پژوهش در علوم ورزشی شماره ۲۳، تابستان ۱۳۸۸، صص ۷۶ - ۶۱

مقایسهٔ هزینهٔ انرژی راه رفتن در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین دختران چاق و با وزن طبیعی

ندا آقایی[۱]، دکتر ارسلان دمیرچی[۲]، دکتر حمید محبی[۳]

۱. مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول
۲. استادیار دانشگاه گیلان
۳. دانشیار دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۱۰/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۷/۶/۴

چکیده

هدفِ پژوهش حاضر، بررسیِ هزینهٔ انرژی راه رفتن در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین دو گروه دانشجویان دختر غیرورزشکار چاق و با وزن طبیعی بوده است. آزمودنی‌های این پژوهش را تعداد ۱۹ دختر دانشجو که بر اساس شاخص تودهٔ بدن(BMI)به دو گروه چاق (n= ۹، BMI=۳۲/۱±۱/۷ کیلوگرم بر متر مربع) و با وزن طبیعی(n= ۱۰، BMI =۲۱/۴±۱/۴ کیلوگرم بر متر مربع) تقسیم شدند، تشکیل دادند. برای اندازه‌گیری هزینهٔ انرژی آزمودنی‌ها VO_2 و VCO_2، آزمودنی‌ها هنگامی‌که در شش سرعت (۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۷۵ متر بر ثانیه؛ در دوره‌های پنج دقیقه‌ای و بین هر دوره پنج دقیقه استراحت) راه می‌رفتند، توسط دستگاه تحلیل‌گر گاز اندازه‌گیری شد. هزینهٔ انرژی ایستادن در ابتدای آزمون و در شرایطی که آزمودنی‌ها بدون هیچ‌گونه تحرکی ایستاده بودند به مدت پنج دقیقه اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون افزایش معناداری در میزان هزینهٔ انرژی ناخالص (۰/۸± ۴/۳۱) و میزان هزینهٔ انرژی خالص (۰/۶± ۳/۲) گروه چاق در مقایسه با میزان هزینهٔ انرژی ناخالص (۰/۵± ۳/۱۳) و میزان هزینهٔ انرژی خالص (۰/۵± ۱/۲) گروه با وزن طبیعی نشان داد. این در حالی است که وقتی داده‌ها را نسبت به وزن بدن استاندارد کردیم، تفاوت بین دو گروه در رابطه با هر دو میزان هزینهٔ انرژی ناخالص و خالص معنادار نبوده است. بر این اساس، میزان هزینهٔ انرژی ناخالص افراد چاق بیشتر از افراد با وزن طبیعی است؛ این تفاوت

در میزان هزینهٔ انرژی خالص دو گروه نیز وجود دارد اما به دلیل میزان هزینهٔ انرژی ایستاده کمتر در افراد چاق، مقدار آن کمتر می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد وزن بدن، عامل اصلی تفاوت هزینهٔ انرژی در سرعت‌های مختلف راه رفتن بین زنان چاق و با وزن طبیعی باشد اما موارد دیگری نظیر: عوامل بیومکانیکی و فیزیولوژیکی نیز نقش مؤثری در این افزایش دارند.

کلیدواژه‌های فارسی: **هزینه انرژی، میزان هزینهٔ انرژی ناخالص، میزان هزینهٔ انرژی خالص.**

مقدمه

برخی از پژوهشگران ادعا می‌کنند با یک برنامه پیاده‌روی منظم میزان چربی بدن (۱)، چربی زیر پوستی (۲) و حتی لیپیدهای سرم (۳) کاهش می‌یابد. افراد چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی، در حین پیاده‌روی مقدار انرژی بیشتری مصرف می‌کنند (۷، ۶، ۵، ۴). این در حالی است که وقتی میزان هزینهٔ انرژی ناخالص (مجموع انرژی مصرفی فرد در هنگام استراحت و فعالیت) به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بیان می‌شود، تفاوت بین افراد چاق و دارای وزن طبیعی کاهش می‌یابد (۸ ،۹) این امر بیانگر این مطلب است که وزن بدن، تعیین‌کنندهٔ اصلی هزینهٔ انرژی راه رفتن است. اندازه‌گیری میزان هزینهٔ انرژی خالص (میزان هزینهٔ انرژی ناخالص – میزان هزینهٔ انرژی ایستاده) مقیاس مناسب‌تری از هزینهٔ انرژی حرکت راه رفتن را ارائه می‌دهد(۸). تحقیقاتی که به بررسی هزینهٔ انرژی یا میزان هزینهٔ انرژی ناخالص و خالصِ افراد چاق در مقایسه با دیگر افراد پرداخته‌اند، نشانگر نتایج متفاوتی بوده‌اند. برخی از مطالعات میزان هزینهٔ انرژی خالص را در افراد چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی به میزان ۱۰ الی ۱۵ درصد بیشتر گزارش کرده‌اند (۱۰، ۸، ۷)، در حالی که مطالعات دیگری که هزینهٔ انرژی را در دامنه‌ای از سرعت‌های مشخص در آزمودنی‌های چاق و دارای وزن طبیعی مقایسه کرده‌اند، افزایش بیشتری (تقریباً ۴۵ درصد) را

در هزینهٔ انرژی آزمودنی‌های چاق نشان داده‌اند (۱۱، ۴). ولپ ایوب[1] در پژوهش خود پسران چاق و لاغری که از نظر تودهٔ بدنی با هم همسان بودند را در سه سرعت کم تا زیاد از نظر هزینهٔ انرژی مورد بررسی قرار دادند. آنها تفاوتی در هزینهٔ انرژی در سرعت‌های پیاده‌روی کم (۱/۱ متر بر ثانیه) و متوسط (۱/۳ متر بر ثانیه) گزارش نکردند؛ اما در سرعت پیاده‌روی تند (۱/۶ متر بر ثانیه) هزینهٔ انرژی گروه چاق ۱۲ درصد بالاتر بود (۹)؛ اگرچه مطالعات نشان داده‌اند که در یک سرعت مشخص، میزان هزینهٔ انرژی راه رفتن به ازای هر کیلوگرم تودهٔ بدن در افراد چاق حدوداً صفر تا ۳۳ درصد بیشتر از افراد با وزن طبیعی است (۱۲، ۱۱، ۱۰، ۷، ۵). اما تأثیر سرعت‌های مختلف راه رفتن بر هزینهٔ انرژی این افراد را مشخص نکرده‌اند. با توجه به نتایج متفاوت و کمبود مطالعات انجام شده در این زمینه، پژوهش حاضر به بررسی میزان هزینهٔ انرژی ناخالص و خالص راه رفتن در دامنه‌ای از سرعت‌های تعیین‌شده(۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵ متر بر ثانیه) در زنان چاق و دارای اضافه وزن می‌پردازد.

جدول۱. مشخصات جسمانی آزمودنی‌های چاق و با وزن طبیعی

مشخصات جسمانی	چاق	با وزن طبیعی
سن(سال)	۲۳/۱ ±۱/۴	۲۳/۱ ±۲/۲
قد(سانتی‌متر)	۱۶۱/۸ ±۲/۹*	۱۶۴/۷ ±۲/۳
وزن(کیلوگرم)	۸۱/۸±۷/۴	۵۷/۳±۴/۴
شاخص تودهٔ بدن(کیلوگرم بر مترمربع)	۳۲/۱±۱/۷*	۲۱/۴±۱/۴
چربی بدن(درصد)	۳۶/۲±۱/۷*	۲۸/۳±۳/۲
تودهٔ بدون چربی(کیلوگرم)	۵۲/۲±۴/۶*	۴۱±۲/۵

مقادیر به صورت میانگین و انحراف استاندارد ارائه شده‌اند.

*درسطح $P\leq 0.05$ معنادار است.

1. Beatriz and Bar Or

روش‌شناسی پژوهش

جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان دختر غیر ورزشکار که در نیم سال دوم ۸۶-۱۳۸۵ کلاس‌های تربیت بدنی عمومی دانشگاه گیلان شرکت کرده‌اند، تشکیل داده‌اند. تعداد ۲۵ نفر دانشجوی دختر غیر ورزشکار، به صورت داوطلبانه آمادگی خود را جهت شرکت در این پژوهش اعلام کردند، سپس با توجه به شاخص تودهٔ بدن (BMI) مورد نظر، تعداد ۱۹ نفر به صورت غیرتصادفی هدفدار به عنوان آزمودنی انتخاب و به دو گروه با وزن طبیعی (n=۱۰) و چاق (n=۹) تقسیم شدند. مشخصات جسمانی آزمودنی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل از اجرای تحقیق، پرسشنامه و اطلاعات پزشکی ورزشی و فرم رضایت نامه توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد و در یک جلسه توجیهی با تجهیزات، روش انجام حرکات و اجرای تست به شکل صحیح آشنا شدند. آزمودنی‌ها سابقهٔ شرکت در فعالیت‌های بدنی منظم را حداقل به مدت سه سال قبل از اجرای آزمون نداشتند.

کلیهٔ آزمون‌ها در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان انجام شد. هر آزمودنی در سه جلسه جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در جلسه اول قد و وزن و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. جلسهٔ دوم، بعد از اینکه آزمودنی‌ها بدن خود را گرم کردند، حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. در جلسهٔ سوم یا آخر، هزینهٔ انرژی راه رفتن به مدت پنج دقیقه در شش سرعت ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ متر بر ثانیه توسط دستگاه تحلیل‌گر گاز (گازآنالایزر) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آزمون‌ها از سرعت کم به سرعت زیاد صورت گرفت و به آزمودنی‌ها اجازه داده شد که در هر سرعت، تواتر و طول گامی که در آن احساس راحتی می‌کنند را برگزینند. کلیه آزمون‌ها در دمای محیط آزمایشگاه بین ۲۴-۲۰ درجه سانتی گراد انجام شد.

چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها با استفاده از کالیپر لافایت[1] در چهار ناحیهٔ دو سر بازویی، سه سر بازویی، تحت کتفی و فوق خاصره اندازه‌گیری شد. اطلاعات در فرم ثبت نتایج چین زیرپوستی جمع‌آوری شد و با استفاده از معادلات دیورنین و ومرسلی و سایری درصد چربی بدن مورد محاسبه قرار گرفت، همچنین حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از پروتکل بروس اصلاح شده اندازه‌گیری شد. قبل از اجرای آزمون اصلی، آزمودنی‌ها به مدت پنج تا هشت دقیقه به گرم کردن خود پرداختند، سپس داوطلبان با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت (۱/۷ مایل) و شیب صفر درصد شروع به راه رفتن کردند. بعد از سه دقیقه شیب به اندازه ۲ درصد افزایش یافت. این پروتکل تا اعلام خستگی از سوی داوطلب ادامه پیدا کرد.

برای اندازه‌گیری هزینهٔ انرژی نیز، حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن دفعی در جریان فعالیت، توسط دستگاه گاز آنالایزر مدل Quark b_2 ساخت شرکت کازمد[2] کشور ایتالیا پس از کالیبره شدن اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. اندازه‌گیری هزینهٔ انرژی در شرایطی انجام شد که آزمودنی‌ها چهار ساعت ناشتا بودند. آزمودنی‌ها در شش سرعت ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ متر بر ثانیه به مدت پنج دقیقه روی نوارگردان (مدلCOSMEDT 150 DE MED ساخت کشور آلمان) راه می‌رفتند و بعد از هر پنج دقیقه راه رفتن به مدت پنج دقیقه استراحت می‌کردند. برای تعیین میزان هزینهٔ انرژی در حین ایستادن و راه رفتن، میزان اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن دفعی با استفاده از روش اندازه‌گیری نفس به نفس گازهای تنفسی توسط دستگاه گازآنالایزر اندازه‌گیری شد. در هر مرحله پنج دقیقه‌ای راه‌رفتن، سه دقیقهٔ اول به منظور رسیدن آزمودنی به حالت یکنواخت در نظر گرفته شد و در دو دقیقهٔ پایانی هر آزمون

1. Lafayette
2. Cosmed

میانگین VCO_2 و VO_2 محاسبه شد. میزان هزینهٔ انرژی ناخالص با فرمول زیر محاسبه شد:

$$EE = ۳/۷۸۱ \times VO_2 + ۱/۲۳۷ \times VCO_2$$

با تفریق میزان هزینه انرژی ایستادن از میزان هزینه انرژی ناخالص، میزان هزینه انرژی خالص اندازه‌گیری شد (۶ و ۸).

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده، علاوه بر استفاده از روش‌های آمار توصیفی از روش‌های آمار استنباطی شامل آزمون تحلیل واریانس با طرح عاملی (سرعت راه رفتن) ۸ × (ترکیب بدن)۲ و از آزمون t مستقل به عنوان آزمون تعقیبی استفاده شد. سطح آماری قابل قبول در این تحقیق $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، نرم افزار SPSS مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

مقادیر VO_{2max} و هزینهٔ انرژی ایستادن دو گروه در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که در جدول نیز نشان داده شده، بین VO_{2max} آزمودنی‌ها تفاوت معناداری وجود نداشته است. همچنین هزینهٔ انرژی ایستادن به طور معناداری در زنان چاق کمتر بوده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

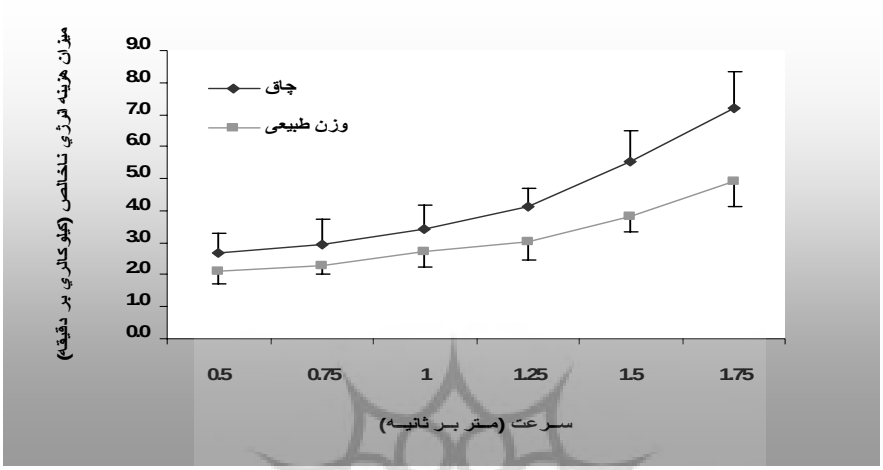
جدول۲. هزینهٔ انرژی ایستادن و VO_{2max} آزمودنی‌ها

متغیرها	چاق	با وزن طبیعی
میزان هزینهٔ انرژی ایستادن(کیلوکالری بر دقیقه)	۱/۲±۰/۴	۱/۲±۰/۲
میزان هزینهٔ انرژی ایستادن(وات بر کیلوگرم)	۱±۰/۳*	۱/۵±۰/۳
VO_{2max}(میلی‌لیتر بر دقیقه)	۱۸۲۱/۲±۴۴۸/۷	۱۶۲۸/۶±۲۵۸/۵
VO_{2max} (میلی‌لیتر اکسیژن بر کیلوگرم بر دقیقه)	۲۲/۳±۵/۱	۲۸/۷±۶/۲

مقادیر به صورت میانگین و انحراف استاندارد ارائه شده‌اند.
*درسطح ۰/۰۵ ≥P معنادار است.

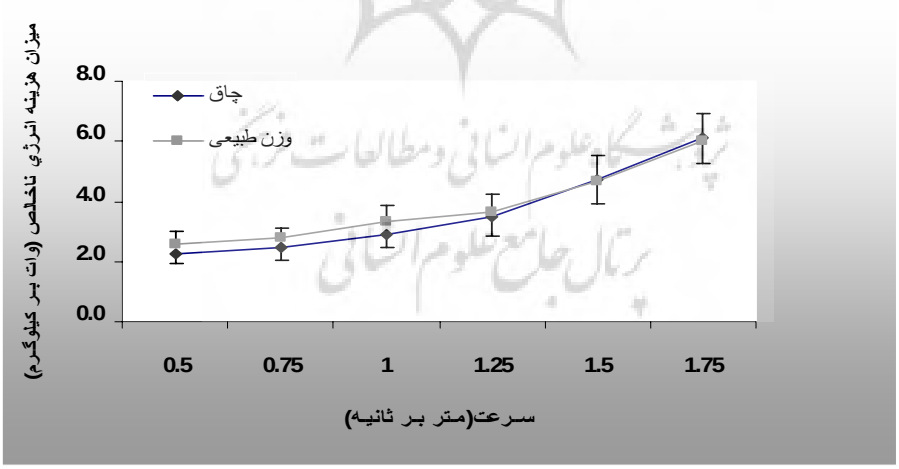
بین میزان هزینهٔ انرژی ناخالص دو گروه در تمام سرعت‌ها تفاوت معناداری وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود، در سرعت‌های کمتر تفاوت بین دو گروه کم است، در حالی‌که در سه سرعت بالا این اختلاف بیشتر می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



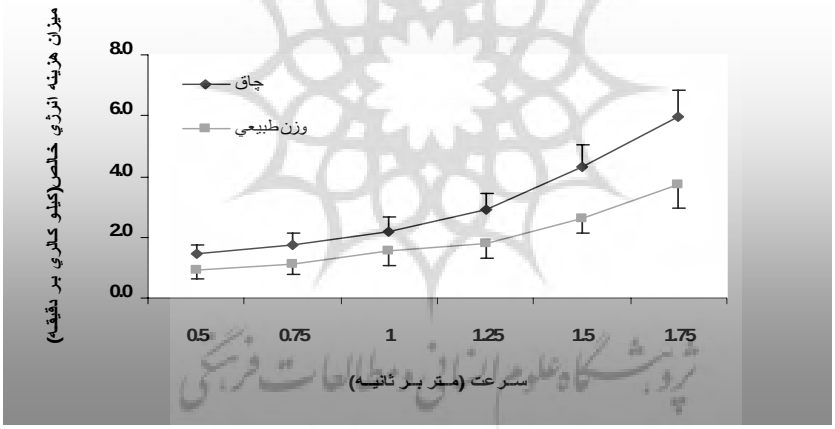
نمودار ۱. تغییرات میزان هزینهٔ انرژی ناخالص در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین زنان با وزن طبیعی و زنان چاق

زمانی که میزان هزینهٔ انرژی ناخالص را به ازای وزن بدن استاندارد کردیم، تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد.



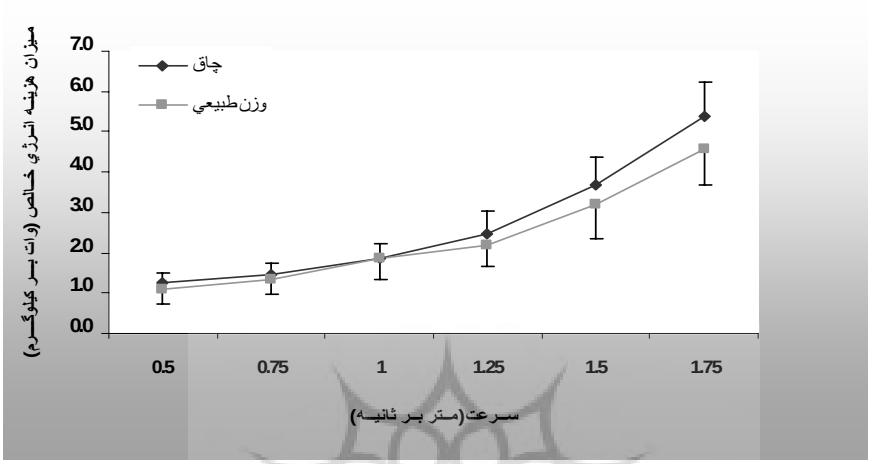
نمودار ۲. تغییرات میزان هزینهٔ انرژی ناخالص به ازای وزن بدن در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین زنان با وزن طبیعی و زنان چاق

بین میزان هزینهٔ انرژی خالص دو گروه در تمام سرعت‌ها تفاوت معناداری وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۳ نیز نشان داده شده است، در سرعت‌های کمتر تفاوت بین دو گروه کم است، در حالی که در سه سرعت بالاتر این اختلاف بیشتر می‌شود. روند افزایش مقادیر میزان هزینهٔ انرژی خالص، با میزان هزینهٔ انرژی ناخالص مشابه است، با این تفاوت که مقادیر آن به علت کم شدن میزان هزینهٔ انرژی ایستادن، کمتر از مقادیر میزان هزینه انرژی ناخالص می‌باشد.



نمودار ۳. تغییرات میزان هزینهٔ انرژی خالص در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین زنان با وزن طبیعی و زنان چاق

زمانی که میزان هزینهٔ انرژی ناخالص را به ازای وزن بدن استاندارد کردیم، از نظر آماری تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد. اما همان‌طور که در شکل نیز نشان داده شده است، تفاوت میان دو گروه در سرعت‌های بالاتر افزایش می‌یابد.



نمودار ۴. تغییرات میزان هزینهٔ انرژی خالص به ازای وزن بدن در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین زنان با وزن طبیعی و زنان چاق

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد، میزان هزینهٔ انرژی خالص زنان چاق ۶۸ درصد بیشتر از زنان با وزن طبیعی است. این در حالی است که وقتی مقادیر فوق را به صورت نسبی و به ازای وزن بدن بیان می‌کنیم، مقدار آن به ۱۲ درصد کاهش می‌یابد (به ترتیب : ۲/۷۱ و ۲/۳۸ در آزمودنی‌های چاق و با وزن طبیعی). لزر[1] انرژی مصرفی راه رفتن افراد چاق نسبت به افراد غیرچاق را ۷۱ درصد بیشتر گزارش کرد، بدین ترتیب وقتی که این مقدار نسبت به وزن بدن یا وزن بدون چربی (FFM) استاندارد شد، تنها ۱۶ درصد تفاوت را نشان داد (۱۳). برونینگ و کرام[2]، ماتسون و همکاران[3] و

1 . Lazzer
2. Browning & Kram
3. Mattsson et al

ملانسون و همکاران[1] نیز مقادیر مشابهی را ذکر کردند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۱۰، ۸، ۷). ملانسون و همکاران (۲۰۰۳) معادلات رگرسیونی را ارائه کردند که میزان هزینهٔ انرژی خالص راه رفتن در سرعت ۱/۴ متر بر ثانیه را در افراد چاق (BMI=۳۵ کیلوگرم بر مترمربع) نسبت به افراد با وزن طبیعی تنها ۱۰ درصد بیشتر پیش‌بینی می‌کرد (۱۰). مطالعه‌ای که توسط فریزچوز و ملچر[2] (۱۹۷۸) روی زنان و مردان چاق کلاسIII (BMI≤۴۰ کیلوگرم بر متر مربع) و با وزن طبیعی در سرعت یک متر بر ثانیه حین راه رفتن در دامنه‌ای از شیب‌های مختلف صورت گرفت، بیانگر بالاتر بودن اکسیژن مصرفی به مقدار ۳۳ درصد در آزمودنی‌های چاق نسبت به آزمودنی‌های با وزن طبیعی بوده است (۵). فوستر و همکاران[3] (۱۹۹۵) گزارش کردند، وقتی که افراد چاق کلاس II (BMI=۳۹ کیلوگرم بر متر مربع) روی شیب کمی راه می‌رفتند، میزان هزینهٔ انرژی خالص آنها به اندازهٔ ۴۵ درصد نسبت به آزمودنی-های با وزن طبیعی بیشتر می‌شد (۴). راه رفتن روی شیب کم، میزان هزینهٔ انرژی خالص را تقریباً ۱۵ درصد افزایش می‌دهد (۱۴)، بنابراین تفاوت در میزان هزینهٔ انرژی خالص بین مطالعهٔ فوستر و همکاران با نتایج پژوهش حاضر به اندازهٔ ۱۸ درصد می‌باشد. ممکن است راه رفتن روی شیب، انرژی مصرفی در افراد چاق را به طور نامناسبی افزایش دهد، همچنین بالا بودن BMI آزمودنی‌های پژوهش‌های فوق ممکن است منجر به افزایش هزینهٔ انرژی آزمودنی‌های چاق به میزان بیشتری شود. آزمودنی‌های چاق ما در این پژوهش، دخترانی بودند که حدوداً ۲۷ کیلوگرم اضافه وزن داشتند؛ اگر این مقدار را به عنوان بار خارجی در نظر بگیریم، یعنی آنها حدوداً باری به اندازهٔ ۳۳ درصد وزنشان را به طور طبیعی حمل می‌کردند. گریفین و

1. Melanson et al
2. Freyschuss & Melcher
3. Foster et al

همکاران[1] (۲۰۰۳) دریافتند زمانی که افراد با وزن طبیعی با بار خارجی برابر با ۳۰ درصد تودهٔ بدن که اطراف کمر حمل می‌شد راه می‌رفتند، میزان هزینهٔ انرژی خالص آنها ۴۷ درصدافزایش می‌یافت (۱۵). هنگامی‌که مقدار مورد نظر را نسبت به وزن کل استاندارد کردند (وزن بار + وزن بدن) میزان هزینهٔ انرژی خالص تنها به اندازه ۱۵ درصد افزایش یافت. همچنین مطابق با معادله‌ای که توسط پاندولف و همکاران[2] گزارش شد، آزمودنی‌های با وزن طبیعی هنگامی‌که در سرعت ۱/۴ متر بر ثانیه و در حالی‌که یک کوله‌پشتی ۳۶ کیلوگرمی حمل می‌کنند راه بروند، میزان هزینهٔ انرژی خالص آنها به اندازه ۱۵ درصد افزایش می‌یابد (۱۴). بنابراین اطلاعات فوق نشان می‌دهد که حمل بار خارجی اطراف کمر و بافت چربی اضافی، تأثیرات مشابهی بر هزینهٔ انرژی راه رفتن دارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین هزینهٔ انرژی خالص و ناخالص زنان چاق با زنان وزن طبیعی تفاوت معناداری وجود دارد. در حالی که وقتی داده‌ها نسبت به وزن بدن استاندارد شدند، تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد. باستین و همکاران[3] (۲۰۰۵) هزینهٔ انرژی راه رفتن افراد با وزن طبیعی را در حالی که بارهایی از صفر تا ۷۵ درصد وزن بدنشان حمل می‌کردند، اندازه‌گیری کردند (۱۶)، که در رابطه با میزان هزینهٔ انرژی ناخالص و خالص به شکل مطلق، هزینهٔ انرژی با افزایش بار افزایش می‌یافت. این افزایش در سرعت‌های تندتر راه رفتن بیشتر بود. آنها این‌طور نتیجه‌گیری کردند که هزینهٔ انرژی به صورت خطی نسبت به بار حمل شده افزایش می‌یابد، یا به عبارتی افزایش در هزینهٔ انرژی خالص و ناخالص نسبتی از بار حمل شده در یک سرعت

1. Griffin et al
2. Pandolf et al
3. Bastien et al

مشخص است. نتایج پژوهش باستین و همکاران در این رابطه با نتایج ما همخوانی دارد، در حالی که وقتی آنها مقادیر به‌دست آمده را نسبت به وزن بدن استاندارد کردند، نتایج متفاوتی را گزارش کردند. آنها نشان دادند میزان هزینهٔ انرژی ناخالص به ازای وزن بدن مستقل از بار حمل شده است، چون در هر سرعت مشخص میزان هزینهٔ انرژی ناخالص مستقیماً نسبتی برای وزن کل است؛ یعنی در هر سرعت همان‌طور که بار افزایش می‌یابد، میزان هزینه انرژی ناخالص افزایشی را نشان نمی‌دهد؛ در مقابل، هزینهٔ انرژی ناخالص به ازای وزن بدن با افزایش بار زیاد می‌شود.

نتایج پژوهش ما در رابطه با هزینهٔ انرژی ناخالص به ازای وزن بدن، با نتایج باستین و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد اما در مورد هزینهٔ انرژی خالص به ازای وزن بدن برخلاف انتظار محقق، تفاوت معناداری مشاهده نشده است. همچنین میزان هزینهٔ انرژی ناخالص هنگامی که نسبت به وزن بدن بیان شد در هر دو گروه از سرعت ۰/۵ تا ۱/۷ متر بر ثانیه بیش از دو برابر افزایش نشان می‌داد که این امر با مطالعات قبل در این زمینه همخوانی دارد (۱۶،۸). بئاتریز و بار اُر پسران چاق و لاغری که از نظر وزن بدن با هم سازگار شده بودند اما از نظر درصد چربی با هم متفاوت بودند را در سه سرعت راه رفتن آهسته تا تند (۶۷، ۸۶ و ۱۰۰ متر بر دقیقه) مورد بررسی قرار داد. نتایج پژوهش آنها حاکی از عدم وجود تفاوت معنادار در هزینهٔ انرژی دو گروه در سرعت‌های ۶۷ و ۸۶ متر بر دقیقه بود، اما در سرعت پیاده‌روی تندتر(۱۰۰ متر بر دقیقه) هزینهٔ انرژی گروه چاق ۱۲ درصد بالاتر بود. کچ و همکاران[1] (۱۹۹۳) نیز هزینهٔ انرژی جوانان چاق و لاغر را در چهار سرعت اندازه‌گیری کردند(۱۷). آنها گزارش کردند میزان هزینهٔ انرژی گروه چاق در تندترین سرعت پیاده‌روی بیشتر بود. در رابطه با پژوهش حاضر به نظر می‌رسد اختلاف زیاد آزمودنی‌ها با هم و در نتیجه

1. Katch et al.

انحراف استانداردهای بالا در رابطه با میزان هزینهٔ انرژی خالص منجر به عدم معناداری تفاوت دو گروه در سرعت‌های بالا شده است؛ این در حالی است که اختلاف میانگین مشاهده شده در پژوهش حاضر (۱۲ درصد)، با نتایج مطالعات دیگر در این زمینه همخوانی دارد (۱۳، ۸، ۶). همچنین تفاوت مشاهده شده در سه سرعت ۱/۲۵، ۱/۵ و ۱/۷۵ متر بر ثانیه، به ترتیب ۱۳، ۱۵ و ۱۷ درصد است که نشان می‌دهد آزمودنی‌ها در این سه سرعت با وجود استاندارد شدن نسبت به وزن، تفاوت زیادی با هم دارند. کچ و همکاران (۱۹۹۳) اعلام کردند علت این امر ممکن است تفاوت‌های مکانیکی شیوهٔ (استیل) گام برداشتن در افراد چاق باشد که اقتصاد پیاده‌روی در سرعت‌های بالاتر را کاهش می‌دهد. این در حالی است که بئاتریز و همکاران علت تفاوت در سرعت‌های بالاتر را ناشی از تفاوت‌هایی در تهویه آزمودنی‌های چاق عنوان کردند و نشان دادند تنها در بالاترین سرعت پیاده‌روی تهویهٔ آزمودنی‌های چاق نسبت به آزمودنی‌های با وزن طبیعی بیشتر بوده است. محققان دیگری نیز این امر را تأیید کرده‌اند (۱۹، ۱۸).

در پژوهش حاضر طول گام هر دو گروه یکسان بوده است اما متغیرهای بیومکانیکی دیگری نظیر پهنای گام و دوره معلق بودن پا می‌توانند بر هزینهٔ انرژی تأثیر بگذارند. اگرچه در پژوهش حاضر، این دو عامل در آزمودنی‌ها اندازه‌گیری نشده است. اما اسپیروپولس و همکاران[1] گزارش دادند که افراد چاق با پهنای گامی که دو برابر افراد با وزن طبیعی است و زاویه دور شدن لگن که در افراد چاق در مقایسه با افراد با وزن طبیعی به ترتیب ۱۹ و ۹ درجه می‌باشد، راه می‌روند (۲۰). افزایش پهنای گام به اندازهٔ دو برابر حالت طبیعی در افراد با وزن طبیعی منجر به افزایش هزینهٔ انرژی به اندازهٔ ۲۵ درصد می‌شود (۲۱). همچنین افزایش دورهٔ نوسان پا هزینهٔ انرژی را بیش

1. Spyropoulos et al

از ۳۰ درصد افزایش می‌دهد (۲۰). افراد چاق همچنین کاهش ثبات وضعیت بدن (پوسچر) را نشان می‌دهند (۲۲) که این امر موجب عدم ثبات بیشتر و در نتیجه عمل عضلات جبران‌کننده است. این موضوع ممکن است هزینهٔ انرژی راه رفتن را افزایش دهد (۲۳). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که ثبات جانبی در حین راه رفتن منجر به تقریباً ۶ درصد هزینهٔ انرژی در افراد غیرچاق می‌شود (۲۴). ممکن است افراد چاق هزینهٔ حمایت از وزن بدن خود را از طریق راه رفتن با پای کشیده و راست و پاسچر صاف کاهش دهند (۲۵)؛ این سازگاری نیروی عضلانی مورد نیاز برای حمایت از وزن بدن را کاهش می‌دهد، به علاوه افراد چاق ممکن است به منظور استفاده از مزایای حرکت خارجی، برای بهبود بازیافت انرژی مکانیکی گام‌های پهن‌تری بردارند، مانند پدیده‌ای که در پنگوئن‌ها مشاهده شده است. هاواری[1] (۱۹۹۸) نیز بعد از پایان عمل جراحی و کاهش معنادار وزن در زنان با عارضه چاقی، افزایش نسبت زمان نوسان بر زمان سکون را گزارش کرد که این امر نشان‌دهندهٔ تمایل افراد چاق به حفظ تعادل بیشتر نسبت به افراد غیرچاق در حین گام‌برداشتن است (۲۶). مجموع این عوامل منجر به افزایشی در هزینهٔ انرژی بسیار بیشتر از ۱۲ درصد مشاهده شده در این مطالعه می‌شود. این تفاوت کم، نشان‌دهندهٔ سازگاری طولانی‌مدت افراد چاق نسبت به افزایش بافت چربی و در نتیجه حمل این بافت سنگین در عین صرفه‌جویی در انرژی مصرفی است. این امر، مشابه حمل بارهایی سنگین توسط زنان افریقایی بدون افزایشی در هزینهٔ انرژی می‌باشد. مالیویی در این زمینه پیشنهاد کرد که احتمالاً تمرین کردن به طور طبیعی و نیز تغییرات آناتومیکی از دوران کودکی باعث می‌شود این زنان بتوانند این گونه بارها را بدون افزایش در انرژی مصرفی حمل کنند (۲۷).

1. Hawary et al

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که وزن بدن، علت اصلی افزایش هزینهٔ انرژی در سرعت‌های بالای راه رفتن است؛ اما دلایل دیگری مانند تهویه و عوامل بیومکانیکی نیز در این امر دخیل‌اند. در حالی که مجموع عوامل فیزیولوژیکی و بیومکانیکی منجر به افزایش هزینهٔ انرژی راه رفتن می‌شود، سازگاری‌هایی که افراد چاق به طور طبیعی در راه رفتن کسب کرده‌اند، منجر به صرفه‌جویی بسیار زیادی در انرژی مصرفی در حین راه رفتن خواهد شد.

منابع:

1. Thompson, D.L, Rakow J, S.M Perdue. (2004) Relationship between accumulated walking and body composition in middle-aged women . Medicine and science in sport and exercise, 36(5):911-914.
2. Miyatake N, N Hidetaka, A Morishita and et al. (2002). Daily walking reduces visceral adipose tissue areas and improves insulin resistance in Japanese obese subjects. Diabetes Research and Clinical Practice. 58:101-107.
3. Davison R, Hardman A. (1997). Walking to health. Sport medicine. 23(5):306-332.
4. Foster G.D., Wadden T.A., Kendrick Z.V., Letizia K.A., et al. (1995). The energy cost of walking before and after significant weight loss. Med Sci Sports Exerc. 27:888-889.
5. Freyschuss U and Melcher A (1978). Exercise energy expenditure in extreme obesity: influence of ergometry type and weight loss. Scandinavian journal of clinical & laboratory investigation. 38 : 753-759.
6. Malatesta D, Simar D, Dauvilliers Y, Candau r, Borriani F, Prefaut C, and Caillaud C. (2003). Energy cost of walking and gait instability in healthy 65 and 80 yr olds, J appl Physiol. 95:2248-2256.
7. Mattsson E., Larsson UE and Rossner S. (1997). Is walking for exercise too exhausting for obese women? International journal of obesity & related metabolic disorders: Journal of International Association for the study of obesity, 21:380-386.
8. Browning RC and Kram R. (2005). Energetic cost and preferred speed of walking in obese vs. normal weight women. Obes R Res 13:891-899.

9. Volpe Ayub B., and Bar-or O (2002). Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. Med Sci Sports 669-674.

10. Melanson EL., Bell ML., Knoll JR., Coelho LB et al. (2003). Body mass index and sex influence the energy cost of walking at self-selected speeds. Med Sci Sports 35: S183.

11. Bloom WL., Marshall FE. (1967). The comparison of energy expenditure in the obese and lean. Metabolism 16: 685-777.

12. Ohrstrom M., Hedenbro J., Ekelund M. (2001). Energy expenditure during treadmill walking before and after vertical banded gastroplasty: a one-year follow-up study in 11 obese women. Eur J Surg 167:845-895.

13. Lazzer S., Boirie Y., Butar A., Montaurier Ch et al. (2003). Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and none-obese adolescents 78(3):471.

14. Pandolf KB., Givoni B. and Goldman RF. (1977). Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. J appl Physiol 43:577-581.

15. Griffin TM., Roberts TJ and Kram R. (2003). Metabolic cost of generating muscular force in human walking: insights from load-carrying and speed experiment, J appl Physiol. 95:172-183.

16. Bastien GJ., Willems PA., Schepens B., Heglund NC. (2005). Effect of load and speed on the energetic cost of human walking. Eur J appl Physiol, 94:76-83.

17. Katch, V., Becque M.D, C Marks, C. Moorehead, and A, Rocchini. (1993). Oxygen uptake and energy output during walking in obese children. Elecrtomyogr. Clin. Neurophysiol. 33:225-223.

18. Rowland, T.W. (1991). Effects of obesity on aerobic fitness in adolescent females. Am. J. Dis. Child. 145:764-768.

19. Whipp, B.J., and J.A. Davis. (1984). The ventilatory stress of exercise in obesity, Am. Rev. Respir. Dis. 129(suppl):S90-92.

20. Spyropoulos P., Pisciotta JC, Pavlou KN, Carins MA, and Simon SR. (1991). Biomechanical gait analysis in obese men. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation. 72: 1065-1070.

21. Donelan JM, Kram R, and Kuo AD. (2001). Mechanical and metabolic determinants of the preferred step width in human walking. Proc R Lond B Biol Sci. 268: 1985-1992.

22. McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, Ward DS. (2000). Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys, Arch Phys Med Rehabil. 81:484-493,.

23. Hoffman M.D., Sheldahl L.M, Buley KJ, Sandford PR. (1997). Physiological comparison of walking among bilateral above knee amputee and able-bodied subjects, and a model to account for differences in metabolic cost. Arch Phys Med Rehabil. 78:385-477.

24. DeVita P and Hortobagyi T. (2003). Obesity is not associated with increased knee jointed torque and power during level walking. J Biomech. 36:1355-1362.

25. Biewener AA., Farley CT., Roberts TJ and Temaner M. (2004). Muscle mechanical advantage of human walking and running: implication for energy cost, J appl Physiol. 97:2266-2274.

26. Hawary EL., Staanish W, Kozey J, Kirby L, MacLeod D, Perey B. (1998). Weight reduction: Effects on the gaite of obese women: Presented at NACOB 98 North American Congress on Biomechanics, Cas\nadaian Society of Biomechanics-Ameaican Society of Biomechanics, August. 14-18.

27. Maloiy, G.M.O., Heglund N.C, Prager L.M, et al. (1986). Energetic cost of carrying loads: Have African women discovered an economic way? Nature 319:668 - 669.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی