پژوهش در علوم ورزشی شماره ۲۵، زمستان ۱۳۸۸، صص ۱۷۰-۱۵۹

مقایسهٔ‌سرعت ترجیحی و هزینهٔ‌انرژی راه رفتن بین زنان چاق و با وزن طبیعی

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

۱. کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی
۲. استاد دانشگاه گیلان
۳. دانشیار دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱۰/۱۶ پذیرش مقاله: ۸۸/۱۱/۵

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی و مقایسه سرعت راه‌رفتن ترجیحی (PWS) و هزینهٔ انرژی راه رفتن در دامنه‌ای از سرعت‌ها بین زنان چاق و با وزن طبیعی می‌باشد. آزمودنی‌های این پژوهش را ۱۹ دختر دانشجوی غیرورزشکار تشکیل می‌دادند که بر اساس شاخص تودهٔ بدن به دو گروه چاق (n= ۹، ۱/۷±۳۲/۱= شاخص توده بدن) و با وزن طبیعی (n= ۱۰، ۱/۴±۲۱/۴= شاخص توده بدن) تقسیم شدند. حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها با استفاده از پروتکل بروس اصلاح شده و توسط دستگاه گازآنالایزر تعیین شد. PWS آزمودنی‌ها در پیست دو و میدانی و در مسافت ۷۰ متری اندازه‌گیری شد. هزینهٔ انرژی آزمودنی‌ها در ۶ سرعت راه رفتن (۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۷۵ متر بر ثانیه؛ در دوره‌های ۵ دقیقه‌ای و بین هر دوره ۵ دقیقه استراحت) بر روی تردمیل توسط دستگاه گازآنالایزر اندازه‌گیری شد. از آزمون t مستقل برای مقایسهٔ قد، تودهٔ بدن، تودهٔ بدون چربی، درصد چربی بدن، VO_2max و PWS دو گروه و از آزمون آماری تحلیل واریانس دو طرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر برای مقایسهٔ هزینهٔ انرژی استفاده شد. نتایج آماری پژوهش نشان داد که بین PWS (۰/۱±۱/۲ متر بر ثانیه در مقابل ۰/۱±۱/۳ متر بر ثانیه) و هزینهٔ انرژی در این سرعت (۰/۶±۴ ژول بر کیلوگرم بر متر در مقابل ۰/۶±۲/۷ ژول بر کیلوگرم بر متر) در دختران چاق در مقایسه با وزن طبیعی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. سرعت بهینه در دختران چاق برابر با ۱/۲۳ متر بر ثانیه و در دختران با وزن طبیعی برابر با ۱/۳ متر بر ثانیه بود که انرژی مصرفی در این سرعت‌های به ترتیب ۲/۸۷ و ۲/۷۵ ژول بر کیلوگرم بر متر بود. بر اساس PWS و سرعت بهینهٔ تعیین شده مشخص شد که هر دو گروه به‌طور طبیعی سرعتی را اتخاذ می‌کنند که در آن هزینهٔ انرژی حداقل می‌باشد.

کلیدواژه‌های فارسی: سرعت راه رفتن ترجیحی، هزینهٔ انرژی در واحد مسافت، سرعت بهینه.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

برخی از پژوهشگران ادعا می‌کنند با یک برنامهٔ پیاده‌روی منظم میزان چربی بدن(۱)، چربی زیر پوستی(۲) و حتی لیپیدهای سرم(۳) کاهش می‌یابد. میزان تأثیر یک فعالیت منظم هوازی نظیر پیاده‌روی، به مدت و سرعت آن بستگی دارد. سرعت یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر هزینهٔ انرژی راه رفتن می‌باشد. در واقع برای هر فرد سرعتی وجود دارد که مقدار انرژی مورد نیاز برای راه رفتن در یک مسافت مشخص را به حداکثر می‌رساند(۴). همچنین تنظیم وزن افراد هنگامی‌که بتوانند مقدار هزینهٔ انرژی (EE)[۱۵۱] حین فعالیت را تعیین کنند مؤثرتر خواهد بود(۵). میزان انرژی مصرفی در رابطه با سرعت راه رفتن به شکل خطی[۱۵۲] افزایش می‌یابد(۶). افراد چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی مقدار انرژی متابولیکی بیشتری حین پیاده‌روی در سرعت‌های مشابه مصرف می‌کنند (۱۱-۷) که این امر به BMI بیشتر افراد چاق مرتبط می‌باشد(۱۲). از طرفی دیگر گفته می‌شود سرعت راه رفتن ترجیحی (PWS)[۱۵۳]، میزان انرژی مصرفی به هنگام راه رفتن افراد بالغ با وزن طبیعی و چاق را تحت تأثیر قرار می‌دهد(۴). PWS سرعتی است که افراد به‌صورت طبیعی حین پیاده‌روی برمی‌گزینند. گفته می‌شود انتخاب این سرعت توسط دستگاه عصبی مرکزی و به‌منظور به حداقل رساندن هزینه انرژی مصرفی صورت می‌گیرد (۱۳و۱۴). از عوامل تأثیرگذار بر PWS می‌توان به سن، جنسیت و ترکیب بدنی اشاره کرد. مطالعات در مورد PWS افراد چاق و دارای وزن طبیعی نتایج متفاوتی را نشان داده است. برخی مطالعات PWS افراد چاق را کمتر از افراد دارای وزن طبیعی ذکر نمودند (۱و۱۶) درحالی‌که مطالعات

---

151. Energy Expenditure

152. Curvilinearly

153. Preferred Walking Speed

دیگر PWS این افراد را برابر با افراد دارای وزن طبیعی گزارش کردند (۱۵،۱۲،۱۱). با توجه به نتایج متفاوت در این زمینه، پژوهش حاضر در نظر دارد PWS افراد چاق و با وزن طبیعی را تعیین و مورد مقایسه قرار دهد.

همان‌طور که ذکر شد افراد چاق مقدار انرژی بیشتری را حین پیاده‌روی در سرعت‌های مشابه مصرف می‌کنند این در حالیست که وقتی هزینهٔ انرژی ناخالص (مجموع انرژی مصرفی فرد حین استراحت و فعالیت) به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بیان می‌شود، تفاوت هزینهٔ انرژی مصرفی بین افراد چاق و دارای وزن طبیعی کاهش می‌یابد (۴و۱۷). مطالعاتی که در زمینهٔ هزینهٔ انرژی به ازای مسافت راه رفتن در رابطه با سرعت پیاده‌روی انجام گرفته است، نمودار U شکلی را در هر دو گروه افراد چاق و افراد با وزن طبیعی نشان داده‌اند (۴). با توجه به نمودار مذکور و با استفاده از معادلات رگرسیونی می‌توان سرعت بهینه[۱۵۴] که برابر با سرعتی است که در آن حداقل هزینهٔ انرژی مصرف می‌شود را در دو گروه پیش‌بینی کرد. حداقل هزینهٔ انرژی در هر واحد مسافت برای بزرگسالان با وزن طبیعی حدوداً در سرعت ۱/۴ متر بر ثانیه گزارش شده است که تقریباً برابر با ۳۶ درصد ظرفیت هوازی آنها می‌باشد(۵). در حال حاضر اطلاعات اندکی در رابطه با منحنی تغییرات انرژی به ازای مسافت راه رفتن و نیز سرعت بهینه در افراد چاق موجود است. در این پژوهش سعی شده است علاوه بر تعیین موارد مذکور در گروه چاق، به مقایسهٔ آن با وزن طبیعی پرداخته شود.

روش پژوهش

جامعهٔ آماری این پژوهش را دانشجویان دختر غیرورزشکار کلاس‌های تربیت بدنی عمومی دانشگاه گیلان تشکیل می‌دادند. تعداد ۲۵ دانشجوی دختر غیرورزشکار، به‌صورت داوطلبانه آمادگی خود را برای شرکت در این پژوهش اعلام کردند.

---

[154]. Optimal speed

سپس با توجه به BMI مورد نظر، تعداد ۱۹ نفر به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند و به دو گروه با وزن طبیعی (n=۱۰) و چاق (n=۹) تقسیم شدند. مشخصات جسمانی آزمودنی‌ها در جدول شمارهٔ ۱ گزارش شده است. پیش از اجرای تحقیق، آزمودنی‌ها پرسشنامهٔ اطلاعات پزشکی ورزشی و فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند و در یک جلسهٔ توجیهی با تجهیزات و اجرای آزمون‌ها به شکل صحیح آشنا شدند.

جدول ۱. 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 توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۲/۱±۱/۷	۲۱/۴±۱/۴
درصد چربی	۳۶/۲±۱/۷*	۲۸/۳±۳/۲
توده بدون چربی (کیلوگرم)	۵۲/۲±۴/۶*	۴۱±۲/۵

مقادیر به‌صورت میانگین و انحراف استاندارد ارائه شده‌اند.

*درسطح ۰/۰۵ ≥P معنی‌دار است.

هر یک از آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ جداگانه شرکت کردند. در جلسهٔ اول قد، وزن، درصد چربی بدن و PWS آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در جلسهٔ دوم پس از اینکه آزمودنی‌ها بدن خود را گرم کردند VO_2max آنها مورد ارزیابی قرار گرفت و در سومین یا آخرین جلسه هزینه‌ی انرژی راه رفتن به مدت پنج دقیقه در شش سرعت ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ متر بر ثانیه و سرعت PWS به‌وسیلهٔ دستگاه گازآنالایزر اندازه‌گیری شد. کلیهٔ آزمون‌ها در دمای محیط آزمایشگاه بین ۲۴-۲۰ درجه سانتی‌گراد اجرا شد.

قد آزمودنی‌ها با قدسنج، وزن با ترازوی دیجیتال وزن‌کشی (ترازوی پزشکی CAMRY مدل EB9003) و ضخامت چربی زیرپوستی با استفاده از کالیپر لافایت[۱۵۵] در چهار ناحیهٔ دو سر بازویی، سه سر بازویی، تحت کتفی و فوق خاصره اندازه-گیری و درصد چربی بدن با استفاده از معادلات دیورنین و ومرسلی محاسبه شد(۱۸).

برای تعیین PWS آزمودنی‌ها، مسافتی ۷۰ متری در نظر گرفته شد و از آنها خواسته شد شش بار این مسیر را با سرعتی که در حالت عادی پیاده‌روی می‌کنند، طی کنند. به‌منظور کاهش میزان خطا در محاسبهٔ سرعت (ناشی از کاهش سرعت در پایان مسیر)، ۱۰ متر ابتدا و ۱۰ متر انتهایی مسیر حذف و فقط ۵۰ متر وسط به‌عنوان مسافت مورد نظر برای محاسبهٔ سرعت استفاده شد(۴).

حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از پروتکل اصلاح شدهٔ بروس انجام شد(۱۹). پیش از اجرای آزمون اصلی، آزمودنی‌ها به‌مدت ۵ تا ۸ دقیقه به گرم کردن پرداختند. سپس داوطلبان با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت (۱/۷ مایل) و شیب صفر درصد شروع به راه رفتن کردند. پس از سه دقیقه شیب به اندازه پنج درصد و سپس در هر سه دقیقه شیب به اندازهٔ دو درصد افزایش یافت. این پروتکل تا اعلام خستگی از سوی داوطلب ادامه پیدا کرد. هزینهٔ انرژی، حجم اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن دفعی در جریان فعالیت، توسط دستگاه گاز آنالایز مدل Quark b_2 ساخت شرکت کازمد[۱۵۶] کشور ایتالیا پس از کالیبره شدن اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. کالیبراسیون بر اساس دستورالعمل شرکت Cosmed صورت گرفت.

اندازه‌گیری هزینهٔ انرژی در شرایطی انجام شد که آزمودنی‌ها چهار ساعت ناشتا بودند. آزمودنی‌ها در سرعت PWS به مدت پنج دقیقه بر روی نوارگردان (مدلCOSMEDT 150 DE MED ساخت کشور آلمان) راه می‌رفتند. در هر مرحله

---

[155]. Lafayette

[156]. Cosmed

پنج دقیقه‌ای راه‌رفتن، سه دقیقهٔ اول به‌منظور رسیدن آزمودنی به حالت یکنواخت در نظر گرفته شد و در دو دقیقهٔ پایانی هر آزمون میانگین VCO_2 و VO_2 محاسبه شد. هزینه انرژی ناخالص با فرمول زیر محاسبه شد(۲۰):

هزینه انرژی = ۳/۷۸۱×VO_2+۱/۲۳۷×VCO_2

با تقسیم هزینهٔ انرژی ناخالص به سرعت راه رفتن (متر در ثانیه) هزینه انرژی ناخالص در هر واحد از مسافت محاسبه شد (۲۱،۱۹،۱۱) از معادلات رگرسیونی (۱) و (۲) برای محاسبهٔ حداقل هزینهٔ انرژی به ترتیب در افراد چاق و افراد با وزن طبیعی استفاده شد:

معادله (۱)	r=۰/۹۶۲	هزینه انرژی ناخالص به ازای مسافت =۳/۱۶۰ (V) ^{2} - ۷/۷۸۹ (V) + ۷/۵۵۷
معادله (۲)	r=۰/۹۷۹	هزینه انرژی ناخالص به ازای مسافت =۳/۰۴۱ (V) ^{2} - ۷/۸۸ (V) + ۷/۹۷۵

با مشتق‌گیری از معادله‌های فوق سرعت مطلوب برای هر دو گروه نیز به‌دست آمد(۴).

در پژوهش حاضر 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)۷ × (ترکیب بدن)۲ و از آزمون LSD به‌عنوان آزمون تعقیبی استفاده شد. همچنین از آزمون t مستقل برای مقایسهٔ سرعت راه رفتن ترجیحی و هزینهٔ انرژی آن بین دو گروه استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزار SPSS و سطح معنی‌داری $p \leq ۰/۵$ استفاده شد.

یافته‌ها

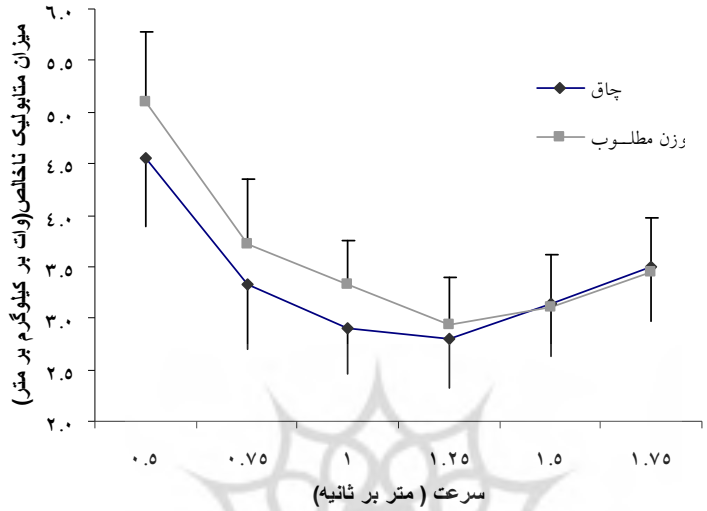
مقادیر PWS و هزینهٔ انرژی آن و همچنین سرعت بهینه و هزینهٔ انرژی آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. میانگین، انحراف استاندارد PWS و هزینهٔ انرژی PWS

گروه	PWS (متر بر ثانیه)	هزینه انرژی PWS (کیلوکالری بر دقیقه)	سرعت بهینه (متر بر ثانیه)	هزینه انرژی سرعت بهینه (ژول بر کیلوگرم بر متر)
چاق	۱/۲±۰/۱	۴/۰±۰/۶	۱/۲۳	۲/۸۷
وزن طبیعی	۱/۳±۰/۱	۲/۹±۰/۶	۱/۳	۲/۷۵

بر اساس نتایج آزمون آماری t مستقل، بین PWS زنان چاق و با وزن طبیعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ با این حال هزینه انرژی راه‌رفتن با سرعت PWS در گروه چاق به‌طور معنی‌داری بالاتر از مقدار آن در گروه با وزن طبیعی بود ($p\leq ۰/۰۵$). با رگرسیون‌گیری از هزینهٔ انرژی ناخالص به‌ازای مسافت در سرعت-های مختلف راه رفتن، معادله رگرسیونی برای هر گروه به‌دست آمد (فرمول های ۱ و ۲). با مشتق‌گیری از این معادلات، سرعت بهینه به‌دست آمد که در گروه دختران چاق برابر با ۱/۲۳ متر بر ثانیه و در گروه دختران با وزن طبیعی برابر با ۱/۳ متر بر ثانیه بود و هزینه انرژی در این سرعت‌ها به‌ترتیب ۲/۸۷ و ۲/۷۵ ژول برکیلوگرم بر متر بود.

در نمودار شمارهٔ ۱، هزینهٔ انرژی به ازای مسافت راه رفتن در دو گروه نشان داده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند که بین زنان چاق و با وزن طبیعی از نظر هزینهٔ انرژی ناخالص به‌ازای مسافت راه رفتن نیز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد($p>۰/۰۵$).



نمودار ۱. میزان هزینهٔ انرژی ناخالص به ازای مسافت راه رفتن

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین PWS زنان چاق و با وزن طبیعی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. PWS آزمودنی‌های با وزن طبیعی در این پژوهش ۱/۳ متر بر ثانیه و آزمودنی‌های چاق ۱/۲ متر بر ثانیه بود. PWS افراد با وزن طبیعی که توسط مینتی و همکاران[۱۵۷] در سال ۲۰۰۳ گزارش شد برابر با ۱/۳۹ متر بر ثانیه بود که با PWS مشاهده شده در آزمودنی‌های با وزن طبیعی پژوهش حاضر همخوانی دارد(۲). ویلیس و همکاران[۱۵۸] نیز PWS افراد با وزن طبیعی با میانگین سن ۳۰ سال را ۱/۳ متر بر ثانیه گزارش کردند(۲۲). با وجود این، اسپیروپولس و همکاران تفاوت معنی‌داری را بین PWS مردان چاق کلاس III و مردان غیرچاق

157 . Minetii et al.

158. Willis and et al.

که به‌ترتیب ۱/۹ متر بر ثانیه و ۱/۶۴ متر بر ثانیه بود گزارش کردند(۱). ماتسون و همکاران، PWS را در ۴۷ زن چاق با میانگین سن ۴۴/۱ سال و BMI برابر با ۳۷/۱ کیلوگرم بر متر مربع مورد بررسی قرار دادند. آنها PWS آزمودنی‌های فوق را ۱/۱۸ متر بر ثانیه به‌دست آوردند(۱۱). برونینگ و همکاران PWS زنان چاق (شاخص تودۀ بدنی برابر با ۳۴/۱ کیلوگرم بر متر مربع) را ۱/۴۰ متر بر ثانیه و زنان با وزن طبیعی (شاخص توده بدنی برابر با ۲۰/۴ کیلو گرم بر متر مربع) را ۱/۴۷ متر بر ثانیه گزارش کردند(۴). ملانسون و همکاران نیز سرعت راه رفتن ترجیحی آزمودنی‌های با BMI بالاتر از ۲۹ کیلوگرم بر متر مربع را ۱/۱۹ متر بر ثانیه نشان دادند(۱۲) این در حالی‌است که اهرسترم و همکاران PWS زنان چاق کلاس III را ۰/۷۵ متر بر ثانیه به‌دست آوردند(۱۶).

نتایج پژوهش حاضر در مورد PWS آزمودنی‌های با وزن طبیعی با تحقیقات انجام شده در این زمینه همخوانی دارد. اما PWS آزمودنی‌های چاق این پژوهش با PWS گزارش شده در برخی مطالعات اندکی متفاوت است (۱۶، ۱۲، ۱۱، ۱). عوامل متعددی بر انتخاب سرعت PWS تأثیر می‌گذارند. پژوهش حاضر و پژوهش برونینگ و همکاران، PWS را در آزمودنی‌های چاق کلاس I مورد بررسی قرار دادند(۴)، درحالی‌که ماتسون و همکاران و ملانسون و همکاران آن را در افراد چاق کلاس II تعیین کردند (۱۱و ۱۲). اهرسترم و همکاران و اسپیروپولس و همکاران PWS را در چاق کلاس III تعیین کردند (۱و۱۶). ظاهراً تفاوت در BMI به‌عنوان علت تفاوت اندک PWS گزارش شده در پژوهش‌های مختلف مطرح می‌باشد. این در حالی است که پینتار و همکاران[159] (۲۰۰۶) علت انتخاب سرعت ترجیحی و یا به‌طور کلی شدت تمرین ترجیحی[160] را آمادگی بدنی بیان کردند. آنها اعلام داشتند سرعت راه رفتن ترجیحی که به اعمال فشار منجر نشود توسط

[159]. Pintar et al.

[160]. Preferred Exercise Intensity

$\%VO_2max$ تعیین می‌گردد(۲۳). درصورتی‌که لارسون و ماتسون هنگامی‌که اثر برنامه‌های کاهش وزن بر روی سرعت راه رفتن و درصد اکسیژن مصرفی حین راه رفتن در زنان چاق بررسی کردند، نشان دادند که کاهش وزن به اندازهٔ ۱۰ درصد در آزمودنی‌های چاق به بهبود سرعت راه رفتن ترجیحی و فاکتورهای فیزیولوژیکی منجر می‌شود(۲۴).

روش‌های اندازه‌گیری احتمالاً از دیگر عوامل تأثیرگذار در میزان PWS می‌باشد. اکثر مطالعات، PWS را روی تردمیل و داخل آزمایشگاه(۱۶، ۱۲، ۱۱، ۱) اندازه-گیری کردند اما پژوهش حاضر و نیز برخی مطالعات دیگر نظیر ویلیس و همکاران و برونینگ و همکاران آن را در فضای آزاد تعیین کردند. برخی از مطالعات نیز نشان دادند که هر دو روش به انتخاب سرعت‌های مشابهی توسط آزمودنی‌ها منجر می‌شود(۲۱،۲۵، ۲). اما مطالعات دیگری گزارش دادند که سرعت راه رفتن روی تردمیل بیشتر از سرعتی است که افراد حین پیاده‌روی طبیعی دارند(۲۶). درحالی‌که سرعت به‌دست آمده در این پژوهش با سرعت گزارش شده در سایر مطالعات که با روش مشابه و در محیط آزاد PWS اندازه‌گیری شده است همخوانی (۱و ۴) و با مطالعاتی که آن را در محیط آزمایشگاهی اندازه‌گیری کرده‌اند، تفاوت معنی‌داری داشت(۱،۱۱،۱۲،۱۴). پاول دویتا[۱۶۱] (۲۰۰۳) با بررسی متغیرهای سینماتیکی گروه چاق در دو سرعت استاندارد و انتخابی گزارش کرد که ۱۱ درصد آهنگ آهسته‌تر گام‌برداری و هفت درصد طول گام کوتاه‌تر در افراد چاق به کاهش ۱۶ درصدی سرعت راه رفتن منجر می‌شود(۲۷). بنابراین آزمودنی‌های چاق ممکن است بنابه دلایل فیزیولوژیکی یا بیومکانیکی، PWS نسبتاً متفاوتی را برگزینند اما علی‌رغم تفاوت‌هایی که در PWS افراد چاق مشاهده می‌شود، همهٔ PWS های گزارش شده در سرعتی می‌باشد که از نظر هزینهٔ انرژی بسیار

[161]. Paul Devita

اقتصادی است یا به عبارت دیگر سرعتی است که در آن هزینهٔ انرژی جابه‌جایی حداقل می‌باشد(۴).

برخی مطالعات خستگی عضلانی و نیروهای وارد بر مفاصل را به‌عنوان محرک اصلی کنترل‌کنندهٔ سرعت ترجیحی اعلام کرده‌اند (۲۹)، درحالی‌که ویلیس استفاده از منابع تری‌گلیسرید به‌جای کربوهیدرات را عامل اصلی این روند می‌داند. وی بیان می‌کند که CNS، سرعت ترجیحی را به‌منظور به حداقل رساندن هزینهٔ انرژی جابه‌جایی انتخاب می‌کند که البته اکسیداسیون چربی و درک فشار نیز در این انتخاب مؤثرند. ویلیس در پژوهش خود نشان داد که در سرعت‌های کمتر یا برابر با PWS، اکسیداسیون کربوهیدرات کم بوده اما در سرعت‌های بالاتر از PWS، اکسیداسیون کربوهیدرات به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد و باعث افزایش هزینهٔ انرژی و درک فشار می‌شود (۲۲). به‌طور کلی به نظر می‌رسد علت اصلی تفاوت PWS پژوهش حاضر با دیگر پژوهش‌ها تفاوت در BMI و نحوهٔ اندازه‌گیری PWS باشد. احتمالاً تفاوت در BMI با تأثیر بر متغیرهای سینماتیک(۲۷ و ۲۸) و متغیرهای فیزیولوژیک (۲۴-۲۲ و ۲۹) به اتخاذ PWS متفاوتی در آزمودنی‌های چاق منجر می‌شود. نتیجه‌گیری دقیق در مورد تأثیر شرایط اندازه‌گیری بر اتخاذ PWS توسط افراد، به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز دارد.

در رابطه با هزینهٔ انرژی به ازای مسافت راه رفتن پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری را در دختران با وزن طبیعی و دختران با اضافه وزن نشان نداد. به‌نظر می‌رسد هزینهٔ انرژی ایستادهٔ کمتر دختران چاق عامل این عدم تفاوت باشد، که خود به علت بافت چربی زیاد آنها می‌باشد(۵). رابطهٔ هزینهٔ انرژی به ازای مسافت در مقابل سرعت به شکل یک منحنی U شکل است که پایین‌ترین قسمت این منحنی نمایانگر سرعت بهینه یا به‌عبارت دیگر سرعتی با حداقل انرژی مصرفی می‌باشد. این سرعت در دختران با وزن طبیعی برابر با ۱/۳ متر بر ثانیه و در دختران چاق برابر با ۱/۲۳ متر بر ثانیه بود که به‌ترتیب هر یک از گروه‌های مذکور ۲/۸۷ و ۲/۷۵ ژول بر کیلوگرم بر متر در سرعت‌های فوق انرژی مصرف

می‌کردند. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد تفاوت هزینه انرژی در سرعت بهینه و PWS بسیار کم است.

مارتین و همکاران حداقل هزینهٔ انرژی در واحد مسافت برای افراد جوان و بی-تحرک را در سرعت ۱/۳۴ متر بر ثانیه گزارش کردند که انرژی مصرفی آن برابر با ۳/۲ ژول بر کیلوگرم بود(۲۵). برونینگ و همکاران نیز سرعت ۱/۳۳ متر بر ثانیه را برای گروه با وزن طبیعی که برابر با ۳/۰۱ ژول بر کیلوگرم انرژی مصرفی بود، گزارش دادند. وی اختلاف معنی‌داری را در هزینهٔ انرژی ناخالص افراد با وزن طبیعی و افراد چاق گزارش نکرد. اما نشان داد منحنی هزینه انرژی در واحد مسافت برای افراد چاق به سمت سرعت‌های پایین‌تر متمایل می‌شود و زیاد بودن بافت چربی را علت اصلی این موضوع دانست(۵). نتایج پژوهش حاضر با مطالعات مارتین و همکاران و برونینگ و همکاران همخوانی دارد. آزمودنی‌های چاق در پژوهش حاضر دخترانی بودند که حدوداً ۲۷ کیلوگرم اضافه وزن داشتند. اگر این مقدار را به‌عنوان بار خارجی در نظر بگیریم، حدوداً باری به اندازهٔ ۳۳ درصد وزنشان را به‌طور طبیعی حمل می‌کردند. گریفین و همکاران[۱۶۲] دریافتند زمانی که افراد با وزن طبیعی با بار خارجی برابر با ۳۰ درصد توده بدن که اطراف کمر حمل می‌شد راه می‌رفتند، هزینه انرژی خالص آنها ۴۷ درصد افزایش می-یافت(۳۰). هنگامی‌که مقدار مورد نظر را نسبت به وزن کل استاندارد کردند(وزن بار + وزن بدن) هزینهٔ انرژی خالص تنها به اندازهٔ ۱۵ درصد افزایش یافت. همچنین مطابق معادله پاندولف و همکاران[۱۶۳]، اگر آزمودنی‌های با وزن طبیعی در حالی‌که یک کوله‌پشتی ۳۶ کیلوگرمی حمل می‌کنند در سرعت ۱/۴ متر بر ثانیه راه بروند، هزینهٔ انرژی خالص آنها به اندازه ۱۵ درصد افزایش می‌یابد(۳۱). بنابراین، اطلاعات فوق نشان می‌دهد حمل بار خارجی در اطراف کمر با بافت

162. Griffin et al.

163. Pandolf et al.

چربی اضافی تأثیرات مشابهی بر هزینهٔ انرژی راه رفتن دارند. در مقابل، باستین و همکاران وقتی حمل بارهایی تا ۷۵ درصد وزن بدن را مورد مطالعه قرار دادند، هیچ‌گونه تفاوتی در هزینهٔ انرژی ناخالص به ازای مسافت راه رفتن برای بارهای مختلف، مشاهده نکردند. آنها سرعت بهینه برای تمامی بارها را ۱/۳ متر بر ثانیه گزارش کردند(۳۲). با توجه به اینکه نتایج مطالعات نشان دادند تأثیر حمل بار در اطراف کمر بر هزینهٔ انرژی همانند بافت چربی می‌باشد، می‌توان از مطالعهٔ باستین و همکاران این نتیجه را گرفت که افراد چاق با BMI بالاتر از BMI آزمودنی‌های پژوهش حاضر نیز سرعت بهینهٔ مشابهی دارند. اما سرعت گزارش شده توسط باستین و همکاران تا حدی با سرعت گزارش شده توسط برونینگ و همکاران مغایرت دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر سرعت بهینهٔ تخمین زده شده برای زنان چاق و با وزن طبیعی معادل سرعت راه رفتن ترجیحی آنان است و تفاوت معنی‌داری بین افراد چاق و وزن طبیعی وجود ندارد این در حالیست که افراد چاق انرژی بیشتری را در همین سرعت‌ها در مقایسه با افراد غیرچاق مصرف می‌کنند. بنابراین، با افزایش BMI ممکن است سرعت پیاده‌روی تغییر چندانی نکند اما انرژی مصرفی افزایش یابد. با این حال، نتیجه‌گیری دقیق‌تر نیاز به انجام مطالعات بیشتر با آزمودنی‌های بیشتر دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افراد چاق در کمترین سرعت نیز انرژی تقریباً بالایی به‌ازای مسافت پیموده شده مصرف می‌کنند بنابراین هر چند مزایای قلبی-تنفسی این سرعت‌ها به علت شدت پایین‌شان کم است اما از آنجایی که احتمال بروز آسیب‌های ناشی از وزن زیاد افراد چاق در این سرعت‌ها کمتر می‌باشد(۲۸) می‌توان در برنامهٔ پیاده‌روی افراد چاق از این سرعت‌ها نیز استفاده کرد.

منابع

1. Spyropoulos P, Pisciotta JC, Pavlou KN, Carins M.A, and Simon SR (1991) Biomechanical gait analysis in obese men. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation 72: 1065-1070.
2. Minetti AE, Boldrini L, Brusamolin, Zamparo P, and McKee T (2003) A feedback-countrolled treadmill (treadmill-on-demand) and the spontaneous speed of walking and running in humans. J Appl Physiol 95:838-84.
3. Davison R, and Hardman A. (1997) Walking to health. Sport medicine 23:306-332.
4. 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.
5. Browning RC, Baker EA, Herron JA, and Kram R. (2006) Effects of obesity and sex on the energetic cost and preferred speed of walking. J Appl Physiol. 100: 390.
6. Margaria R. Biomechanics and energetics of muscular exercise. Oxford: Clarendon Press; 1967.
7. Bencivengo RC, and Mulryne CM (1999) Walking your way to better health. Women's Heart Foundation,.
8. Bloom WL, and Marshall FE (1967) The comparison of energy expenditure in the obese and lean. Metabolism 16: 685-777.
9. Foster GD, Wadden TA, Kendrick ZV, and Letizia K.A (1995) The energy cost of walking before and after significant weight loss. Med Sci Sports Exerc 27:888-889.
10. 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.
11. Mattsson E., Larsson U.E, 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.
12. Melanson EL, Bell ML, Knoll JR, and Coelho LB. (2003) Body mass index and sex influence the energy cost of walking at self-selected speeds. Med Sci Sports 35: S183.
13. Wickler SJ, Hoyt DF, Cogger EA, and Hall KM. (2001) Effect of load on preferred speed and cost of transport. J Appl Physiol .90: 1548-1551.
14. Srinivasan M. (2009) Optimal speeds for walking and running and walking on moving walkway. Chaos 19.
15. Robinson J, Loftin MF, Waddell D, Scott, Lacey and Suzanne (2008)

Comparison of the Metabolic Cost of Walking in Obese and Normal Weight Adults. Med. Sci. Sports Exerc. 40:5.

16. Ohrstrom M., Hedenbro J., and 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.
17. Ayub BV, and Bar-or O. (2002) Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. Med Sci Sports,35:669-674.
18. Durnin JV and Womersley J (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br J Nutr 32:77-97.
19. Heyward, V (2002) Advanced fitness assessment and exercise prescription champion, Human Kinetics.
20. Cosmed Company (2001) Pulmonary Function Equipment. User manual, (www.4ci.com/QuarkB2.htm)
21. Malatesta D, Simar D, and Dauvilliers Y. (2004) Aerobic determinants of the decline in preferred walking speed in healthy, active 65- and 80-years olds. Pfluger Arch. 447:1915-1936.
22. Willis WT, Ganley KJ, and Herman RM (2005) Fuel oxidation during human walking. Metabolism Clinical and Exprrimental 54:793-799.
23. Pintar JA, Robertson RJ, Kriska AM, Nagle E, and Goss FL. (2006) The influence of fitness and body weight on preferred exercise intensity. Med. Sci. Sports Exerc 38:981-989.
24. Larsson UE, and Mattsson E. (2004) Influence of weight loss programmes on walking speed and relative oxygen cost(% vo2max) in obese women during walking. Med. Sci. Sports Exerc. 36: 883-889.
25. Martin PE, Rosthstein DR and Larish DD. (1992) Effects of age and physical activity status on the speed-aerobic demand relationship of walking. J Appl Physiol. 73:200-6.
26. Peebles KC, Woodman AD, and Skinner MA. (2003) The physiological cost index in elderly subjects during treadmill and floor walking. NZ Journal of Physiotherapy 31.
27. Paul Devita and Hortobagyi T. (2003) Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. Journal of biomechanics 36:1355-1362.
28. Browning RC and Kram R. (2007) Effects of obesity on the Biomechanics of walking at different speeds. Med. Sci. Sports Exerc. 39(9): 1632-1641.
29. Rose J and Gamble JG. (2006) Human walking (3nd ed). Bitimore: Williams

and Wilkins, P 77-100.

30. 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.
31. 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.
32. Bastien GJ, Willems PA, Schepens B, and Heglund NC. (2005) Effect of load and speed on the energetic cost of human walking. Eur J appl Physiol 94:76-83.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی