۰۰۰۸) شد (شکل پنج). علاوه بر این فشار خون در فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS در مقایسه با فعالیت ورزشی فزاینده، در زمان بلافاصله پس از پروتکل (p= ۰/۹۵)، در دقیقه ۱۰ ریکاوری (p=۰/۸۶) و در دقیقه ۲۰ ریکاوری (p=۰/۸۳) تفاوت معنی دار نداشت. اما در مقایسه فعالیت ورزشی فزاینده + EMS با EMS ، فشار خون در زمان بلافاصله پس از پروتکل (p= ۰/۰۰۰۱) به طور معنی داری افزایش یافت، در حالی که در دقیقه ۱۰ ریکاوری (p= ۰/۵۷) و دقیقه ۲۰ ریکاوری (p= ۰/۹۹) تفاوت معنی دار مشاهده نشد. همچنین، مقایسه فعالیت ورزشی فزاینده با EMS نشان داد که فعالیت ورزشی فزاینده موجب افزایش معنی دار فشار خون در زمان بلافاصله پس از پروتکل (p= ۰/۰۰۰۱) شد، اما در دقیقه ۱۰ ریکاوری (p= ۰/۸۳) و دقیقه ۲۰ ریکاوری (p= ۰/۸۵) تفاوت معنی دار مشاهده نشد (شکل شش).

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

جدول ۲. مقادیر (میانگین±انحراف استاندارد) متغیرهای اندازه‌گیری شده در پاسخ به ۳ جلسه فعالیت

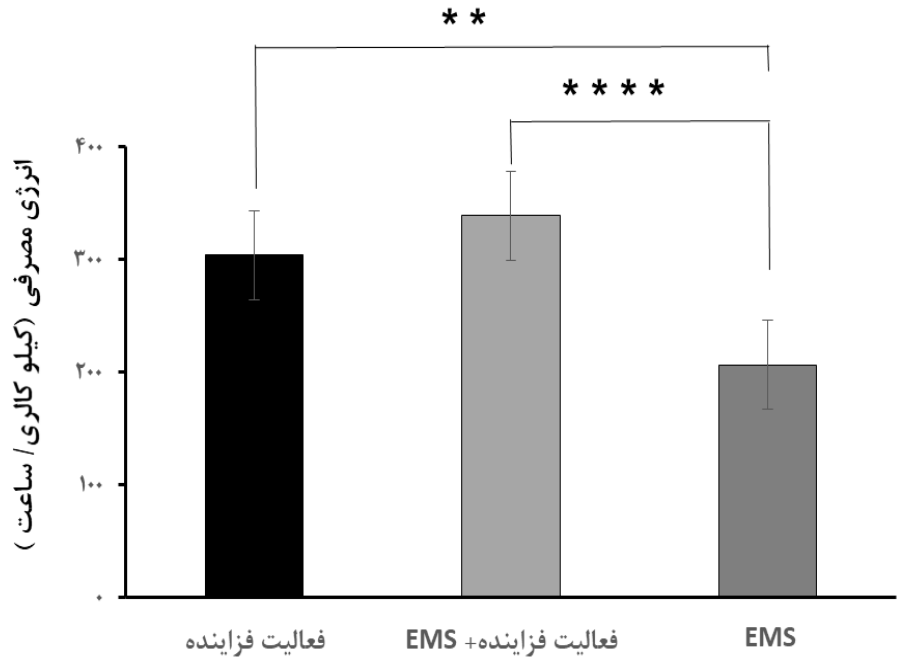
متغیرها	جلسه فعالیت فزاینده			جلسه فعالیت فزاینده+ EMS			جلسه EMS		
زمان ها	قبل	بعد	ریکاوری	قبل	بعد	ریکاوری	قبل	بعد	ریکاوری
تهویه ریوی (VE)	۱۱/۸۲ ± ۱/۵۳	۹/۳ ± ۷۲/۲۹	۲۹ ± ۵/۹۶	۱۳/۰۲±۱/۷۲	۸۳/۱ ±۴/۶۱	۲۵/۷۴ ± ۳/۲۵	۱/۴۴ ± ۱۲/۶۶	۴/۱۷ ± ۱۲/۶	۱۲/۰۹ ± ۱/۴۶
نسبت VE/VCO_2	۳۰/۸۷ ± ۲/۴۵	۲/۶۹ ± ۳۱/۶۲	۳۷ ± ۲/۸۲	۳۰/۵۷±۲/۶۲	۳۳/۳۹±۱/۹۹	۳۶/۱۹ ± ۳/۲۵	۲/۳۴ ± ۳۱/۱۲	۲/۴۶ ± ۳۰/۴۶	۲۸/۶۳ ± ۳/۵۵
اکسیژن مصرفی (vo_2)	۳/۷ ± ۰/۴۸	۲۲ ± ۴/۳۲	۶/۵ ± ۱/۰۸	۴ ± ۰/۲۵	۲۳/۴ ± ۴/۲۲	۶/۱۲ ± ۰/۸۲	۰/۲۳ ± ۴/۰۳	۳/۵ ± ۰/۵	۳/۶۶ ± ۰/۵۳

جدول۳. مقادیر (میانکین±انحراف استاندارد) متغیرهای فشار خون و ضربان قلب اندازه‌گیری شده در پاسخ به ۳ جلسه فعالیت

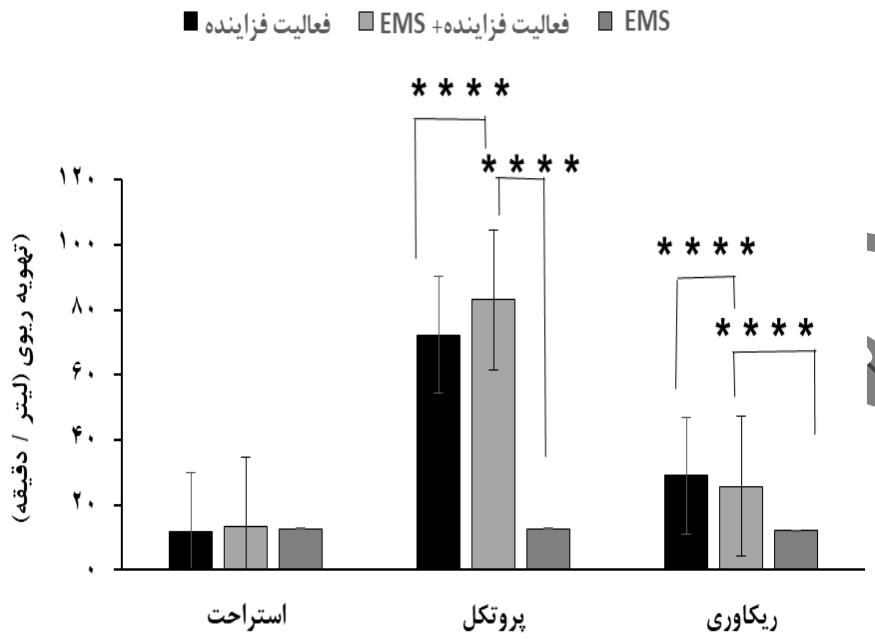
متغیرها	زمان ها	جلسه فعالیت فزاینده	جلسه فعالیت فزاینده+ EMS	جلسه EMS
ضربان قلب	قبل	۷۰/۲ ± ۸/۷۰	۷۲/۸ ± ۷/۶۴	۷۰ ± ۹/۲۲
	بعد	۱۲۴/۳ ± ۲۵/۶۰	۱۱۲/۳ ± ۲۵/۰۵	۶۷/۴۴ ± ۷/۰۷
	۱۰ دقیقه ریکاوری	۹۷/۱ ± ۱۶/۴۸	۹۲/۶ ± ۱۳/۵۰	۶۹ ± ۹/۲۶
	۲۰ دقیقه ریکاوری	۹۱/۸ ± ۱۳/۸۴	۸۸/۹ ± ۱۲/۰۴	۶۹/۴۴ ± ۷/۴۷
فشار خون	قبل	۱۱۸/۳۹ ± ۸/۱۵	۱۲۵/۴۱ ± ۸/۸	۱۲۲/۱۲ ± ۱۰
	بعد	۱۵۲/۶۸ ±۱۷/۷۱	۱۵۵/۴ ± ۱۲/۱۸	۱۱۶/۴۵ ± ۸/۸۶
	۱۰ دقیقه ریکاوری	۱۲۲/۶۵ ± ۱۲/۹۷	۱۱۹/۶۸ ± ۹/۳۸	۱۱۸/۰۱ ± ۹/۰۸
	۲۰ دقیقه ریکاوری	۱۱۵/۸۷ ± ۹/۳۵	۱۱۷/۶۶ ± ۱۰/۳۶	۱۱۴/۳۳ ± ۹/۳۱

پیش از انتشار

.

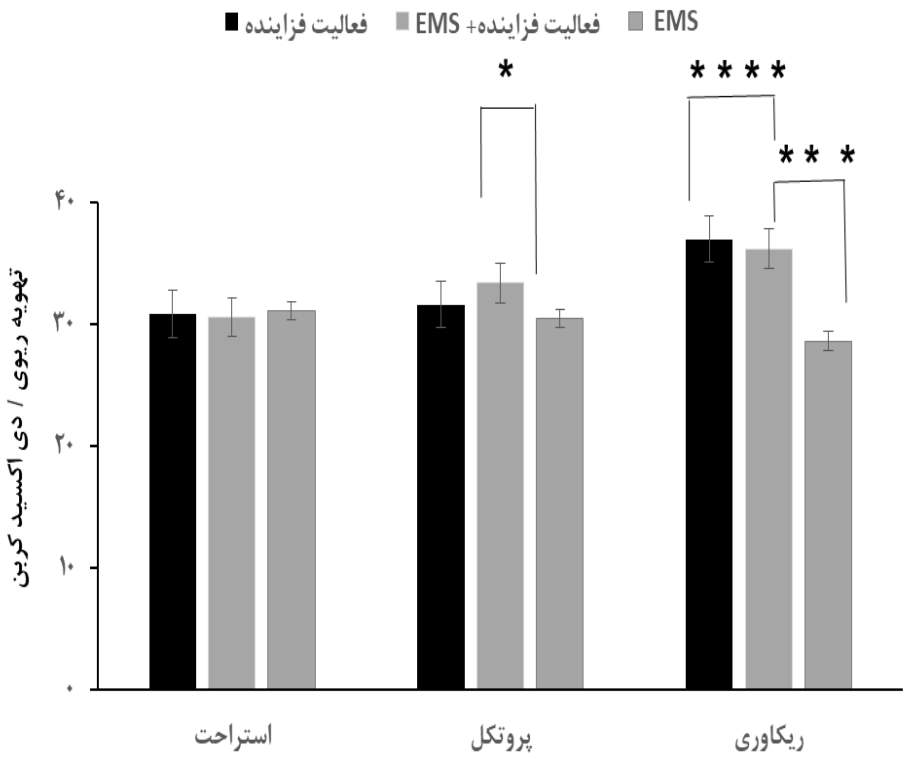


شکل ۱. میزان انرژی مصرفی (EE) در سه جلسه فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی+EMS و EMS. **نشانه تفاوت معنی دار فعالیت ورزشی فزاینده با جلسه EMS در سطح p<۰/۰۵ ؛ ** نشانه تفاوت معنی دار جلسه فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS با جلسه EMS در سطح p<۰/۰۵.**



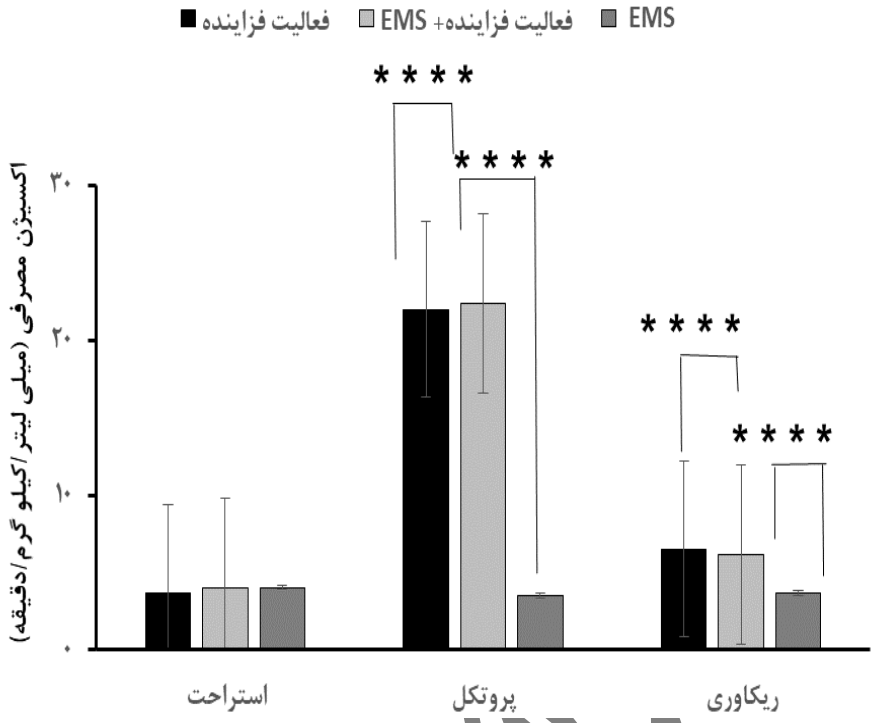
شکل ۲. میزان تهویه ریوی (VE) در مراحل استراحت، پروتکل ، ریکاوری، در سه جلسه فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی+EMS و EMS. ** نشانه تفاوت معنی دار در هر سه جلسه در مرحله پروتکل و ریکاوری می باشد در سطح p<۰/۰۵.**

ویرایش نشده



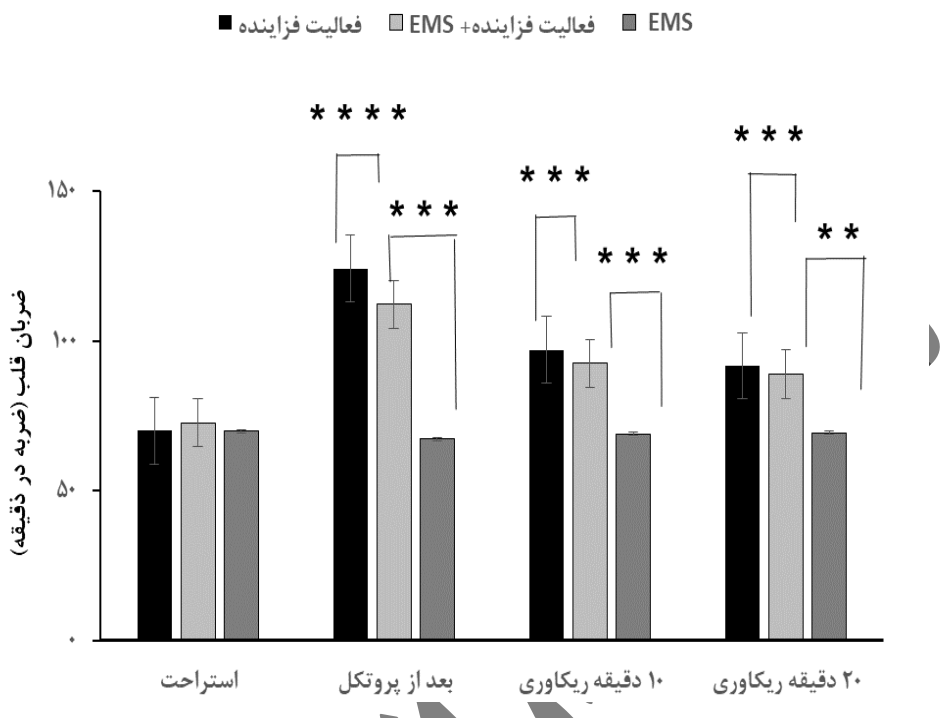
شکل ۳. نسبت VE/VCO2 در مراحل استراحت، پروتکل، ریکاوری، در سه جلسه فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی+EMS و EMS.
نشانه تفاوت معنی دار فعالیت ورزشی فزاینده+EMS با جلسه EMS در سطح p<۰/۰۵، *** نشانه تفاوت معنی دار فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS با جلسه EMS در سطح p<۰/۰۵ ؛ * نشانه تفاوت معنی دار جلسه فعالیت ورزشی فزایند با جلسه EMSدر سطح p<۰/۰۵.**

ویرایش نشده



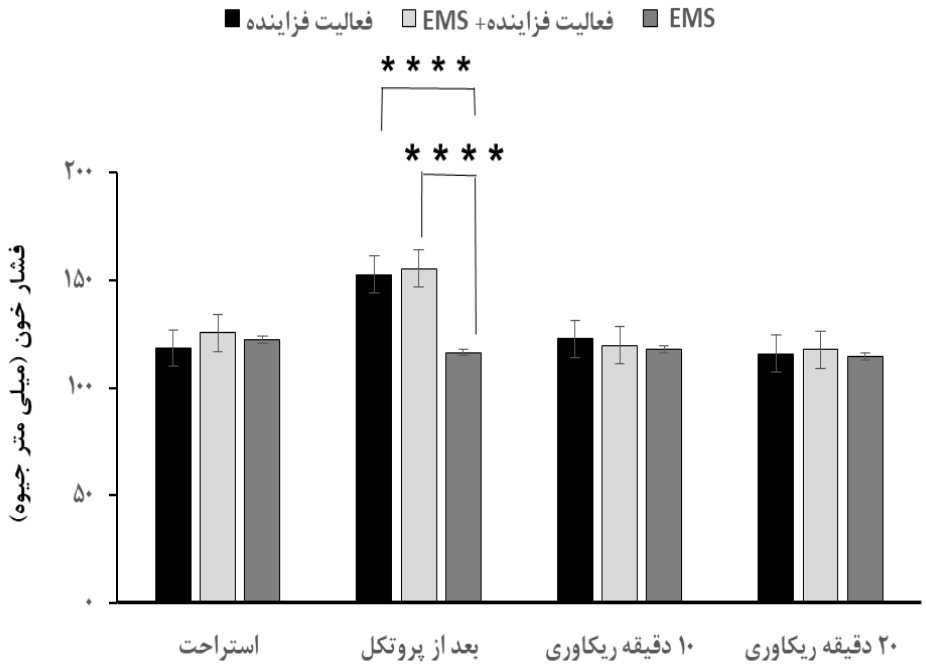
شکل ۴. میزان اکسیژن مصرفی (VO_2) در مراحل استراحت، پروتکل ، ریکاوری، در سه جلسه فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی+EMS و EMS. ** نشانه تفاوت معنی دار فعالیت ورزشی فزاینده با جلسه EMS و همچنین فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS با جلسه EMS در زمان پروتکل و ریکاوری در سطح p<۰/۰۵**

نسخه ویرایش نشده



شکل ۵ پنج. میزان ضربان قلب در مراحل استراحت، بعد از پروتکل ، دقیقه ۱۰ و ۲۰ ریکاوری، در سه جلسه فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی+EMS و EMS. . **نشانه تفاوت معنی دار فعالیت ورزشی فزاینده+EMS با جلسه EMS دقیقه ۲۰ ریکاوری در سطح p<۰/۰۵، * نشانه تفاوت معنی دار فعالیت ورزشی فزاینده با جلسه EMS در دقیقه ۱۰ و ۲۰ ریکاوری، فعالیت ورزشی فزاینده+ EMS با جلسه EMS بعد پروتکل و دقیقه ۱۰ ریکاوری در سطح p<۰/۰۵ ؛ **** نشانه تفاوت معنی دار جلسه فعالیت ورزشی فزایند با جلسه EMSدر سطح p<۰/۰۵.**

ویرایش نشده



شکل ۶ میزان فشارخون در مراحل استراحت، بعد از پروتکل ، دقیقه ۱۰ و ۲۰ ریکاوری، در سه جلسه فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی+EMS و EMS. ** نشانه تفاوت معنی دار جلسه فعالیت ورزشی فزایند با جلسه EMS و جلسه فعالیت فزاینده+ EMS بعد از پروتکل در سطح p<۰/۰۵.**

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که یک جلسه فعالیت ورزشی فزاینده تاثیر معنی داری بر EE، تهویه ریوی، VE/VCO2، اکسیژن مصرفی، ضربان قلب و فشار خون در مردان دارای اضافه وزن و چاق دارد. اما یک جلسه فعالیت ورزشی فزاینده+EMS و جلسه EMS تاثیر معنا داری بر متغییر های تحقیق حاضر ندارد.

در افراد چاق تنگی نفس را می توان با فعالیت ورزشی با بهبود همزمان ظرفیت تمرینی و عملکرد عضلات دمی کاهش داد. این کاهش تنگی نفس با کاهش تهویه و افزایش عملکرد عضلات دمی همراه است. کاهش تنگی نفس با بهبود عملکرد عضلات دمی مرتبط است که مشخصه آن افزایش نیروی تولید شده توسط عضلات دمی و کاهش V□E، فرکانس تنفس است (شیلف[1] و دیگران، ۲۰۱۷). همسو با تحقیق حاضر پرایس[2] و دیگران (۲۰۲۲)، گزارش کردند در فعالیت های ورزشی فزاینده نسبت به تمرینات زیر حداکثری، اکسیداسیون چربی، حداکثر اکسیژن مصرفی اوج، اکسیژن مصرفی، برون ده قلبی و نسبت تبادل تنفسی بالاتر است و تمرینات فزاینده می تواند به عنوان یک استراتژی کاربردی برای کاهش وزن باشد. زینر[3] و دیگران (۲۰۲۰)، گزارش کرده اند که،

[1] Chlif

[2] M price

[3] C Zinner

فعالیت ورزشی با دوچرخه ارگومتر، بدون EMS منجر به افزایش ضربان قلب، اکسیژن مصرفی، سطح لاکتات و جذب اکسیژن حین فعالیت فزاینده شود و EMS تاثیر فزاینده ای بر فاکتور های ذکر شده ندارد که با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد. کراندل[1]و دیگران (۲۰۱۵)، گزارش کردند که یک جلسه فعالیت ورزشی با شدت حداکثری می تواند فاکتور های عملکرد ریوی را افزایش دهد که با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد. علاوه بر این، افراد دارای اضافه وزن و بدون سابقه تمرینی حتی در غیاب EMS به مسیر گلیکولیتکی متکی هستند که این تغییرات در جریان خون محرک های متابولیکی و گشاد کننده عروق می باشند. به طور خلاصه، گیرنده‌های شیمیایی واقع شده در مدولا و قوس آئورت و سرخرگ کاروتید که تغییرات در سطوح اکسیژن شریانی، دی اکسید کربن و pH را حس می‌کنند، کنترل شیمیایی اولیه تنفس را فراهم می‌کنند و هنگامی که این پارامترها از سطوح طبیعی خارج شوند، افزایش تهویه را تحریک می‌کنند (زینر و دیگران، ۲۰۲۰). همسو با پژوهش حاضر درخشان مهر و دیگران (۲۰۲۱)، گزارش کردند که تمرینات موازی به همراه EMS بر قدرت عضلات پایین‌تنه، استقامت قلبی تنفسی و توان پایین تنه اثر معنی‌داری ندارد.

مخالف نتایج مطالعه حاضر شلیف و دیگران (۲۰۱۷)، نشان دادند که در طی فعالیت ورزشی فزاینده، تهویه دقیقه ای، نرخ نسبت تبادل تنفسی، نرخ تنگی نفس درک شده و پارامترهای عملکرد عضلات تنفسی علی‌رغم بهبود، قبل و بعد از تمرین تفاوت معنی‌داری نداشتند. احتمالاً دلیل تفاوت نتایج به دلیل تفاوت در نوع تمرین بوده است.

میام وتو[2]و دیگران (۲۰۱۶)، نشان دادند که فعالیت ورزشی با شدت پایین به همراه تحریک الکتریکی عضله پایین تنه منجر به افزایش قدرت عضلانی و میزان اکسیژن دریافتی آستانه آزمودنی ها می شود که با تحقیق حاضر ناهمسو می باشد احتمالاً دلیل تفاوت نتایج به دلیل تفاوت در نوع فعالیت ورزشی و استفاده از EMS در کنار فعالیت ورزشی فزاینده است که منجر به حداکثر فراخوانی در واحدهای حرکتی می شود و نتایج به دست آمده درفعالیت ورزشی هوازی با گروه EMS به طور معنی داری بیشتر از فعالیت ورزشی بدون گروه EMS بود. در مطالعه دیگر، کملر و دیگران (۲۰۱۸)، نشان دادند که EE به میزان قابل‌توجهی ۱۷ درصد در جلسه EMS افزایش داشت که با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو بود. وتناب[3]و دیگران (۲۰۱۴)، مشاهده کردند که EMS به همراه فعالیت روی دوچرخه ارگومتر با شدت متوسط بر VO_2، ضربان قلب و نسبت تبادل گاز تنفسی به‌طور قابل توجهی بالاتر در طول دوره‌های فعالیت ورزشی با EMS علیرغم بار کاری ثابت است. اضافه بار در طول فعالیت مقاومتی برای به کارگیری تارهای تند انقباض ضروری است. از سوی دیگر، بر خلاف فعالیت مقاومتی، اصل اندازه نباید در طول EMS القا شود زیرا الگوی فراخوانی تار عضلانی در طول EMS انتخابی است. همچنین EMS می‌تواند باعث سازگاری‌های محیطی مانند افزایش بیوژنز میتوکندری، محتوای میوگلوبین، تراکم مویرگی، ذخایر بستر و فعالیت‌های آنزیمی اکسیداتیو شود که در اثر انجام یک دوره تمرینی EMS این سازگاری ها به دست می آید (میام وتو و دیگران، ۲۰۱۶).

بیس[4]و دیگران (۲۰۲۳)، نشان دادند که یک جلسه EMS، تغییری در miRNA های مربوط به سیستم قلبی-تنفسی آزمودنی ها ایجاد نمی شود که می تواند عدم معنا دار شدن نتایج تحقیق حاضر را توجیه کند. نتایج ضد و نقیضی در رابطه با تمرین EMS و

[1] R Crandall

[2] Miyamoto

[3] Watanabe

[4] S Biss

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

چاقی وجود دارد که میتواند به علت تفاوت در ویژگی های آنتروپومترکی آزمودنی ها، مدت زمان فعالیت ورزشی، مدت زمان دوره تمرینی، زمان اجرای تحقیق و فرکانس پالس ها در جلسات تمرینی EMS و شدت فعالیت ورزشی باشد. دو برای نتیجه گیری بهتر به تحقیقات بیشتری نیاز است.

نتیجه گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت ورزشی فزاینده بر فاکتورهای قلبی-تنفسی موثر است و تاثیر بیشتری از فعالیت ورزشی فزاینده با EMS در حین انجام فعالیت دارد و در زمان ریکاوری سریع‌تر به حالت استراحتی باز می‌گردد. با توجه به پیشینه‌ی پژوهش و بررسی‌های صورت گرفت ممکن است انجام فعالیت ورزشی با تحریک الکتریکی عضلات در طولانی مدت می-تواند تاثیر بیشتری بر فاکتورهای قلبی-تنفسی داشته باشد. اما انجام تحریک الکتریکی عضلات بدون فعالیت ورزشی در صورتی توصیه می‌شود که افراد قابلیت حرکتی نداشته باشند یا بر اثر آسیب‌های ناشی از اضافه وزن فرد قادر به فعالیت ورزشی نباشد.

قدردانی و تشکر

از تمامی آزمودنی‌هایی که در این تحقیق شرکت کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. بدون شک، با عدم حضور آنها، این تحقیق امکان اجرا را نداشت.

تعارض منافع

تمام نویسندگان اعلام میدارند که در پژوهش حاضر هیچگونه تضاد منافع وجود ندارد.

منابع

Abassi, W., Ouerghi, N., Nikolaidis, P. T., Hill, L., Racil, G., Knechtle, B. ... & Bouassida, A. (2022). Interval training with different intensities in overweight/obese adolescent females. International Journal of Sports Medicine, 43(05), 434-443, DOI: 10.1055/a-1648-4653

Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Maximal fat oxidation during exercise in trained men. *International journal of sports medicine*, *24*(08), 603-608, DOI: 10.1055/s-2003-43265

Amaro-Gahete, F. J., De-la-O, A., Jurado-Fasoli, L., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Gutierrez, A. (2019). Effects of different exercise training programs on body composition: A randomized control trial. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 29(7), 968-979, DIO: 10.1111/sms.13414

Amaro-Gahete, F. J., De-La-O, A., Sanchez-Delgado, G., Robles-Gonzalez, L., Jurado-Fasoli, L., Ruiz, J. R., & Gutierrez, A. (2018). Whole-body electromyostimulation improves performance-related parameters in runners. Frontiers in physiology, 9, 1576, DIO: 10.3389/fphys.2018.01576

Bernhardt, V., & Babb, T. G. (2016). Exertional dyspnoea in obesity. European respiratory review, 25(142), 487-495, DOI: 10.1183/16000617.0081-2016

Biss, S., Teschler, M., Heimer, M., Thum, T., Bär, C., Mooren, F. C., & Schmitz, B. (2023). A single session of EMS training induces long-lasting changes in circulating muscle but not cardiovascular miRNA levels: a

randomized crossover study. Journal of Applied Physiology, 134(4), 799-809, DIO: 10.1152/japplphysiol.00557.2022

Cheneviere, X., Malatesta, D., Peters, E. M., & Borrani, F. (2009). A mathematical model to describe fat oxidation kinetics during graded exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise, 41(8), 1615-1625, DOI: 10.1249/MSS.0b013e31819e2f91

Chlif, M., Chaouachi, A., & Ahmaidi, S. (2017). Effect of aerobic exercise training on ventilatory efficiency and respiratory drive in obese subjects. Respiratory care, 62(7), 936-946, DOI: https://doi.org/10.4187/respcare.04923

Crandall, R. H., Seigler, N., Rodriguez-Miguelez, P., McKie, K. T., Forseen, C., & Harris, R. A. (2017, October). A SINGLE MAXIMAL EXERCISE TEST IMPROVES LUNG FUNCTION IN PATIENTS WITH CYSTIC FIBROSIS. In PEDIATRIC PULMONOLOGY (Vol. 50, pp. 367-367). 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA: WILEY-BLACKWELL, DIO: https://doi.org/10.1016/j.jcf.2017.05.011

Clemens, Roger A؛Jones, Julie M؛Kern, Mark؛Lee, Soo-Yeun؛Mayhew, Emily J؛Slavin, Joanne L Zivanovic, Svetlana. (2016). Functionality of sugars in foods and health. Comprehensive reviews in food science and food safety15 ،(3)،470-433 ، DIO: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194

Derakhshan Nejad, M., Nikbakht, M., Ghanbarzadeh, M., & Ranjbar, R. (2020). Effect of Concurrent Training Order With Electromyostimulation on Physical Performance in Young Elderly Women. Archives of Rehabilitation, 21(4), 508-525, DIO: 10.32598/RJ.21.4.3147.1

Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2011). Electromyostimulation—a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. The Journal of Strength & Conditioning Research, 25(11), 3218-3238, DOI: 10.1519/JSC.0b013e318212e3ce

Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., & Anis, A. H. (2009). The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. BMC public health, 9, 1-20, DIO:10.1186/1471-2458-9-88

Giampaoli, S., & Vannucchi, S. (2016). Obesity and diabetes, a global problem: what does recent data tell us? Igiene e sanita pubblica72 ،(6)،570-561 ،.

Jee, Y. S. (2018). The efficacy and safety of whole-body electromyostimulation in applying to human body: based from graded exercise test. Journal of exercise rehabilitation, 14(1), 49, DIO: 10.12965/jer.1836022.011

Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., & Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. Obesity reviews, 16(11), 942-96, DIO: https://doi.org/10.1111/obr.12317

Jeukendrup, A., & Achten, J. (2001). Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise?. *European Journal of Sport Science*, *1*(5), 1-5, DIO: https://doi.org/10.1080/17461390100071507

Kemmler, W., & von Stengel, S. (2013). Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. Clinical interventions in aging, 1353-1364, DIO: http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S52337

Kemmler, W., Kohl, M., Freiberger, E., Sieber, C., & von Stengel, S. (2018). Effect of whole-body electromyostimulation and/or protein supplementation on obesity and cardiometabolic risk in older men with sarcopenic obesity: the randomized controlled FranSO trial. BMC geriatrics, 18, 1-12, DIO: https://doi.org/10.1186/s12877-018-0759-6

Kemmler, W., Teschler, M., Weißenfels, A., Bebenek, M., Fröhlich, M., Kohl, M., & von Stengel, S. (2016). Effects

of whole-body electromyostimulation versus high-intensity resistance exercise on body composition and strength: a randomized controlled study. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2016, DIO: https://doi.org/10.1155/2016/9236809

Kemmler, W., Von Stengel, S., Schwarz, J., & Mayhew, J. L. (2012). Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research, 26(1), 240-245, DOI: 10.1519/JSC.0b013e31821a3a11

Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. Journal of exercise rehabilitation, 14(1), 118, DIO: https://doi.org/10.12965%2Fjer.1835124.562

Maunder, E., Plews, D. J., & Kilding, A. E. (2018). Contextualising maximal fat oxidation during exercise: determinants and normative values. Frontiers in physiology, 9, 599, DIO: https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00599

Miyamoto, T., Kamada, H., Tamaki, A., & Moritani, T. (2016). Low-intensity electrical muscle stimulation induces significant increases in muscle strength and cardiorespiratory fitness. European journal of sport science, 16(8), 1104-1110, DIO: https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1151944

Ouerghi, N., Fradj, M. K. B., Duclos, M., Bouassida, A., Feki, M., Weiss, K., & Knechtle, B. (2022). Effects of High-Intensity Interval Training on Selected Adipokines and Cardiometabolic Risk Markers in Normal-Weight and Overweight/Obese Young Males—A Pre-Post Test Trial. Biology, 11(6), 853, DIO: https://doi.org/10.3390/biology11060853

Park, H. K., Na, S. M., Choi, S. L., Seon, J. K., & Do, W. H. (2021). Physiological effect of exercise training with whole body electric muscle stimulation suit on strength and balance in young women: a randomized controlled trial. Chonnam Medical Journal, 57(1), 76, DIO: https://doi.org/10.4068%2Fcmj.2021.57.1.76

Price, M., Bottoms, L., Hill, M., & Eston, R. (2022). Maximal Fat Oxidation during Incremental Upper and Lower Body Exercise in Healthy Young Males. *International journal of environmental research and public health*, *19*(22), 15311, DIO: https://doi.org/10.3390/ijerph192215311

Reljic, D., Dieterich, W., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2022). "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, 14(10), 1996, DIO: https://doi.org/10.3390/nu14101996

Reljic, D., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2021). 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, 13(5), 1640, DIO: https://doi.org/10.3390/nu13051640

Reljic, D., Konturek, P. C., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2020). Effects of whole-body electromyostimulation exercise and caloric restriction on cardiometabolic risk profile and muscle strength in obese women with the metabolic syndrome: a pilot study. Journal of Physiology & Pharmacology, 71(1), DOI: 10.26402/jpp.2020.1.08

Rodrigues-Santana, L., Adsuar, J. C., Louro, H., Pérez-Gómez, J., Hernández-Mocholí, M. A., Carlos-Vivas, J., ... & De Campos, L. F. C. C. (2021). The effects of whole-body muscle stimulation on body composition and strength parameters: A protocol for systematic review and meta-analysis. Medicine, 100(18), e25139, DOI:

10.1097/MD.0000000000025139

Smith, K. B., & Smith, M. S. (2016). Obesity statistics. Primary care: clinics in office practice, 43(1), 121-135, DIO: https://doi.org/10.1016/j.pop.2015.10.001

Teschler, M., Heimer, M., Schmitz, B., Kemmler, W., & Mooren, F. C. (2021). Four weeks of electromyostimulation improves muscle function and strength in sarcopenic patients: a three‐arm parallel randomized trial. Journal of cachexia, sarcopenia and muscle, 12(4), 843-854, DIO: https://doi.org/10.1002/jcsm.12717

Watanabe, K., Taniguchi, Y., & Moritani, T. (2014). Metabolic and cardiovascular responses during voluntary pedaling exercise with electrical muscle stimulation. European journal of applied physiology, 114, 1801-1807, DIO: https://doi.org/10.1007/s00421-014-2906-x

Willert, S., Weissenfels, A., Kohl, M., Von Stengel, S., Fröhlich, M., Kleinöder, H., ... & Kemmler, W. (2019). Effects of whole-body electromyostimulation on the energy-restriction-induced reduction of muscle mass during intended weight loss. Frontiers in physiology, 10, 456334, DIO: https://doi.org/10.1007/s00421-014-2906-x

Wittmann, K., Sieber, C., von Stengel, S., Kohl, M., Freiberger, E., Jakob, F., ... & Kemmler, W. (2016). Impact of whole body electromyostimulation on cardiometabolic risk factors in older women with sarcopenic obesity: the randomized controlled FORMOsA-sarcopenic obesity study. Clinical Interventions in Aging, 1697-1706, DIO: https://doi.org/10.2147/cia.s116430

Woessner, M. N., Tacey, A., Levinger-Limor, A., Parker, A. G., Levinger, P., & Levinger, I. (2021). The evolution of technology and physical inactivity: the good, the bad, and the way forward. Frontiers in public health, 9, 655491, DIO: https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.655491

World Health Organization. (2019). Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world. World Health Organization.

Zinner, C., Matzka, M., Krumscheid, S., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2021). Cardiorespiratory, Metabolic and Perceived Responses to Electrical Stimulation of Upper‐Body Muscles While Performing Arm Cycling. Journal of Human Kinetics, 77(1), 117-123, DIO: https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0016