پژوهش در علوم ورزشی شماره ۲۲، بهار ۱۳۸۸، صص ۸۰-۶۳

بررسی پاسخ‌های ضربان قلب، اکسیژن مصرفی (VO_2) و هزینهٔ انرژی دانش‌آموزان هنگام حمل کوله‌پشتی‌های مدرسه‌ای

سیدحسین حسینی[۱]، دکتر حسن دانشمندی[۲]، دکتر فرهاد رحمانی‌نیا[۳]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه گیلان
۲. استادیار دانشگاه گیلان
۳. دانشیار دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۷/۱۰/۵

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی پاسخ‌های ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و هزینهٔ انرژی در دانش آموزان ۱۲ تا ۱۳ ساله هنگام حمل کوله پشتی‌های مدرسه‌ای است. بدین منظور ۱۵ پسر با میانگین قد ۱/۸± ۱۶۴/۷ سانتی‌متر و وزن ۱/۶±۵۵ کیلوگرم به طور داوطلبانه در آزمون‌های مختلف (شامل حمل کوله پشتی‌هایی با اوزان ۸، ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن و نیز راه رفتن بدون کیف با سرعت ۳/۹ کیلومتر بر ساعت و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی تریدمیل) شرکت کردند. ضربان قلب(HR)، اکسیژن مصرفی(VO_2) و هزینهٔ انرژی(EE) در هر یک از آزمون‌ها و در سه حالت استراحت، فعالیت(۱۵ دقیقه راه رفتن) و ریکاوری(۳ دقیقه پس از راه رفتن) با دستگاه گاز آنالایزر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در شرایط باری ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن، VO_2 و EE در حین فعالیت و نیز ۳ دقیقه پس از آن به‌طور معناداری بیشتر از شرایط باری ۰ و ۸ درصد بود($p=۰/۰۰۰$) . همچنین مقادیر متغیرها ۳ دقیقه پس از حمل کوله‌پشتی ۸٪ به سطحی نزدیک به سطوح پایهٔ استراحتی بازگشت ($p>۰/۰۵$)، در حالی که ۳ دقیقه پس از حمل کوله‌پشتی‌های ۱۰/۵ و ۱۳ درصد، هنوز به‌طور معناداری بیشتر از سطوح استراحتی بود ($p=۰,۰۰۰$). بین حمل کوله پشتی ۸ درصدی و راه رفتن بدون بار، تفاوت معناداری در حین فعالیت یا ۳ دقیقه پس از آن در این متغیرها وجود نداشت($p>۰/۰۵$). بنابراین بار معادل ۸٪ وزن بدن معیار مطلوبی است که برای وزن کوله‌پشتی دانش‌آموزان نوجوان پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دانش‌آموزان، ضربان قلب، VO2، هزینه انرژی، حمل کوله پشتی

مقدمه

عوامل محیطی می‌تواند بر روند رشد آدمی تأثیرگذار باشد. دانش آموزان مدارس بیش از سایرین در معرض تغییرات وضعیتی ناشی از عوامل نامطلوب محیطی قرار دارند. از جمله عوامل و تغییرات محیطی ایستادن در شرایط نامطلوب، حمل نامناسب کیف‌های سنگین بر روی پشت و شانه و راه رفتن به شیوهٔ نادرست در حین حمل وسایل است (۱). این عوامل می‌توانند تغییراتی را در استخوان‌ها، عضلات، لیگامنت‌ها و مفاصل ستون فقرات و تنه نوجوانان ایجاد کند و متعاقب آن اختلال در برخی کارکردهای فیزیولوژیکی را موجب شود (۲).

حمل کیف‌های سنگین در میان دانش آموزان بسیار رایج شده است(۳،۴). کیف‌ها و تجهیزات آموزشی به روش‌های متفاوتی حمل می‌شوند که ممکن است بر کارایی و سلامتی کاربر موثر باشند. گزارش‌ها نشان می‌دهد از بین روش‌های مختلف حمل وسایل آموزشی، کوله پشتی محبوبیت و شیوع بیشتری دارد (۴،۵،۶) و اصولاً بهترین روش حمل وسایل آموزشی مدرسه معرفی شده است (۹،۸،۷،۴). بنابراین شیوع و محبوبیت استفاده از این نوع کیف در بین دانش آموزان، لزوم مطالعات مربوط به آثار حمل آن بر روی کاربران و به ویژه نوجوانان در حال رشد را آشکارتر می‌سازد (۱۰).

وضعیت بدنی غیر استاندارد دانش آموزان کودک و نوجوان هنگام حمل کوله پشتی‌های سنگین والدین و معلمان را نگران کرده و پژوهشگرانی را به تحقیق در مورد عوارض نامطلوب ناشی از حمل کوله پشتی‌های نامناسب واداشته است(۱۱). مشارکت پژوهشگران علوم ورزشی که ظرفیت های فیزیولوژیکی را با مطالعه و بررسی عوامل خطرزای سلامت جسمانی جوانان بهینه می‌سازند و نیز به طور خاص مشارکت معلمان تربیت بدنی و بهداشت مدارس که متولی سلامت دانش آموزان و ناظر برآن هستند، در این تحقیقات ضروری است. به ویژه به وزن وسایل و روش حمل آن‌ها باید توجه شود؛ زیرا روش‌های نامناسب حمل مکرر وسایل سنگین، عوارض جسمانی و تغییر شکل اسکلت فرد را در پی دارد (۱۲). نوجوانان به علت ویژگی‌های رشدی منحصر به فرد خود، مستعد ابتلا به بیشترین ضایعات و آسیب‌های عضلانی- اسکلتی هستند و این استعداد تا پایان دوره بلوغ همچنان افزایش می‌یابد(۲).

حمل بارهای سنگین دانش آموزان نگرانی‌های زیادی را در جوامع مختلف به وجود آورده است. هونگ ولی (۲۰۰۵) در تحقیقی در هنگ کنگ نشان دادند دانش آموزان این کشور کیف‌های تقریباً معادل ۲۰٪ وزن بدن خود را حمل می‌کنند (۱۳). پاسکو[1] و همکاران(۱۹۹۷) در امریکا وزن کیف‌های حملی دانش آموزان را بررسی و مشاهده کردند که میانگین وزن نسبی

---

1 . Pascoe

کیف‌های حملی دانش آموزان، ۱۷٪ میانگین وزن بدن آنها بود(۷). نگرینی[1] و همکاران(۱۹۹۹) نیز در تحقیقی بر روی دانش آموزان یک مدرسه در ایتالیا مشاهده کردند که ۳۴/۸٪ از دانش آموزان آن مدرسه، کیفی با وزن نسبی بیش از ۳۰٪ وزن بدنشان را حداقل یک بار در هفته حمل می‌کردند (۶).

به طور کلی تحقیقات انجام شده در مورد کوله پشتی، آن را از سه جنبهٔ مهم میوالکتریکی و آسیب شناختی (۱۹-۱۴ و ۱۱ و ۱۰)، بیومکانیکی (۲۴-۲۰ و ۱۳ و ۱۲) و فیزیولوژیکی (۲۹-۲۵ و ۳)، مطالعه کرده‌اند. تحقیقات مربوط به جنبهٔ اخیر، اغلب در گروه سنی بزرگسالان انجام شده و لذا اطلاعات در مورد فیزیولوژی حمل کوله پشتی در دانش آموزان تا این زمان بسیار محدود است. هونگ[2] و همکاران (۲۰۰۰) اثر حمل کوله پشتی‌هایی با اوزان ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزن بدن را بر روی تغییرات ضربان قلب، فشار خون و هزینهٔ انرژی دانش آموزان ۱۰ ساله بررسی کرده، دریافتند حمل کوله پشتی معادل ۲۰٪ وزن بدن در مقایسه با و ضعیت ۱۰ درصدی، به صورت معنی‌داری اکسیژن مصرفی، هزینهٔ انرژی و مدت زمان بازگشت به حالت اولیهٔ فشار خون را افزایش می‌دهد. لی[3] و همکاران (۲۰۰۳) نیز با روش تحقیقی مشابهی آثار سینماتیکی و تغییرات تنفسی دانش آموزان ۱۰ ساله را بررسی کردند. این پژوهشگران دریافتند حمل کوله پشتی‌هایی با وزنی بیش از ۱۰٪ وزن بدن تغییرات معنی داری را در وضعیت تنه و پارامترهای تنفسی دانش آموزان ایجاد می‌کند. با این حال این پژوهشگران (هونگ و همکاران ولی و همکاران) بدون در نظر گرفتن اوزان رایج کوله پشتی‌های حملی مورد استفادهٔ دانش آموزان، اوزان ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزن بدن آنها را به‌طور نظری و گزینشی انتخاب و متغیرهای فیزیولوژیکی مورد مطالعه را بعضاً با روش‌های تخمینی برآورد کردند. بنابراین با توجه به تحقیقات اندک که بیشتر مبتنی بر داده‌های تخمینی هستند و نظر به نیازی که در این زمینه وجود دارد، در این تحقیق تلاش شده است تا ابتدا میانگین وزن کوله پشتی‌های مورد استفادهٔ دانش آموزان اندازه گیری و اوزان رایج مورد استفادهٔ آنها تعیین شود، سپس با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی، آثار حمل کوله پشتی‌هایی با اوزان متفاوت، بر روی برخی پارامترهای فیزیولوژیکی در دانش آموزان ردهٔ سنی ۱۲ تا۱۳ ساله مطالعه و بررسی شود.

---

1 . Negrini
2. Hong
3. Li

روش‌شناسی پژوهش

از جامعهٔ آماری دانش آموزان پسر ۱۲ تا ۱۳ سالهٔ شهرستان رشت (۷۷۸۷ نفر) ۳۷۰ نفر براساس جدول برآورد نمونهٔ ادینسکی[1] به منظور اندازه‌گیری قد، وزن، BMI و وزن کوله پشتی به روش نمونه گیری تصادفی خوشه‌ای گزینش شد. ابتدا از هر یک از نواحی آموزش و پرورش شهرستان رشت مدارسی به صورت تصادفی و غیر هدف دار انتخاب شد. سپس از هر مدرسه نیز کلاس‌هایی به روش تصادفی گزینش شد و در آخر، از هر کلاس دانش آموزانی به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس وزن کوله پشتی‌ها به‌طور تصادفی و در روزهای متفاوتی اندازه گیری شد و میانگین وزن کوله پشتی‌های حملی جامعهٔ دانش آموزان محاسبه گردید. سه وزن شامل کوله پشتی معادل یک واحد انحراف استاندارد سنگین‌تر از میانگین، کوله پشتی معادل دو واحد انحراف استاندارد سنگین‌تر از میانگین و کوله پشتی معادل میانگین به عنوان اوزان مختلف کوله پشتی، برای بررسی آثار آنها بر روی پارامترهای فیزیولوژیکی منتخب به کار گرفته شد. از وضعیت بدون کوله پشتی (۰٪وزن بدن) نیز به عنوان کنترل استفاده شد. سپس ۱۵ نفر از دانش آموزان داوطلب و سالم به روش تصادفی هدف‌دار (معیار انتخاب BMI بود (۲۷)) به منظور بررسی تغییرات ضربان قلب (HR) اکسیژن مصرفی(VO_2) و هزینهٔ انرژی (EE) آنها نسبت به حمل کوله پشتی گزینش شد. قبل از جمع‌آوری اطلاعات و اجرای آزمون‌ها، از سازمان آموزش و پرورش استان گیلان مجوز کتبی انجام پژوهش اخذ شد. برای استفاده از آزمودنی‌های نابالغ، به منظور رعایت اصول اخلاقی، والدین و اولیای مدارس از نحوهٔ اجرای آزمونها و کاربرد نتایج حاصل از آن آگاه شدند و سپس برای شرکت در مراحل اجرای پژوهش از مدیران مدارس، دانش‌آموزان داوطلب و والدین آنها رضایت نامهٔ کتبی دریافت شد. پس از آن، آزمودنی‌ها پرسش‌نامهٔ سوابق پزشکی را به منظور تشخیص تندرستی و سلامت عمومی تکمیل کردند و با هماهنگی قبلی، در محل اجرای آزمون‌ها حضور یافتند. پس از آشنایی با محیط کار و روش کلی راه رفتن روی تریدمیل، محقق توضیحاتی را در مورد نحوهٔ اجرای تست‌ها و تکلیف آزمودنی‌ها بیان کرد. هر یک از آزمون‌ها شامل ۱۵ دقیقه راه رفتن با سرعت ۳/۹ کیلومتر بر ساعت(مدت سرعت راحت و مناسب راه رفتن برای دانش آموزان کودک و

---

1. Udinsky

نوجوان(۹)) و متعاقب آن ۳ دقیقه استراحت بود. دانش آموزان در مجموع در چهار آزمون راه رفتن روی تریدمیل به شرح زیر شرکت کردند:

۱) بدون کوله پشتی(۰٪ وزن بدن)، به عنوان کنترل؛

۲) حمل کوله پشتی معادل ۸٪ وزن بدن(۴/۴ کیلو گرم، میانگین وزن کوله پشتی‌های دانش آموزان)؛ ۳) حمل کوله پشتی معادل ۱۰/۵٪ وزن بدن(۵/۷۷۵ کیلوگرم)؛

۴) حمل کوله پشتی معادل ۱۳٪ وزن بدن(۷/۱۵ کیلوگرم).

پارامترهای فیزیولوژیکی مورد نظر ابتدا برای هر آزمودنی در حالت استراحت اندازه-گیری شد. و سپس در دقیقهٔ ۱۵ راه رفتن(به عنوان فعالیت) و ۳ دقیقه پس از هر آزمون راه رفتن(به عنوان ریکاوری) نیز اندازه‌گیری شدند. برای از بین بردن اثر عواملی چون خستگی، یادگیری و سازگاری، هر آزمون به صورت تصادفی و در یک روز مجزا انجام گرفت (۲۷). در مرحله آخر برای هر یک از این چهار آزمون، تغییرات پارامترهای فیزیولوژیکی مد نظر اندازه-گیری و ثبت شد. مقادیر VO_2 و هزینهٔ انرژی با دستگاه گاز آنالایز[1] (Quark b^2, COSMED, Rome, Italy) به ترتیب بر حسب میلی لیتر در هر کیلوگرم در دقیقه و کیلوکالری در دقیقه اندازه‌گیری و ثبت شد. نحوهٔ اندازه‌گیری بدین نحو بود که ماسک صورت[2] به مجرای تنفسی آزمودنی‌ها وصل می‌شد به گونه‌ای که هوای بازدمی از طریق یک سیم رابط برای تجزیه و تحلیل به دستگاه منتقل می‌شد. سپس این متغیرها با فشار دما و رطوبت استاندارد شدهٔ دستگاه، اصلاح و محاسبه و به روش مدار باز[3]، «نفس به نفس»[4] بر روی نمایشگر دستگاه نشان داده می‌شدند. برای اندازه‌گیری ضربان قلب، یک کمربند سینه‌ای (Polar, Hong Kong) به دور سینهٔ آزمودنی‌ها به‌طور ثابت بسته شد. این کمربند تغییرات ضربان قلب را به نمایشگر نوارگردان منعکس می‌کرد . همچنین نمایشگر دستگاه گاز آنالایزر نیز تغییرات ضربان قلب را نشان می‌داد.

---

1. Gas Analyzer
2. Face mask
3. Open circuit
4. Breath-by-breath

روش‌های آماری

در پژوهش حاضر از روش‌های آمار توصیفی به منظور توصیف و تشریح داده‌ها استفاده شد. سپس برای مقایسهٔ هر یک از متغیرها بین آزمون‌های مختلف حمل کوله پشتی، از آزمون‌های آمار استنباطی شامل تجزیه و تحلیل واریانس(ANOVA) با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. آنجا که اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شد، از آزمون تعقیبی ال. اس. دی[1] برای تعیین نقاط معنی‌داری استفاده گردید. آزمون «تی همبسته»[2] نیز به منظور مقایسهٔ تفاوت‌ها بین دو حالت استراحت و ریکاوری در هر یک از آزمون‌های باری به کار رفت. کلیهٔ تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار اس. پی. اس. اس نسخه سیزده و در سطح معنی داری $p\leq ۰/۰۵$ انجام شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده گردید.

یافته‌های پژوهش

مشخصات فردی آزمودنی‌ها به صورت میانگین، انحراف استاندارد و دامنهٔ تغییرات در جدول شماره یک ارائه شده است. جدول شماره دو نیز میانگین و انحراف استاندارد مقادیر هر یک از متغیرهای فیزیولوژیکی را در حالت‌های استراحت، فعالیت و ریکاوری و در آزمون‌های مختلف حمل بار نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد و دامنهٔ تغییرات مشخصات فردی آزمودنیها

ویژگی	*دامنه*	*میانگین و انحراف استاندارد*
سن (سال)	۱۳-۱۲	۱۲/۵۳ ± ۰/۵۱۶
وزن (kg)	۵۷-۵۱	۵۵ ± ۱/۶۱
قد (cm)	۱۶۶-۱۶۱	۱۶۴/۷۳ ± ۱/۸۱
شاخص توده بدن ($kg.m^2$)	۲۱/۲۵-۱۸/۶	۲۰/۲۷۴ ± ۰/۷۹۳
وزن کوله پشتی (kg)	۷/۵-۳/۲	۴/۴ ± ۱/۳۷۵
وزن نسبی کوله پشتی (٪ وزن بدن)	٪۱۵-٪۵/۵	٪۸ ± ٪۲/۵

1. Least Significance Difference
2. Paired t test

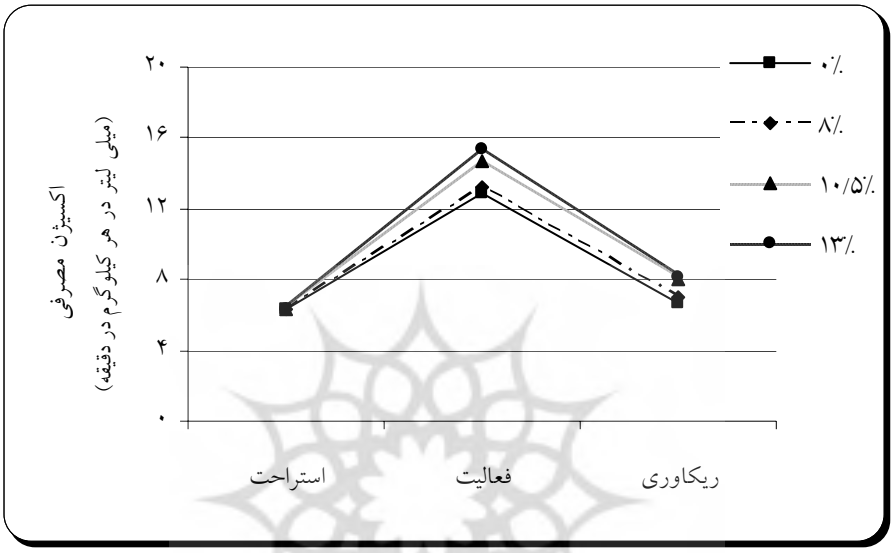
جدول ۲ . میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پارامترهای فیزیولوژیکی آزمودنیها در حالت‌های استراحت، فعالیت و ریکاوری در آزمونهای مختلف حمل بار

متغیر	استراحت	شرایط حمل بار (درصدی از وزن بدن)	حالت فیزیولوژیکی	
			فعالیت	ریکاوری
ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	۸۲/۴۳ ± ۵/۷	٪۰	۱۰۵/۳۸ ± ۸/۸۳	۸۳/۳۸۱ ± ۷/۴۶
		٪۸	۱۰۷/۴۳ ± ۱۰/۶۹	۸۳/۶۸۲ ± ۵/۵۸
		٪۱۰/۵	۱۰۶/۸۱ ± ۱۱/۹۶	۸۵/۲۶۱ ± ۵/۷۱
		٪۱۳	۱۰۸/۹۶ ± ۱۱/۷۵	۸۵/۰۳۷ ± ۶/۶
اکسیژن مصرفی (میلی لیتر در هر کیلوگرم در دقیقه)	۶/۲۷۶ ± ۲/۱۸	٪۰	‡† ۱۲/۹ ± ۱/۹	†‡ ۶/۶۷ ± ۲/۱۱
		٪۸	‡† ۱۳/۲۵ ± ۱/۴۳	‡† ۶/۵۹ ± ۱/۱۶
		٪۱۰/۵	§¶ ۱۴/۷۲ ± ۲/۱۸	*§¶ ۷/۶۸ ± ۱/۵۸
		٪۱۳	§¶ ۱۵/۳۵ ± ۲/۱۲	*§¶ ۷/۷۸ ± ۱/۹۲
انرژی مصرفی (کیلوکالری در دقیقه)	۱/۶۵ ± ۰/۵۵	٪۰	‡† ۳/۸۴ ± ۰/۹	†‡ ۱/۷ ± ۰/۴۷
		٪۸	‡† ۳/۹۶ ± ۰/۸۴	‡† ۱/۷۴ ± ۰/۴۶
		٪۱۰/۵	§¶ ۴/۵۱ ± ۰/۷۵	*§¶ ۲/۱۶ ± ۰/۴۶
		٪۱۳	§¶ ۴/۸۶ ± ۰/۵۶	*§¶۲/۲۹ ± ۰/۵۳

* اختلاف معنی دار با سطح استراحتی، ¶ اختلاف معنی دار با وضعیت ۰ درصدی، § اختلاف معنی دار با وضعیت ۸ درصدی، † اختلاف معنی دار با وضعیت ۱۰/۵ درصدی، ‡ اختلاف معنی دار با وضعیت ۱۳ درصدی. { سطح معنی داری در همهٔ مقایسه ها، $p \leq 0.05$ بود.}

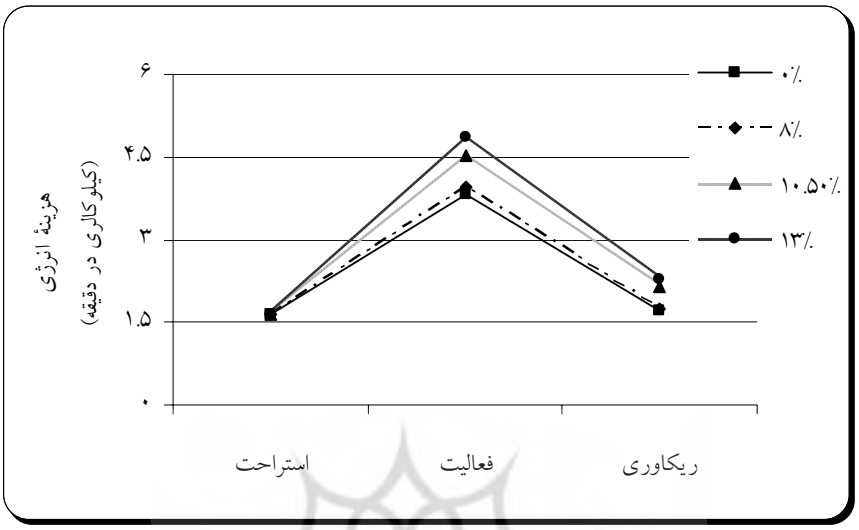
نتایج پژوهش حاضر نشان داد در مقادیر VO_2 و EE آزمودنی‌ها، بین آزمون‌های مختلف حمل بار در حین حمل (فعالیت) یا پس از حمل (ریکاوری) تفاوت معنی داری وجود داشت($p= ۰/۰۰۱$). نتایج حاکی از این بود که VO_2 و EE هنگام حمل کوله پشتی‌های معادل ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن نسبت به شرایط باری ۰ و ۸ درصد وزن بدن به‌طور معنی داری بیشتر بود($p <۰/۰۱$). علاوه بر این نتایج آزمون تی همبسته نشان داد که میانگین مقادیر VO_2 و EE، 3 دقیقه پس از حمل کوله‌پشتی معادل ۸٪ وزن بدن به سطحی نزدیک به سطوح پایهٔ استراحتی کاهش یافت($p < ۰/۰۵$) و ۳ دقیقه پس از حمل کوله‌پشتی‌های معادل ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن همچنان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سطوح پایهٔ استراحتی بود($p=۰/۰۰۰$). همچنین نتایج نشان داد بین شرایط حمل کوله‌پشتی معادل ۸٪ وزن بدن و راه رفتن بدون کیف(۰٪ وزن بدن) تفاوت‌های معنی‌داری در مقادیر VO_2 و EE در حین حمل یا ۳ دقیقه پس

از آن وجود نداشت($p< ۰/۰۵$). اگر چه نتایج پژوهش حاضر حاکی از تشابه تغییرات EE با تغییرات VO_2 بود، با این حال تغییرات ایجاد شده در EE، اندکی بارزتر بود (نمودارهای ۱ و ۲).

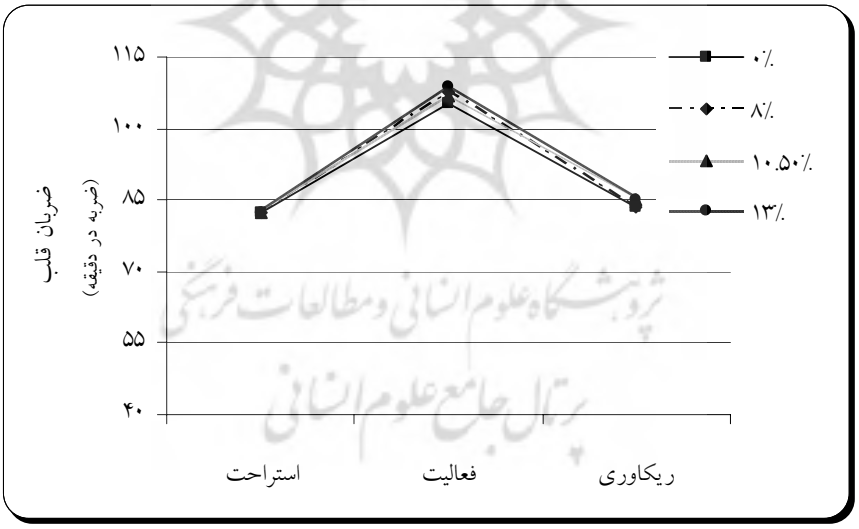


نمودار ۱. میانگین اکسیژن مصرفی آزمودنی ها در دوره‌های استراحت، فعالیت و ریکاوری و در شرایط باری مختلف

نتایج پژوهش حاضر، تفاوت معناداری را در مقدار ضربان قلب آزمودنی‌ها بین آزمون‌های مختلف حمل بار، در حین حمل (فعالیت) یا پس از حمل (ریکاوری) نشان نداد ($p< ۰/۰۵$) (نمودار شماره ۳). علاوه بر این مشاهده شد در همهٔ آموزن‌های حمل بار، در مقدار ضربان قلب بین حالت‌های استراحت و ریکاوری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p< ۰/۰۵$).



نمودار ۲. میانگین هزینهٔ انرژی آزمودنی ها در دوره‌های استراحت، فعالیت و ریکاوری و در شرایط باری مختلف



نمودار ۳. میانگین ضربان قلب آزمودنی ها در دوره‌های استراحت، فعالیت و ریکاوری و در شرایط باری مختلف

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد بین مقادیر انرژی مصرفی دانش آموزان در حین و پس از حمل کوله پشتی‌های با اوزان مختلف، تفاوت معناداری وجود دارد. با افزایش وزن کوله پشتی از ۸٪ به ۱۳٪ وزن بدن، انرژی مصرفی به‌طور خطی و معنی‌دار افزایش یافت، در حالی‌که حمل کوله پشتی معادل ۸٪ وزن بدن، افزایش معنی داری را ایجاد نکرد. این نتایج نشان می‌دهد افراد بین شرایط باری گوناگون، عملکردهای مختلف و نیازهای متابولیکی متفاوتی دارند. بدیهی است در بیان علت این تغییرات می‌توان گفت آزمودنی‌ها برای حمل کیف‌های سنگین‌تر، باید بیشتر تلاش کنند و فشار بیشتری را متحمل شوند؛ به عبارت دیگر شدت فعالیت هنگام حمل کوله پشتی‌های سنگین‌تر به‌طور معناداری بیشتر است؛ بنابراین افزایش در هزینه‌های متابولیکی[1]، احتمالاً نتیجهٔ درگیری عضلات بیشتری(در گروه عضلات بزرگ و هم گروه عضلانی کوچک‌تر) در حین حمل کوله پشتی‌های سنگین‌تر بوده است (۲۷). علاوه بر این، افزایش وزن کوله پشتی، به علت تغییر مرکز ثقل بدن در پشت، دانش آموزان را وادار می‌کند به جلو خم شدند (۹)، این خمیدگی سبب می‌شود تا عضلات همسترینگ، نیم شوکی، درشت نئی قدامی، پهن جانبی، راست کنندهٔ ستون فقرات و ذوزنقه برای حمایت از حرکت، بیشتر فعالیت کنند(۲۷). بدین ترتیب با افزایش شدت فعالیت، آزمودنی‌ها گروه‌های عضلانی و واحدهای حرکتی بیشتری را درگیر می‌کنند و آهنگ راه رفتن آنها تغییر می‌کند (۷). در نتیجهٔ این تغییرات بیومکانیکی، توان خروجی[2] و هزینهٔ متابولیکی بیشتری برای حمل بار مورد نیاز است، علاوه بر این، وضعیت قامت خمیده و بیومکانیک تغییر یافتهٔ حرکت، فشار را بر روی عضلات پا و پشت افراد افزایش می‌دهد. (۲۷) همگی این عوامل در افزایش هزینهٔ انرژی نقش اساسی ایفا می‌کنند. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج تحقیق اپستین[3] و همکاران (۱۹۸۸) در مورد بزرگسالان همخوانی داشت، این گروه نشان دادند انرژی مصرفی هنگام حمل کوله پشتی ۴۰ کیلوگرمی نسبت به حمل کوله پشتی ۲۵ کیلوگرمی، به‌طور معناداری افزایش می‌یابد، همخوانی داشت. این پژوهشگران افزایش هزینهٔ انرژی را در هنگام حمل بارهای سنگین، ناشی از تغییرات بیومکانیکی ایجاد شده در آهنگ راه رفتن(از جمله کاهش طول گام و افزایش تعداد گام) دانستند(۳۰). نتایج مذکور همچنین با نتایج پژوهش هونگ[4] و همکاران(۲۰۰۰) از یک وجه همخوانی داشت و از وجهی دیگر متناقض بود. این پژوهشگران دریافتند حمل کوله پشتی

---

1. Metabolic Costs
2. Power output
3. Epstin

معادل ۲۰٪ وزن بدن، انرژی مصرفی را در قیاس با شرایط باری ۰، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن، به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. این نتیجه با نتایج پژوهش حاضر تعارضی نداشت، البته در پژوهش حاضر، حمل کوله پشتی‌های معادل ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن منجر به‌طور معنی‌داری انرژی مصرفی را افزایش داد. این تناقض شاید قابل اغماض باشد زیرا کوله پشتی معادل ۲۰٪ وزن بدن در تحقیق آنها، وزن مطلقی برابر با ۶/۷ کیلوگرم داشت و کوله پشتی‌های معادل ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن در پژوهش حاضر، وزن‌های مطلقی برابر با ۵/۷۷۵ و ۷/۱۵ کیلوگرم داشتند. علاوه بر این، اختلافات وزنی آزمودنی‌های این پژوهش با تحقیق هونگ و همکاران، عامل مؤثر دیگری بر تفاوت‌های هزینهٔ انرژی است (میانگین وزن آزمودنی‌های هونگ و همکاران، ۳۳/۵ و میانگین وزن آزمودنی‌های پژوهش حاضر، ۵۵ کیلوگرم بود). وزن بدن، یکی از عوامل مهمی است که در بسیاری از ورزش‌ها بر مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد، هزینهٔ انرژی فعالیتی مشخص، معمولاً در افراد سنگین وزنتر، بیشتر است، به خصوص در فعالیت‌هایی همچون راه رفتن و دویدن که در آنها وزن بدن در طول فعالیت جابه‌جا می‌شود(۳۱).

گر چه در مورد انرژی مصرفی، نتیجهٔ کلی پژوهش حاضر با نتیجهٔ کلی تحقیق هونگ و همکاران تفاوت بارزی نداشت، با این حال از دلایل وجود اختلافات ناچیز بین این دو می‌توان به روش تحقیق و ابزار اندازه‌گیری مورد استفاده در این پژوهش‌ها اشاره کرد. هونگ در تحقیق خود از روشی غیر مستقیم برای برآورد انرژی مصرفی استفاده نمود، درحالی‌که در پژوهش حاضر به منظور اندازه‌گیری انرژی مصرفی، از دستگاه پیشرفته و معتبر گاز آنالایزر استفاده شده است.

در پژوهش حاضر، مقایسهٔ اکسیژن مصرفی دانش آموزان بین شرایط مختلف حملی، نتایجی مشابه با تغییرات انرژی مصرفی داشت. نتایج نشان داد با افزایش وزن کوله پشتی از ۸٪ به ۱۳٪ وزن بدن، اکسیژن مصرفی به‌طور خطی و معنی‌دار افزایش یافت، اما حمل کوله پشتی معادل ۸٪ وزن بدن، افزایش معنی‌داری را در اکسیژن مصرفی ایجاد نکرد. علاوه بر این، ۳ دقیقه پس از حمل کوله پشتی معادل ۸ درصد وزن بدن، اکسیژن مصرفی به‌طور معنی‌داری کمتر از شرایط باری ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن و نزدیک‌تر به سطوح استراحتی بود. بنابراین به نظر می‌رسد که پس از حمل کوله پشتی‌های معادل ۱۰/۵ و ۱۳ درصد وزن بدن به دورهٔ ریکاوری طولانی‌تری برای بازگشت اکسیژن مصرفی به حالت اولیه، نیاز است. همان‌طور که در بحث مربوط به انرژی مصرفی گفته شد شدت فعالیت، هنگام حمل کوله‌پشتی‌های سنگین‌تر به‌طور معناداری بیشتر است (۲۷)؛ بنابراین افزایش در هزینه‌های متابولیکی (اکسیژن و انرژی مصرفی) در حین حمل کوله پشتی‌های سنگین‌تر، احتمالاً نتیجهٔ درگیری گروه‌های عضلانی و

واحد های حرکتی بیشتر است. علاوه بر این، افزایش وزن کوله پشتی، به علت تغییر مرکز ثقل بدن در پشت، دانش آموزان را وادار می‌کند به جلو خم شوند (۹). افزایش واحدهای حرکتی فعال و نیز تشدید فلکشن قدامی دانش آموزان هنگام راه رفتن، به‌طور معنی‌دار تعداد گام را افزایش و طول گام را کاهش می‌دهد[۲۴]. این تغییرات در آهنگ راه رفتن، مصرف اکسیژن و انرژی را افزایش می‌دهد(۳). تأثیر این عوامل در کودکان و نوجوانان که دورهٔ رشد جسمانی خود را سپری می‌کنند به مراتب بیشتر از بزرگسالان است و رشد عضلانی- اسکلتی آنها را مختل می‌کند (۲۷).

نتایج این بخش از پژوهش با نتایج لوید و کوک[1](۲۰۰۰) و هولیوجن (۱۹۹۰) همخوانی داشت؛ لوید و کوک نشان دادند اکسیژن مصرفی در شرایط حمل کوله پشتی ۲۶/۵ کیلوگرمی به‌طور معنا داری بیشتر از راه رفتن بدون بار است(۲۹) و هولیوجن[2](۱۹۹۰) نیز نشان داد در حین حمل کوله پشتی، میزان مصرف اکسیژن متناسب با وزن کوله پشتی، به‌طور معنی داری افزایش می‌یابد (۳۲)، اما نتایج پژوهش با نتایج کوئیزادا[3] و همکاران(۲۰۰۰) همخوان نبود؛ این گروه نشان دادند در حین حمل کوله پشتی، اثر متقابل معنی داری بین وزن کوله پشتی، مدت زمان حمل آن و اکسیژن مصرفی وجود ندارد(۳۳)، به نظر می‌رسد آمادگی بدنی بالای آزمودنی‌های تحقیق کوئیزادا و همکاران که همگی از سربازان جوان ۱۸ تا ۲۰ سالهٔ پیاده نظام بودند، عامل اصلی بازدارنده در افزایش معنی‌دار مصرف اکسیژن هنگام حمل کوله پشتی‌های با اوزان ۰، ۱۵ و ۳۰ درصد وزن بدن بود. نتایج این بخش از پژوهش، همچنین با نتایج پژوهش هونگ و همکاران(۲۰۰۰) تناقضی نداشت. این پژوهشگران نیز در تحقیق خود اثر معنی‌دار وزن کوله‌پشتی را بر روی اکسیژن مصرفی تأیید کردند و اظهار داشتند حمل کوله‌پشتی معادل ۲۰٪ وزن بدن، VO_2 را به‌طور معنی‌داری نسبت به حمل کوله‌پشتی معادل ۱۰٪ وزن بدن افزایش می‌دهد. با این حال ایشان دریافتند که VO_2، ۵ دقیقه پس از حمل کوله‌پشتی ۱۰ درصدی به سطحی نزدیک به سطوح پایهٔ استراحتی برمی‌گردد، اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد VO_2، ۳ دقیقه پس از حمل کوله‌پشتی معادل ۸٪ وزن بدن، به سطحی نزدیک به سطوح پایهٔ استراحتی برمی‌گردد. علت این اختلاف در ریکاوری اکسیژن مصرفی، احتمالاً کمتر بودن مدت زمان حمل کوله پشتی در پژوهش حاضر در مقایسه با این مدت زمان در پژوهش هونگ و همکاران باشد. یادآور می‌شود مدت زمان حمل کوله پشتی در پژوهش هونگ و همکاران، ۲۰ دقیقه و در

1. Lloyd & Cook
2. Holewijn
3. Quesada

پژوهش حاضر، ۱۵ دقیقه بوده است. راه رفتن به مدت ۱۵ دقیقه، مستقل از وزن بار حملی، احتمالاً افزایش کمتری(در مقایسه با راه رفتن به مدت ۲۰ دقیقه) را در اکسیژن مصرفی ایجاد کرده است؛ لذا بازگشت از این افزایش به حالت اولیه، مستلزم گذشت زمان کمتری است.

در پژوهش حاضر مقایسهٔ ضربان قلب آزمودنی‌ها بین آزمون‌های مختلفِ حمل کوله پشتی نشان داد مقدار این متغیر هنگام حمل کوله پشتی‌های با اوزان مختلف، افزایش یافت، اما در میزان این افزایش بین شرایط باری مختلف، تفاوت معناداری وجود نداشت. علاوه بر این، مقدار این متغیر در کلیهٔ آزمون‌ها ۳ دقیقه پس از حمل، به مقدار پایهٔ استراحتی خود نزول کرد. این بدان معناست که تغییرات ضربان قلب آزمودنی‌ها تحت تأثیر وزن کوله پشتی قرار نگرفته و ممکن است بیش از وزن کوله پشتی، مربوط به حالت‌های روانی و انگیزشی یا میزان آمادگی جسمانی آزمودنی‌های نمونه باشد. همچنین عدم معنی‌داری اثر وزن بار حملی بر روی ضربان قلب، احتمالاً به دلیل کمی وزن آن در شرایط باری مختلف یا کمی فاصلهٔ بین اوزان مختلف حملی است.

این یافته با نتایج پژوهش‌های زیر همخوانی داشت:

۱- پژوهش هونگ و بروگمن[1](۲۰۰۰) که نشان دادند اختلافات معناداری در ضربان قلب دانش آموزان در مدت زمان حمل کوله پشتی و نیز ۳ دقیقه پس از حمل آن بین اوزان حملی ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزن بدن، وجود ندارد(۲۱)؛

۲- پژوهش هونگ و همکاران(۲۰۰۰) که نشان دادند بین حمل کوله پشتی‌های با اوزان ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزن بدن، تفاوت معناداری در ضربان قلب دانش آموزان در حین حمل یا پس از آن وجود ندارد(۲۷)؛

۳- پژوهش کوئیزادا و همکاران(۲۰۰۰) که نشان دادند در حین حمل کوله پشتی، اثر متقابل معنی‌داری بین وزن بار حملی، مدت زمان حمل بار و ضربان قلب وجود ندارد(۳۳)؛

۴ - پژوهش مراتی[2] و همکاران(۲۰۰۱) که نشان دادند افزایش ضربان قلب در شرایط حمل کوله پشتی ۸ کیلوگرمی در مقایسه با راه رفتن بدون کیف، معنی دار نیست(۳۴).

به‌طور خلاصه از آنجایی که محبوبیت استفاده از کوله پشتی به عنوان بهترین روش حمل وسایل در میان کودکان، نوجوانان و جوانان رو به افزایش است؛ لذا تدوین دستورالعمل‌های لازم در مورد وزن مناسب برای حمل، مدت زمان و نحوهٔ حمل به منظور جلوگیری از آسیب‌ها و عوارض احتمالی حمل آن، ضروری و اجتناب ناپذیر است(۴). نتایج

---

1. Hong & Bruggemann
2. Merati

پژوهش حاضر که با هدف عمدهٔ «تعیین وزن مطلوب کوله پشتی»، آن‌را از جنبهٔ فیزیولوژیکی مطالعه کرده است، نشان داد حمل کوله پشتی‌های با وزن معادل ۱۰/۵٪ وزن بدن یا بیشتر، فشار معنی‌داری را بر روی دستگاه سوخت و ساز بدن اعمال می‌دارد؛ به این معنی که حمل کوله پشتی‌های مذکور، اکسیژن مصرفی و هزینهٔ انرژی را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد و باعث اختلال در عملکرد دستگاه متابولیکی بدن می‌شود. با وجود این حمل کوله پشتی معادل ۸٪ وزن بدن، فشار فیزیولوژیکی معنی‌داری را اعمال نکرده، عملکرد دستگاه مذکور را دچار تغییرات چشمگیر نمی‌کند، همچنین پس از حمل کوله‌پشتی معادل ۸٪ وزن بدن، مدت زمان کمتری(۳ دقیقه) برای بازگشت متغیرهای متابولیکی به حالت اولیهٔ استراحتی و طبیعی شدن کار دستگاه‌های فیزیولوژیکی بدن مورد نیاز است. تحقیق حاضر تنها به تعیین وزن مطلوب کوله‌پشتی از جنبهٔ پیامدهای فیزیولوژیکی حمل آن پرداخته است و پیشنهاد می‌کند دانش-آموزان از حمل کوله‌پشتی‌های با وزن نسبی بیش از ۱۰٪ وزن بدن خودداری کنند، همچنین نتایج پژوهش حاضر، کوله‌پشتی معادل ۸٪ وزن بدن را وزن مطلوب و مناسب کوله‌پشتی برای دانش‌آموزان نوجوان توصیه می‌کند؛ بنابراین براساس نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود:

۱) والدین حداقل هفته‌ای یک‌بار کوله‌پشتی فرزند خود را وزن کنند تا از حمل کوله پشتی‌های سنگین‌تر از ۸٪ وزن بدن جلوگیری شود؛

۲) معلمان و مدیران مدارس برنامه‌های درسی دانش آموزان را به گونه‌ای تدوین کنند که دانش آموزان مجبور نباشند هر روز اکثر کتاب‌ها و سایر لوازم آموزشی خود را حمل کنند؛

۳) در صورت عدم امکان تدارک سرویس‌های حمل و نقل برای دانش‌آموزان، مسئولان آموزش و پرورش دو سری از کتب و وسایل آموزشی مورد نیاز (یک سری برای استفاده در منزل و یک سری برای فعالیت در کلاس) به دانش آموزان ارائه دهند تا از حمل مکرر کیف‌های سنگین جلوگیری شود.

علاوه بر پیشنهادات مذکور، در این پژوهش برای پژوهشگران علاقه‌مند به تحقیق در این حوزه، پیشنهادات زیر مطرح شده است:

۱) پژوهش حاضر در دانش آموزان پسر مقطع راهنمایی انجام شد. با توجه به این‌که ویژگی‌های رشدی و ابعاد آنتروپومتریکی با افزایش سن تغییر می‌کند، پیشنهاد می‌شود پژوهش مشابهی در دانش آموزان سایر مقاطع تحصیلی(پیش دبستانی، ابتدایی و دبیرستان) و نیز دانش‌آموزان دختر انجام شود؛

۲) با توجه به این‌که در پژوهش حاضر تنها اثر متقابل بین وزن کوله پشتی و تغییرات فیزیولوژیکی مطالعه شد، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات دیگر، رابطهٔ بین مدت زمان حمل و سرعت راه رفتن با تغییرات فیزیولوژیکی مذکور بررسی شود؛

۳) مطالعهٔ حمل کوله‌پشتی از سایر جنبه‌ها از جمله جنبه‌های روان‌شناختی، پاتولوژیکی و بیومکانیکی با توجه به محبوبیت و استفادهٔ روزافزون آن در میان دانش‌آموزان، ضرورت فراوانی دارد که کنکاش‌های علمی پژوهشگران آینده را مطالبه می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع :

1-Lafindra M, and Harman E (2004), *The distribution of forces between the upper and the lower back during load carriage*, Med Sci Sports Exerc, 36: 460-467.

2-Lafond D, Descarreaux M, Normand M C, and Harrison D E (2007), *Postural development in school children: a cross-sectional study*, Chiropractic & Osteopathy, 15(1): page number not for citation purposes.

3-Li J X, Hong Y, Robinson P D (2003), *The effect of load carriage on movement kinematics and respiratory parameters in children during walking*, Eur J Appl Physiol, 90: 35-43.

4-Rateau Margaret R (2004), *Use of backpacks in children and adolescents: a potential contributor of back pain*, Orthopedic Nursing, 23: 101-105.

5-Grimmer K, Dansie B, Milanese S, Pirunsan U, and Tratto P (2002), *Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomized controlled experiential study*, BMC Musculosklet Disorder, 3(1): 10.

6-Negrini S, Carabalona R, sibilla P (1999), *Backpack as a Daily Load for Schoolchildren*, Lancet 354(9194) Dec 4: 1974.

7-Pascoe D D, Pascoe D E, Wang Y T, Shin D M, and Kim C K (1997,. *Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths*, Ergonomics, 40(6): 631-641.

8-Whittfield J K, Legg S J, Hedderley D I (2001), *The weight and use of school bags in New Zealand secondary schools*, Ergonomics, 44(9): 819-824.

9-Wong A S K, Hong Y (1997), *Walking pattern analysis of primary school children during load carriage on a treadmill*, Med Sci Sports Exerc, 29(5): 585,492.

10-Vacheron J J, Poumarat G, Chandezon R, Vanneuville G (1999), *Changes of contour of the spine caused by load carrying*, Surgical and Radiological Anatomy, 21(2): 109-113.

11-Siambanes D, Martinez J W, Butler E W, Haider T (2004), *Influence of school backpacks on adolescent back pain*, J Pediatr orthop, 24(2): 211-217.

۱۲- نمازی زاده، مهدی و همکاران ۱۳۸۲، «*آثار سینماتیکی حمل کوله پشتی بر راه رفتن و وضعیت قامت نوجوانان*»، نشریهٔ حرکت، شمارهٔ ۱۶، ص ۵ - ۲۳.

13-Hong Y, and Li J X (2005), *Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children's stair walking*, Gait & Posture, 22: 63-68.

14-Chow D H K, Kwok M L Y, Au-Yang A C K, Holmes A D, Cheng J C Y, Yao F Y D, Wong M S (2006), *The effect of load carriage on the gait of girls with adolescent idiopathic scoliosis and normal controls*, Med Eng & Physics, 28: 430-437.

15-Jacobson B H, Cook D A, Altina T S, Gemmell H A, and Hayes B M (2003), *Comparison of perceived comfort differences between standard and experimental load carriage systems*, Ergonomics, 46(10):1035-1041.

16-Motmans R R E E, Tomlow S, Visser D (2006), *Trunk muscles activity in different modes of carrying schoolbags*, Ergonomics, 46: 127-138.

17-Negrini S, Carabalona R (2002), *Backpacks on! Schoolchildren's perceptions of load, associations with back pain and factors determining the load*, Spine, 27: 187-195.

18-Piscione J, Gamet D (2006), *Effect of mechanical compression due to load carrying on shoulder muscle fatigue during sustained isometric arm abduction: an electromyographic study*, Eur J Appl Physiol, 97: 573-581.

19-Sheir-Neiss G I, Kruse R W, Rahman T, Jacobson L P, and Pelli J A (2003), *The association of backpack use and backpain in adolescents*, Spine, 28(9): 922-930.

20-Hong Y, Cheung C K (2003), Gait and posture responses to backpack load during level walking in children, Gait & Posture, 17: 28-33.

21-Hong Y, Brueggemann G P (2000), *Changes in gait patterns in 10-year-old boys with increasing loads when walking on a treadmill*, Gait & Posture, 11: 254-259.

22-Lafiandra M, Holt K G, Wangenaar R C, and Obusek J P, (2002), *Transverse plane kinetics during treadmill walking with and without a load*, Clin Biomech, 17(2): 116-122.

23-Stanford C F, Francis P R, Chambers H G (2002), *The effects of backpack load on pelvis and upper body kinematics of the adolescent female during gait*, Motion Analysis Laboratory, Children's Hospital, California, USA.

24-Wesdock K, Henley J Masiello G, and Nogi J (2002), *The effects of backpack use on posture and gait in school-age children, A pilot study*, Children's Hospital, Richmond, Virginia, USA.

25-Abe D, Yanagawa K, and Niihata Sh (2004)**,** *Effects of load carriage, load position and walking speed on energy cost of walking*, Apple Ergonomics, 35(4), 329-335.

26-Bastien G J, Willems P A, Schepens B, Heglund N C (2005), *Effect of load and speed on the energetic cost of human walking***,** Eur J Appl Physiol, 94, 76-83.

27-Hong Y, Li J X, Wong A S K, Robinson P D (2000), *Effects of load carriage on heart rate, blood pressure and energy expenditure in children***,** Ergonomics 43: 717-727.

28-Kristin J S, Daniel G D, Amanda L W (2004), *Effect of load position on physiological and perceptual responses during load carriage with an internal frame backpack*, Ergonomics, 47: 784-789.

29-Lloyd R, Cooke C B (2000), *The oxygen consumption with unloaded walking and load carriage using two different backpack designs*, Eur J Appl Physiol, 81: 486-492.

30-Epstein Y, Rosenblum J, Burstein R, and Sawka M N (1988), *External load can alter the energy cost of prolonged exercise*, Eur J Appl Physiol, 57(2): 243-247.

31-Heusner A A (1982), *Energy metabolism and body size. I, Is the 0/75 mass exponent of kleiber's equation a statistical artifact?*, Resp Physiol, 48: 1-12.

32-Holewijn M (1990), *Physiological strain due to load carrying*, Eur J Appl Physiol, 61: 237-245.

33-Quesada P M, Mengelkoch L J Hale R C, Simon S R (2000), *Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching*, Ergonomics, 43(3): 293-309.

34-Merati G, Negrini S, Sarchi P, Mauro F, and Veisteinas A (2001), *Cardio-respiratory adjustments and cost locomotion in school children during backpack walking (the Italian backpack study)*, Eur J Appl Physiol, 85(1-2): 41-48.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی