University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Fall 2021, 9(19), 8-18

Received: Dec 24, 2018 Accepted: Oct 15, 2019

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Comparison of substrate metabolism and net mechanical efficiency during running on a treadmill in lean, obese and normal weight girls

Fatemeh Zolfaghari[1*], Amir Hossein Haghighi[2]

1. MSc in Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Abstract

Background and Aim: Body composition is closely related to health and exercise performence. Therefore, the purpose of the present study was to compare the substrate metabolism and mechanical efficiency during running on a treadmill in lean, obese and normal-weight girls. **Materials and Methods**: For this purpose, 9 lean girls (body fat 19.17 ± 3.56 percent), 9 obese girls (body fat 42.29 ± 4.42 percent) and 9 normal-weight girls (body fat 27.23 ± 3.58 percent) volunteered in the research project. The exercise plan was to run on a treadmill with an intensity of 75% of maximum heart rate for 30 minutes. The fat and carbohydrates oxidation, energy expenditure and mechanical efficiency of the subjects were measured with a gas analyzer system duing 30 minutes in the baseline and 30 minutes during activity. Then, the collected data were analyzed using multivariate variance analysis and LSD tests at the level of $p<0.05$. **Results:** During the activity phase, the fat and carbohydrate oxidation and mechanical efficiency of the obese subjects were significantly higher as compare to lean and normal individuals ($p=0.001$, $p=0.001$, $p=0.04$ respectively). Moreover, absolute energy expenditure during the exercise at the obese subjects was significantly higher than lean subjects ($p=0.02$). **Conclusion**: According to the results of the present study obese girls, compared to lean and normal weight ones, indicated higher substrate metabolism and net mechanical efficiency.

Key words: Substrate metabolism, Mechanical efficiency, Body composition.

Cite this article:

Zolfaghari, F., & Haghighi, A. M. (2021). Comparison of substrate metabolism and net mechanical efficiency during running on a treadmill in lean, obese and normal weight girls. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 9***(19), 8-18.**

***Coressponding Author, Address: Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran;**

Email: fatemeh.zoalfaghari@yahoo.com

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2019.2040.1458

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش
مقاله پژوهشی
پاییز ۱۴۰۰، دوره ۹، شماره ۱۹، ص ۱۸-۸
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۳
دانشگاه بیرجند

مقایسه متابولیسم سوبسترا و کارآیی مکانیکی خالص حین دویدن روی نوار گردان در دختران چاق، لاغر و با وزن طبیعی

فاطمه ذوالفقاری[1*]، امیرحسین حقیقی[2]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار ، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: ترکیب بدنی ارتباط نزدیکی با سلامت و نحوه اجرای حرکات ورزشی دارد. بنابراین، هدف تحقیق حاضر مقایسه متابولیسم سوبستراها و کارآیی مکانیکی خالص حین دویدن بر روی نوار گردان در دختران چاق، لاغر و با وزن طبیعی بود. **روش تحقیق:** برای این منظور، ۹ دختر لاغر (چربی بدن ۳/۵۶ ± ۱۹/۱۷ درصد)، ۹ دختر چاق (چربی بدن ۴/۴۲ ± ۴۲/۲۹ درصد) و ۹ دختر طبیعی (چربی بدن ۳/۵۸ ± ۲۷/۲۳ درصد) برای شرکت در طرح انتخاب شدند. پروتکل ورزشی شامل دویدن بر روی نوارگردان با شدت ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۳۰ دقیقه اجرا شد و گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه تحلیل گازهای تنفسی به مدت ۳۰ دقیقه در حالت پایه و ۳۰ دقیقه حین فعالیت جمع‌آوری شد و میزان اکسیداسیون چربی، کربوهیدرات، هزینه انرژی و کارآیی مکانیکی خالص شرکت کنندگان محاسبه گردید. سپس داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش تحلیل واریانس چند متغیره و آزمون LSD و در سطح p<۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شد. **یافته‌ها:** در حین فعالیت، اکسیداسیون چربی، کربوهیدرات و کارآیی مکانیکی خالص افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی بود (به ترتیب با p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۴). به علاوه، هزینه انرژی مطلق حین فعالیت در افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر بود (p=۰/۰۲). **نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر می‌توان گفت که دختران چاق در مقایسه با افراد لاغر و با وزن طبیعی، میزان متابولیسم سوبسترا و کارآیی مکانیکی خالص بیشتری دارند.

واژه های کلیدی: متابولیسم سوبسترا، کارآیی مکانیکی خالص، ترکیب بدن.

* نویسنده مسئول، آدرس: سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم ورزشی؛

پست الکترونیک: fatemeh.zoalfaghari@yahoo.com

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2019.2040.1458

مقدمه

ترکیب بدنی ارتباط نزدیکی با وضعیت سلامت و همچنین نحوه اجرای حرکات ورزشی دارد (فاکس و ماتیوس[1]، ۱۹۸۱؛ ویلمور[2]، ۲۰۰۱). کمبود وزن اغلب با کاهش توده عضلانی همراه است، تغییری که می‌تواند فیزیولوژی بدن را تحت تاثیر قرار دهد (کوین[3] و دیگران، ۲۰۰۰). در مقابل، افزایش درصد چربی بدن و چاقی تاثیر منفی بر عملکرد بدنی دارد (خسروی و دیگران، ۲۰۱۸) و زمینه ساز بسیاری از بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت نوع دو و برخی از سرطان‌ها می‌باشد (پورحیدری و رحمانی‌نیا، ۲۰۱۸). ممکن است ظرفیت کاری افراد چاق در فعالیت‌هایی که همراه با تحمل وزن و شامل یک پارامتر بیومکانیکی متفاوت یا جابه‌جایی موثر مرکز ثقل می‌باشد (مانند راه رفتن)؛ به طور قابل توجهی کاهش یابد (لافورتنا[4] و دیگران، ۲۰۰۹). ماتسون[5] و دیگران (۱۹۹۷) گزارش کرده‌اند که حتی راه رفتن ساده ممکن است زنان چاق را به شدت خسته کند.

کارآیی مکانیکی عبارت است از نسبت کار خروجی به انرژی مصرف شده (جابور[6] و دیگران، ۲۰۱۷) که بعضی مطالعات آن را تحت عنوان کارآیی ناخالص[7] و برخی دیگر با عنوان کارآیی خالص[8] معرفی کرده‌اند (فارس[9] و دیگران، ۲۰۱۷). کارآیی مکانیکی در افراد چاق بندرت مورد مطالعه قرار گرفته است. در این زمینه، لافورتنا و دیگران (۲۰۰۶) مشاهده کرده‌اند که علیرغم مشابه بودن کارآیی ناخاص؛ کارآیی مکانیکی خالص افراد چاق به طور معنی‌داری پایین‌تر از افراد طبیعی است. همین محقق در تحقیق دیگری مشاهده کرد که هزینه انرژی دختران نوجوان چاق در بارهای کاری متفاوت، بیشتر و در عین حال، کارآیی مکانیکی خالص آنان به طور معنی‌داری کمتر از افراد طبیعی است (لافورتنا و دیگران، ۲۰۰۹). در مطالعه جابور و دیگران (۲۰۱۳) کارآیی خام و کارآیی خالص کودکان چاق، طبیعی، و دارای اضافه وزن مورد بررسی قرار گرفت. کارآیی خالص بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما کارآیی خام افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد چاق و دارای اضافه وزن بود. در تحقیق دیگری هولنس و دیگران (۲۰۰۱) بیان کردند که هزینه انرژی زنان چاق بین سنین ۱۸ تا ۶۵ سال از افراد لاغر بیشتر است؛ در حالی که کارآیی مکانیکی کمتری دارند.

از طرف دیگر، چاقی با کاهش ظرفیت اکسایش چربی بر سلول‌های عضلانی همراه بوده است (ون‌باک[10]، ۱۹۹۹؛ قیامی‌راد و دیگران، ۲۰۱۱). چاقی با مصرف ناقص چربی به عنوان یک سوخت ارتباط دارد و می‌توان اکسیداسیون ناقص چربی در سلول‌های عضلانی را یکی از علل اولیه بروز چاقی دانست (بلاک و ساریس[11]، ۲۰۰۲). چاقی خطر ابتلا به انواع بیماری‌های متابولیکی را افزایش می‌دهد (جونگ و چوئی[12]، ۲۰۱۴)؛ در حالی که افزایش اکسیداسیون چربی می‌تواند به نحو موثری علائم بیماری‌های متابولیسمی را کاهش دهد (اسلنتز[13] و دیگران، ۲۰۰۴). در همین راستا، لنزی[14] و دیگران (۲۰۱۴) نشان داده‌اند که در شدت‌های مختلف فعالیت، اکسیداسیون چربی افراد چاق و لاغر تفاوت معنی‌داری دارد. بر اساس نتایج پرز[15] و دیگران (۲۰۰۱)، در شدت‌های پایین فعالیت، اکسیداسیون چربی افراد طبیعی و اضافه وزن مشابه است؛ اما در شدت‌های بالاتر، اکسیداسیون چربی افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد مبتلا به اضافه وزن خواهد بود. به اعتقاد عزیزی و دیگران (۲۰۱۴)، اکسیداسیون چربی در شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی[16] (VO_{2max}) بین مردان چاق و طبیعی مشابه است، اما در شدت‌های بالاتر فعالیت، اکسایش چربی افراد طبیعی به طور معنی‌دار بیشتر می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر کانالی[17] و دیگران (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند که زنان چاق نسبت به زنان لاغر، مقادیر مطلق و نسبی بالاتری از اکسیداسیون چربی دارند. گودپاستر[18] و دیگران (۲۰۰۲) نیز مشاهده کرده‌اند که مردان چاق نسبت به مردان لاغر در حین ۶۰ دقیقه دوچرخه‌سواری، میزان بیشتری از انرژی را از اکسیداسیون اسیدهای‌چرب به دست می‌آورند. اما در مطالعه ازل[19] و دیگران (۱۹۹۹) و استفان[20] و دیگران (۱۹۹۹)، تفاوت معنی‌داری در سوبسترای مصرفی زنان چاق و طبیعی مشاهده نشده است. در مجموع، نتایج

1. Fax & Mattus
2. Wilmur
3. Coin
4. Lafortuna
5. Mattsson
6. Jabbour
7. Gross efficiency
8. Net efficiency
9. Fares
10. Ven Baak
11. Blaak & Saris
12. Jung & Choi
13. Slentz
14. Lanzi
15. Perez
16. Maximal oxygen uptake
17. Kanaley
18. Goodpaster
19. Ezell
20. Steffan

بعضی از تحقیقات قبلی (لنزی و دیگران، ۲۰۱۴؛ عزیزی و دیگران، ۲۰۱۴؛ جابور و دیگران، ۲۰۱۳، ازل و دیگران، ۱۹۹۹؛ استفان و دیگران، ۱۹۹۹) در مورد شاخص اکسیداسیون چربی با هم همخوانی ندارد؛ ضمن آن که در این سری مطالعات فقط تعداد محدودی از شاخص‌های بررسی شده در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر، مقایسه کارآیی مکانیکی و هزینه انرژی افراد بر اساس ترکیب بدنی (چاق، لاغر و طبیعی) حین فعالیت با شدت و مدت ثابت، به اندازه کافی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه متابولیسم سوبسترا و کارآیی مکانیکی خالص حین دویدن بر روی نوار گردان در دختران چاق، لاغر و با وزن طبیعی است.

روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نوع شبه تجربی است. پس از نصب اطلاعیه، از بین دختران دانشگاه حکیم سبزواری تعداد ۸۶ نفر داوطلب گردیدند که از بین آن‌ها با توجه به معیارهای ورود به تحقیق، ۲۷ نفر انتخاب شدند. سپس این افراد با توجه به درصد چربی بدنشان به صورت غیرتصادفی در سه گروه شامل ۹ دختر چاق، ۹ دختر لاغر و ۹ دختر با وزن طبیعی قرار گرفتند. در این مطالعه، دختران لاغر به افراد با درصد چربی بدنی کمتر از ۲۰؛ دختران چاق به افراد با درصد چربی بدنی بیشتر از ۳۵، و دختران با وزن طبیعی به افراد با درصد چربی بدنی بین ۲۰ تا ۲۸ اطلاق گردید (هادوی و دیگران، ۲۰۱۲). معیارهای ورود به مطالعه شامل سلامت کلی بود که از طریق پرسشنامه سابقه پزشکی ارزیابی گردید. با این پرسشنامه مشخص گردید که شرکت کنندگان سابقه هیچ گونه بیماری قلبی -عروقی، متابولیکی و یا بیماری خاص ندارند. همچنین افراد با سابقه مصرف دارو و سیگار در تحقیق شرکت داده نشدند. افراد از نظر سطح فعالیت بدنی پایین یا غیرفعال بودند که این مورد نیز از طریق پرسشنامه سطح فعالیت بدنی عادتی بک[1] اندازه‌گیری شد. از همه شرکت کنندگان جهت شرکت در پژوهش حاضر رضایت نامه کتبی گرفته شد و کد اخلاق پژوهشی با شناسه IR.HSU.REC.1397.009 از دانشگاه حکیم سبزواری اخذ گردید.

سه روز قبل از اجرای آزمون، افراد به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزش مراجعه کرده و اندازه‌گیری‌های اولیه انجام شد. قد با متر نواری، وزن با ترازوی دیجیتال، درصد چربی بدن با دستگاه تحلیل‌گر ترکیب بدن (مدل BS300376E ساخت کشور کره) و حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از آزمون یک مایل راه‌رفتن راکپورت[2] (ماکنزی[3]، ۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان اکسیداسیون کربوهیدرات، چربی و هزینه انرژی از دستگاه تحلیل‌گر گازهای تنفسی (مدل متامکس 3B[4] ساخت کشور آلمان) استفاده شد. در ابتدا شرکت کنندگان با محیط آزمون، نحوه دویدن بر روی نوارگردان و دستگاه تجزیه و تحلیل گازها و نحوه کار با آن در مراحل پایه و فعالیت بر روی نوارگردان آشنا شدند. از افراد خواسته شد که در روزهای قبل از انجام آزمون، رژیم غذای معمولی خود را حفظ کنند، از مکمل یا دارو استفاده نکنند، و حداقل یک روز قبل از انجام فعالیت بدنی شدید خودداری نمایند.

پروتکل تحقیق بدین صورت انجام شد که روز انجام فعالیت، آزمودنی‌ها به صورت ناشتا در محل انجام پروتکل حاضر شدند و در ساعت ۸:۳۰ صبح، صبحانه یکسانی (کره ۳۰ گرمی + عسل ۳۰ گرمی + ۲۰۰ گرم نان) مصرف کردند (ذوالفقاری و دیگران، ۲۰۱۸). ۴۰ دقیقه پس از مصرف صبحانه و در ساعت ۹:۱۰، جمع آوری گازهای تنفسی در حالت پایه و به صورت خوابیده انجام شد. بدین منظور گازهای تنفسی به مدت ۳۰ دقیقه جمع‌آوری شدند و آزمودنی پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن در ساعت ۹:۵۰، شروع به دویدن با ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب کردند، این شدت با استفاده از فرمول سن- ۲۲۰ به دست آمد. گازهای تنفسی به مدت ۳۰ دقیقه در حین فعالیت جمع‌آوری شد. به دلیل وجود یک دستگاه تحلیل‌گر گازهای تنفسی، در هر روز و در یک ساعت مشخص از روز (در ساعت ۹:۱۰ صبح جمع آوری گازها در حالت پایه و در ساعت ۹:۵۰ دقیقه صبح جمع آوری گازها هنگام فعالیت) از یک نفر آزمون گرفته شد. انجام فعالیت به صورتی تنظیم شد که در مرحله خونروی چرخه قاعدگی آزمودنی‌ها نباشد.

پروتکل ورزشی شامل دویدن با شدت ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۳۰ دقیقه بر روی نوار گردان با شیب ۵ درصد بود. در روز اجرای پروتکل، ابتدا دستگاه تحلیل‌گر گازهای تنفسی بر روی کمربند

1. Baeck habitual physical activity questionaire
2. Rockport one mile walking test
3. Mackenzie
4. Metamax 3b

شانه‌ای آزمودنی قرار گرفت و سپس ضربان‌سنج مدل تکنوجیم[1] ساخت کشور آلمان روی قفسه سینه فرد قرار داده شد، به نحوی که نوارگردان، ضربان قلب آزمودنی را از طریق ضربان سنج دریافت کند. سپس گازهای تنفسی حین فعالیت جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی، کربوهیدرات و هزینه انرژی؛ میانگین VO_2 و VCO_2 در دو بازه زمانی، ۳۰ دقیقه حالت پایه و ۳۰ دقیقه اجرای فعالیت محاسبه و سپس در فرمول‌های زیر قرار داده تا مقادیر شاخص‌ها به دست آید (فراین[2] و دیگران، ۱۹۸۳؛ ولپ و بار[3]، ۲۰۰۳). برای محاسبه کارآیی خالص بر روی نوارگردان از فرمول زیر استفاده گردید (اسکات و ادوارد[4]، ۲۰۱۳). شیب برای تمامی افراد ۵ درصد در نظر گرفته شد.

میزان اکسیداسیون چربی (گرم/دقیقه)=۱/۶۷×VO_2(لیتر/دقیقه) - ۱/۶۷×VCO_2(لیتر/دقیقه)

میزان اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم/دقیقه)=۴/۵۵×VO_2(لیتر/دقیقه) - ۳/۲۱×VCO_2(لیتر/دقیقه)

میزان هزینه انرژی (کیلوژول/دقیقه)=VO_2(لیتر/دقیقه)×(RER×۱/۲۳۲+)۳/۸۱۵×۴/۱۸۴

$$\text{کارآیی خالص بر روی نوارگردان (درصد)} = \frac{\text{درصد شیب} \times \text{مسافت} \times \text{نیرو}}{\text{هزینه انرژی پایه_ هزینه انرژی فعالیت}} \times ۱۰۰$$

*نیرو = وزن فرد

برای تشخیص طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو- ویلک[5] استفاده شد. سپس تفاوت‌های بین‌گروهی با آزمون تحلیل واریانس چند متغیره[6] بررسی گردید. در صورت معنی‌داری برای مقایسه جفت گروه‌ها از آزمون تعقیبی ال.اس.دی[7] بهره برداری گردید. کلیه محاسبات با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت و سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ درنظر گرفته شد.

یافته‌ها

استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک نشان داد که توزیع همه متغیرها طبیعی می‌باشد (p>۰/۰۵)؛ بنابراین از آزمون‌های پارامتریک برای انجام محاسبات آماری استفاده شد. مشخصات فردی شرکت کنندگان در تحقیق در جدول ۱ آورده شده است.

شاخص اکسیداسیون چربی در دو حالت پایه و فعالیت بین سه گروه لاغر، چاق و طبیعی تفاوت معنی‌داری

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها در گروه‌های تحقیق

شاخص ها	گروه لاغر	گروه چاق	گروه طبیعی
سن (سال)	۲۱±۲/۵۰	۲۰±۱/۶۶	۲۲±۳/۸۹
قد (سانتی متر)	۱۶۰/۵۵ ±۷/۱۷	۱۶۰/۵۵ ±۵/۹۸	۱۶۲/۱۱ ±۷/۰۴
وزن (کیلوگرم)	۴۲/۹۱ ±۵/۷۵	۸۶/۷۸ ±۶/۲۲	۵۵/۴۶ ±۸/۵۵
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	۱۶/۷۹ ±۱/۲۷	۳۳/۷۰ ±۲/۴۳	۲۱/۰۰ ±۱/۷۴
چربی بدن (درصد)	۱۹/۴۷ ± ۳/۵۶	۴۲/۲۹ ± ۴/۴۲	۲۷/۲۳ ± ۳/۵۸
توان هوازی (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/دقیقه)	۳۲/۱۳ ± ۳/۶۳	۳۲/۹۳ ± ۳/۲۲	۳۴/۲۱ ± ۴/۱۲

1. Technogym
2. Frayn
3. Volp & Bar
4. Scott & Edward
5. Shapiro–Wilk
6. Multivariate analysis of variance
7. Least significant difference

(p= ۰/۰۰۱) داشت (جدول ۲). آزمون تعقیبی نشان داد که اکسیداسیون چربی در حالت پایه و حین فعالیت در افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی (حالت پایه به ترتیب با p =۰/۰۰۱ و p=۰/۰۵؛ حین فعالیت به ترتیب با p=۰/۰۰۱ و p=۰/۰۰۱) است. اکسیداسیون چربی حالت پایه افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر بود (p=۰/۰۲)؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری در اکسیداسیون چربی حین فعالیت بین افراد لاغر و طبیعی وجود نداشت (p=۰/۱). شاخص اکسیداسیون کربوهیدرات در دو حالت پایه و فعالیت بین سه گروه لاغر، چاق و طبیعی تفاوت معنی‌داری (p=۰/۰۰۱) داشت (جدول ۲). آزمون تعقیبی

جدول ۲. مقایسه اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات، هزینه انرژی و کارآیی مکانیکی بین سه گروه شرکت کننده در دو حالت پایه و حین فعالیت

شاخص ها		گروه لاغر	گروه چاق	گروه طبیعی	F	P
اکسیداسیون چربی (گرم/دقیقه)	پایه	۰/۰۱ ±۰/۰۰۶*	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۰۲ ±۰/۰۱*■	۹/۵۴	۰/۰۰۱
	فعالیت	۰/۰۸ ± ۰/۰۲*	۰/۱۴ ± ۰/۰۳	۰/۱۰ ± ۰/۰۲*	۱۳/۷۲	۰/۰۰۱
اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم/دقیقه)	پایه	۰/۱۹ ± ۰/۰۶*	۰/۳۶ ± ۰/۰۶	۰/۲۸ ± ۰/۰۹*■	۱۲/۵۸	۰/۰۰۱
	فعالیت	۱/۰۹ ± ۰/۲۷*	۱/۷۷ ± ۰/۳۹	۱/۳۸ ± ۰/۳۵*	۸/۸۳	۰/۰۰۱
هزینه انرژی (کیلوژول/دقیقه)	پایه	۲/۳۲ ± ۰/۹۷*■	۴/۲۰ ± ۰/۸۰	۳/۴۷ ± ۱/۰۶■	۸/۸۴	۰/۰۰۱
	فعالیت	۱۳/۰۶ ± ۳/۲۳*	۱۹/۷۷ ± ۵/۹	۱۷/۳۲ ± ۴/۹	۴/۴۵	۰/۰۲
اختلاف هزینه انرژی حین فعالیت و حالت پایه (کیلوژول/دقیقه/کیلوگرم وزن بدن)	فعالیت	۱۰/۷۴ ± ۳/۳۰	۱۵/۵۷ ± ۵/۲۰	۱۳/۸۵ ± ۴/۷۳	۲/۷۲	۰/۰۸
نسبت هزینه انرژی به وزن بدون چربی (کیلوژول/دقیقه/کیلوگرم وزن بدون چربی)	فعالیت	۰/۳۶ ± ۰/۱۱	۰/۳۵ ± ۰/۱۸	۰/۳۹ ± ۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۶۴
کار انجام شده (کیلوژول/دقیقه)	فعالیت	۲/۲۱ ± ۰/۵۰*	۴/۱۳ ±۰/۶۹	۲/۸۲ ± ۰/۴۰*■	۲۸/۹۰	۰/۰۰۱
کارآیی مکانیکی خالص (درصد)	فعالیت	۲۱/۶ ± ۵/۳*	۲۸/۱۲ ± ۶/۱	۲۱/۸۷ ± ۵/۷*	۳/۶۹	۰/۰۴

***نشانه تفاوت معنی‌دار با گروه چاق؛■ نشانه تفاوت معنی‌دار با گروه لاغر؛ سطح معنی داری p<۰/۰۵.**

نشان داد که اکسیداسیون کربوهیدرات در حالت پایه و حین فعالیت در افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی است (حالت پایه به ترتیب با p=۰/۰۰۱ و p=۰/۰۳؛ حین فعالیت به ترتیب با p=۰/۰۰۱ و p=۰/۰۲). اکسیداسیون کربوهیدرات حالت پایه افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر بود (p=۰/۰۱)؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری در اکسیداسیون کربوهیدرات حین فعالیت بین افراد لاغر و طبیعی مشاهده نشد (p=۰/۱).

شاخص هزینه انرژی در دو حالت پایه و فعالیت بین سه گروه لاغر، چاق و طبیعی تفاوت معنی‌داری (به ترتیب با p=۰/۰۰۱ و p=۰/۰۲) داشت (جدول ۲). آزمون

تعقیبی نشان داد که هزینه انرژی حالت پایه در افراد چاق و طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر است (به ترتیب با p=۰/۰۰۱ و p=۰/۰۱)؛ اما تفاوت معنی‌داری در هزینه انرژی حالت پایه بین افراد چاق و طبیعی مشاهده نشد (p=۰/۱). از طرف دیگر، هزینه انرژی حین فعالیت در افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر بود (p=۰/۰۰۷)، در حالی که بین افراد لاغر و طبیعی (p=۰/۰۷) و چاق و طبیعی (p=۰/۲) تفاوت معنی‌داری نداشت.

شاخص نسبت هزینه انرژی به وزن بدون چربی و شاخص هزینه انرژی حین فعالیت و حالت پایه، بین سه گروه لاغر، چاق و طبیعی تفاوت معنی‌داری (p>۰/۰۵) نداشت (جدول ۲). با این حال، شاخص کار انجام شده در حین فعالیت بین سه گروه لاغر، چاق و طبیعی تفاوت معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱) (جدول ۲). آزمون تعقیبی نشان داد که کار انجام شده توسط افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی (به ترتیب با p=۰/۰۰۱ و p=۰/۰۰۱) و در افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر (p=۰/۰۲) است. شاخص کارآیی مکانیکی خالص در حین فعالیت بین سه گروه لاغر، چاق و طبیعی تفاوت معنی‌داری داشت (p=۰/۰۴) (جدول ۲). آزمون تعقیبی نشان داد کارآیی مکانیکی خالص افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی است (به ترتیب با p=۰/۰۲ و p=۰/۰۱)؛ اما تفاوت معنی‌داری در کارآیی مکانیکی افراد لاغر و طبیعی وجود نداشت (p=۰/۹).

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در حالت پایه و حین فعالیت، اکسیداسیون چربی افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی و در حالت پایه در افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر است. این در حالی بود که تفاوت معنی‌داری بین اکسیداسیون چربی حین فعالیت در افراد لاغر و طبیعی وجود نداشت. همسو با مطالعه حاضر، گودپاستر و دیگران (۲۰۰۲) نشان داده‌اند که اکسیداسیون چربی مردان چاق به طور معنی‌داری بیشتر از مردان لاغر است. آن‌ها تغییر در اکسایش سوبسترا و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب را دلیل کسب نتایج بدست آمده عنوان نمودند؛ وضعیتی که باعث کاهش سهم اکسیداسیون گلیکوژن می‌شود. کانالی و دیگران (۲۰۰۱) نیز گزارش کرده‌اند که اکسیداسیون چربی افراد چاق در طی ۳۰ دقیقه فعالیت بیشتر از زنان لاغر است. به اعتقاد محققین، انجام فعالیت به مدت ۳۰ دقیقه و با شدت متوسط به بالا، نسبت به انجام فعالیت با مدت بالا و شدت کمتر، بهتر می‌تواند تفاوت در متابولیسم و اکسیداسیون چربی افراد چاق و لاغر را نشان دهد. از آنجا که ذخایر تری‌گلیسیرید درون عضلانی زنان چاق بیشتر از افراد لاغر است (اسکات و ادوارد، ۲۰۱۳)، بیشتر بودن اکسیداسیون چربی افراد چاق در مطالعه حاضر را می‌توان به دسترسی بیشتر افراد چاق به ذخایر چربی و داشتن ذخایر چربی بیشتر نسبت داد. از جمله نتایج ناهمسو با تحقیق حاضر می‌توان به یافته‌های مطالعه عزیزی و دیگران (۲۰۱۴) اشاره کرد. آن‌ها مشاهده کردند در شدت‌های بالاتر از ۶۰ درصد VO_{2max}، اکسایش چربی افراد طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از افراد چاق است. به اعتقاد محققین، احتمالا با افزایش شدت فعالیت، توانایی افراد چاق در به حرکت درآوردن چربی‌ها کاهش می‌یابد. پرز و دیگران (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند که اکسیداسیون چربی زنان و مردان دچار اضافه وزن، کمتر از افراد طبیعی است. آن‌ها پیشنهاد کردند که در افراد چاق، شدت فعالیت ورزشی باید برابر با شدت حداکثر اکسیداسیون چربی باشد. اما در مطالعه حاضر شدت فعالیت برابر با ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب بود؛ یعنی شدتی که در آن حداکثر اکسیداسیون چربی رخ می‌دهد (اهرمان[1]، ۲۰۱۰). کرهروه[2] و دیگران (۲۰۲۰) مشاهده کرده اند که در شدت‌های مختلف فعالیت زیربیشینه (۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) بر روی نوارگردان، اکسیداسیون چربی زنان چاق، طبیعی و دارای اضافه وزن تفاوت معنی‌داری ندارد. ازل و دیگران (۱۹۹۹) در تحقیقی بر روی زنان چاق و طبیعی نشان داده‌اند که اکسیداسیون چربی و هزینه انرژی زنان چاق و طبیعی مشابه است. استفان و دیگران (۱۹۹۹) نیز مشاهده کرده‌اند که اکسیداسیون چربی زنان چاق و طبیعی بی‌تحرک در شدت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد VO_{2max} مشابه است. محققین شدت فعالیت و سطح فعالیت بدنی را دلیل کسب نتایج خود عنوان نموده و بیان کرده‌اند که اگر شدت فعالیت افزایش یابد، احتمالا تفاوت بین افراد طبیعی و چاق آشکارتر خواهد شد (استفان

1. Ehrman
2. Kerherve

و دیگران، ۱۹۹۹). لنزی و دیگران (۲۰۱۴) در تحقیقی بر روی مردان چاق و لاغر نشان داده‌اند که هنگام فعالیت بر روی چرخ کارسنج در شدت‌های ۲۰ تا ۳۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج (VO_{2peak}) اکسیداسیون چربی افراد چاق بیشتر از افراد لاغر است. طبق گزارش این محققین، در شدت‌های ۳۵ تا ۶۵ درصد VO_{2peak}، اکسیداسیون چربی دو گروه مشابه و در شدت‌های ۶۵ تا ۸۵ درصد VO_{2peak} اکسیداسیون چربی افراد لاغر بیشتر از افراد چاق است. محققین نتایج به دست آمده را به تفاوت در میزان لیپولیز بافت چربی و یا اکسیداسیون چربی در عضلات اسکلتی بین دو گروه در طول ورزش نسبت داده‌اند. در مطالعه حاضر برخی از شاخص های لیپولیز و اکسیداسیون چربی همچون اسیدهای چرب و گلیسرول اندازه‌گیری نشده‌اند و لازم است در مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرند. علاوه‌براین، دلیل دیگر بالاتر بودن اکسیداسیون چربی افراد چاق نسبت به افراد لاغر در مطالعه حاضر، می‌تواند بالاتر بودن هزینه انرژی افراد چاق نسبت به افراد لاغر باشد. بیان شده است که کاهش در اکسایش چربی احتمالا بیانگر تغییرات در اکسایش سوبسترا و ناهنجاری‌های متابولیکی عضلانی است و این کاهش در اکسایش چربی می‌تواند پتانسیل بالقوه‌ای برای چاقی باشد (گودپاستر و دیگران، ۲۰۰۲). در مطالعه حاضر احتمالا به دلیل جوان بودن آزمودنی‌ها، اختلالی در متابولیسم چربی مشاهده نشد، تغییری که ممکن است در سنین بالا رخ دهد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اکسیداسیون کربوهیدرات افراد چاق در حالت‌های پایه و حین فعالیت به طور معناداری بیشتر از افراد لاغر و با وزن طبیعی است. اکسیداسیون کربوهیدرات افراد با وزن طبیعی در حالت پایه به طور معناداری بیشتر از افراد لاغر بود؛ اما تفاوت معناداری در اکسیداسیون کربوهیدرات حین فعالیت افراد لاغر و وزن طبیعی مشاهده نشد. ناهمسو با مطالعه حاضر، گودپاستر و دیگران (۲۰۰۲) نشان داده‌اند که اکسیداسیون کربوهیدرات مردان چاق به طور معنی‌داری کمتر از مردان لاغر است. آن‌ها تغییر در اکسایش سوبسترا و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب را موجب کاهش سهم اکسیداسیون گلیکوژن و دلیل کسب نتایج بدست آمده دانسته‌اند. احتمالا بالاتر بودن اکسیداسیون کربوهیدرات افراد چاق نسبت به افراد لاغر در مطالعه حاضر به دلیل بیشتر بودن هزینه انرژی افراد چاق نسبت به افراد لاغر است که باعث افزایش سهم سوخت و ساز کربوهیدرات می‌شود. از آنجا که در مطالعه حاضر، اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات حین فعالیت در افراد چاق بیشتر بود و افراد چاق هزینه انرژی بیشتری در حین فعالیت داشتند؛ انجام فعالیت با این مدت و شدت احتمالا بتواند روش مناسبی برای کاهش وزن این افراد باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هزینه انرژی حین فعالیت افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر است، اما بین هزینه انرژی افراد چاق و افراد با وزن طبیعی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هزینه انرژی خالص نسبت به وزن بدون چربی بین سه گروه (چاق، لاغر و طبیعی) تفاوت معنی‌داری ندارد. توده عضلانی یک بخش فعال متابولیکی است (زانادری[1] و دیگران، ۲۰۰۳). در مطالعه حاضر مشاهده شد که افراد جوان و چاق از درصد توده عضلانی بیشتری نسبت به افراد لاغر و طبیعی (به ترتیب ۲۵/۶۳ و ۱۱/۵۸ درصد) برخوردار بودند، بنابراین ممکن است بیشتر بودن توده عضلانی در افراد چاق دلیل بیشتر بودن هزینه انرژی این افراد نسبت به دو گروه دیگر باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کارآیی مکانیکی خالص افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از افراد لاغر و طبیعی است و بین کارآیی افراد طبیعی و لاغر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. ناهمسو با مطالعه حاضر، لافورتنا و دیگران (۲۰۰۶) نشان داده‌اند که کارآیی خالص زنان چاق در حین رکاب زدن بر روی چرخ کارسنج به طورمعنی‌داری کمتر از زنان با وزن طبیعی است. همچنین لافورتنا و دیگران (۲۰۰۹) مشاهده کرده‌اند که کارآیی خالص دختران نوجوان چاق بر روی چرخ کارسنج به طور معنی‌داری کمتر از دختران نوجوان با وزن طبیعی می‌باشد. محققین نوع فعالیت و عضلات فعال درگیر در فعالیت را دلیل کسب نتایج خود عنوان کرده و بیان کرده اند که در فعالیت بر روی دوچرخه کارسنج، اندام‌های تحتانی بیشتر درگیر می‌شوند و احتمالا به دلیل وجود توده عضلانی بیشتر در اندام‌های تحتانی افراد چاق، هزینه انرژی این افراد بیشتر از افراد با وزن طبیعی می‌باشد و کارآیی مکانیکی این افراد تحت تاثیر قرار می‌گیرد. یکی از عوامل اثرگذار بر نتایج تحقیق حاضر نوع فعالیت است، زیرا فعالیت بر روی نوار گردان در مقایسه با چرخ کارسنج عضلات بالاتنه را بیشتر درگیر می‌کند. در مطالعه جابور و دیگران (۲۰۱۵) مشاهده شد

1. Zanardi

که تمرین با شدت بالا، باعث بهبود کارآیی مکانیکی بزرگسالان چاق می‌شود. محققین این بهبود کارآیی را به افزایش قدرت عضلانی و سازگاری متابولیکی نسبت دادند. این محققین بیان کرده‌اند که توانایی عضله برای انجام کار ممکن است به دلیل اختلال در قدرت عضلانی و اختلال در متابولیسم، کاهش یابد (جابور و دیگران، ۲۰۱۵).

با تحلیل شاخص‌های تن‌سنجی در مطالعه حاضر مشاهده شد که افراد جوان و چاق از درصد توده عضلانی بیشتری نسبت به افراد لاغر و طبیعی (به ترتیب ۲۵/۶۳ و ۱۱/۵۸ درصد) برخوردار بودند. در مطالعات گذشته درصد توده عضلانی افراد مدنظر قرار داده نشده است. با توجه به این که هزینه انرژی خالص نسبت به توده بدون چربی و همچنین اختلاف هزینه انرژی حین فعالیت و حالت پایه بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت و کار انجام شده توسط افراد چاق به طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه دیگر بود؛ کارآیی افراد چاق بیشتر بوده و احتمالا بالاتر بودن درصد توده عضله افراد چاق نسبت به دو گروه دیگر در مطالعه حاضر، دال بر بالاتر بودن کارآیی افراد چاق می‌باشد. در صورتی که افراد چاق مطالعه حاضر تنها از نظر درصد چربی در سطح بالاتری قرار داشتند، نتایجی مشابه با تحقیقات لافورتنا و دیگران (۲۰۰۶) و جابور و دیگران (۲۰۱۳) بدست می‌آمد. همچنین ممکن است تفاوت در نوع فعالیت از جمله دلایل بیشتر بودن کارآیی افراد چاق باشد. در مطالعات پیشین افراد بر روی چرخ کارسنج به فعالیت پرداخته‌اند، اما در مطالعه حاضر فعالیت بر روی نوارگردان انجام شد. با این حال، برای تفسیر و درک بهتر موضوع، تحقیق بیشتر و دقیق‌تر با در نظر گرفتن و بررسی توده بدون چربی افراد و همچنین نوع فعالیت ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر می‌توان گفت که دختران چاق در مقایسه با افراد لاغر و با وزن طبیعی، میزان متابولیسم سوبسترا و کارآیی مکانیکی خالص بیشتری دارند. اجرای استقامتی به واسطه کارآیی بالای فعالیت بهبود می‌یابد و افرادی که کارایی بالاتری دارند می‌توانند فعالیت را به مدت زمان طولانی‌تری انجام داده و دیرتر به خستگی می رسند (هورویتس[1]، ۱۹۹۴). از آن جایی که افراد چاق برای کاهش وزن نیازمند انجام فعالیت به مدت بیشتری هستند، کارآیی مشاهده شده (در افراد چاق) در مطالعه حاضر به معنای آن است که هنگام انجام فعالیت دیرتر به خستگی می رسند و می توانند با انجام فعالیت با مدت زمان بیشتر، وزن بدن خود را کاهش دهند.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی و مدیریت دانشکده علوم ورزشی دانشگاه حکیم سبزواری و کلیه آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Azizi, M., & Mohebi, H. (2014). Comparison of the effect of exercise with different intensities in the morning and evening on the maximum fat oxidation in obese and normal men. *Journal of Exercise Physiology, 19*, **31-42. [Persian]**

Blaak, E. E., & Saris, W. H. (2002). Substrate oxidation, obesity and exercise training. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism, 16*(**4**), **667-78.**

Coin, A., Sergi, G., Beninca, P., Lupoli, L., Cinti, G., Ferrara, L., ... & Enzi, G. (2000). Bone mineral density and body composition in underweight and normal elderly subjects. *Osteoporosis International, 11*(**12**), **1043-1050.**

Ehrman, J. (2010). *ACSMs Resource Manual for Guilelines for Exercise Testing and Prescription*. **Philadelphia: American College of Sports Medicine.**

1. Horowitz

Ezell, D. M., Geiselman, P. J., Anderson, A. M., Dowdy, M. L., Womble, L. G., Greenway, F. L., & Zachwieja, J. J. (1999). Substrate oxidation and availability during acute exercise in non-obese, obese, and postobese sedentary females. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders, 23***(10), 1047-1056.**

Fares, E. J, Isacco, L., Monnard, C. R., Miles-Chan, J. L., Montani, J., Schutz, Y., & Dulloo, A. G. (2017). Reliability of low power cycling efficiency in energy expenditure phenotyping of inactive men and women. *Physiological Reports, 5***(9), 1-13.**

Fax, E. L., & Mattus, D. K. (1981). *Physiology of Exercise***. Translated by Khaledan, A. Tehran: Tehran University. [Persian]**

Frayn, K. N. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology, 55***(2), 628-634.**

Goodpaster, B. H., Wolfe, R. R., & Kelley, D. E. (2002). Effects of obesity on substrate utilization during exercise. *Obesity Research, 10***(7), 575-584.**

Gyamirad, A., Azalialamdari, K., Choobineh, S., & Ebadishirmard, B. (2011). The effect of rehydration on anaerobic power and cardiac function in male club wrestler. *Journal of Applied Exercise Physiology, 12***, 17-30. [Persian]**

Hadavi, F., Farahani, A., & Eizadi, A. (2012). *Measurement, measure and evaluate physical education***. Tehran: Hatmi. [Persian]**

Horowitz, J. F., Sidossis, L. S., & Coyle, E. F. (1994). High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *International Journal of Sports Medicine, 15***(3), 152-157.**

Hulens, M., Vansant, G., Lysens, R., Claessens, A. L., & Muls, E. (2001). Exercise capacity in lean versus obese women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 11***(5), 305–309.**

Jabbour, G., Lambert, M., Loughlin, J. O., Tremblay, A., & Mathieu, M. E. (2013). Mechanical efficiency during a cycling test is not lower in children with excess body weight and low aerobic fitness. *Obesity, 21***(1), 107-114.**

Jabbour, G., & Iancu, H. D. (2015). Mechanical efficiency improvement in relation to metabolic changes in sedentary obese adults. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine, 1***, 000044.**

Jabbour, G., Tremblay, A., Henderson, M., & Mathieu, M. E. (2017). Mechanical efficiency in children with different body weight: a longitudinal assessment of the quality cohort. *Biology of Sport, 34***(1), 71-76.**

Jung, U. J., & Choi, M. S. (2014). Obesity and its metabolic complications: the role of adipokines and the relationship between obesity, inflammation, insulin resistance, dyslipidemia and nonalcoholic fatty liver disease. *International Journal of Molecular Sciences, 15***(4), 6184-6223.**

Kanaley, J. A., Weatherup, M. M., Alvarado, C. R., & Whitehead, G. (2001). Substrate oxidation during acute and with exercise and with exercise training in lean and obese women. *European Journal of Applied Physiology, 85***(1), 68-73.**

Kerherve, H. A., Harvey, L. M., Eagles, A. N., McLellan, C., & Lovell, D. (2020). Similar rates of fat oxidation during graded submaximal exercise in women of different body composition. *Plos One, 15***(11), e0242551.**

Khosravi, N., Sori, R., Mirshafei, A., & Gholijani, F. (2018). Effects 12 weeks of endurance training on serum levels of angiopoietin-like protein 4 and lipids profile obese in women aged 50-65 years. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 6***(11), 121-133. [Persian]**

Lafortuna, C. L., Agosti, F., Busti, C., Galli, R., & Sartorio, A. (2009). The energy cost of cycling and aerobic performance of obese adolescent girls. *Journal of Endocrinological Investigation, 32***(8), 647-652.**

Lafortuna, C. L., Proietti, M., Agosti, F., & Sartorio, A. (2006). The energy cost of cycling in young obese women. *European Journal of Applied Physiology, 97***(1), 16-25.**

Lanzi, S., Codecasa, F., Cornacchia, M., Maestrini, S., Salvadori, A., Brunani, A., & Malatesta, D. (2014). Fat oxidation, hormonal and plasma metabolite kinetics during a submaximal incremental test in lean and obese adults. *Plos One, 9***(2), 88707.**

Mackenzie, B. (2005). *101 Performance evaluation tests***. London: Electric Word plc.**

Mattsson, E., Larsson, U. E., & Rossner, S. (1997). Is walking for exercise too exhausting for obese women? *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders, 21***(5), 380-386.**

Perez-martin, A., Dumortier, M., Raynaud, E., Brun, J. F., Fedou, C., Bringer, J., & Mercier, J. (2001). Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people. *Diabetes & Metabolism, 27***(4Pt1), 466-474.**

Phillips, D. I., Caddy, S., Llic, V., Fielding, B., Frayn, K., Borthwick, A. C., & Taylor, R. (1996). Intramuscular triglyceride and muscle insulin sensitivity: evidence for a relationship in nondiabetic subjects. *Metabolism: Clinical and Experimental, 45***(8), 947-950.**

Pour Heydari, A., & Rahmaninia, F. (2018). Effects of aerobic training and detraining on body composition, lipid profile and insulin resistance in over weight policemen. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 6***(11), 85-93. [Persian]**

Sartorio, A., Proietti, M., Marinone, P. G., Agosti, F., Adorni, F., & Lafortuna, C. L. (2004). Influence of gender, age and BMI on lower limb muscular power output in a large population of obese men and women. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders, 28***(1), 91-98.**

Scott, K. P., & Edward, T. H. (2013). *Exercise physiology***. Translated by Ahmadizad, S., et al. vol 1. Tehran: Hatmi. [Persian]**

Slentz, C. A., Duscha, B. D., Johnson, J. L., Ketchum, K., Aiken, L. B., Samsa, G. P., ... & Kraus, W. E. (2004). Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of centrl obesity. *Archives of Internal Medicine, 164***(1), 31-9.**

Steffan, H. G., Elliott, W., Miller, W. C., & Fernhall, B. (1999). Substrate utilization during submaximal exercise in obese and normal-weight women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 80***(3), 233-239.**

Ven Baak, M. A. (1999). Exercise training and substrate utilisation in obesity. *International Journal of Obesity, 23***, 11-17.**

Volp Ayub, A., & Bar-or, O. (2003). Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 35***(4), 669-674.**

Wilmur, P. (2001). *Physiology of clinical exercise***. Translated by Nazem, F. Hamedan: Boalisina University. [Persian]**

Zanardi, M. C., Tagliabue, A., Orcesi, S., Berardinelli, A., Uggetti, C., & Pichiecchio, A. (2003). Body composition and energy expenditure in Duchenne muscular dystrophy. *European Journal of Clinical Nutrition, 57***, 273–278.**

Zolfaghari, F., Haghighi, A. H., & Hamedinia, M. R. (2018). The effect of two different doses of green tea on substrate metabolism and energy expenditure before, during and after one session of aerobic exercise in overweight and obese women. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences, 61***(3), 985-996. [Persian]**