DOI: 10.22122/jrrs.v16.3487 Published by Vesnu Publications

تأثیر حمل کوله‌پشتی بر متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در وزن و شیب‌های مختلف در دانش‌آموزان ۱۰ تا ۱۲ ساله ساکن شهر تهران

فاطمه احمدی گودینی[۱]، مهدی خالقی تازجی[۲]، امیر لطافتکار[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: کودکان دبستانی مجبور هستند هر روز کوله‌پشتی خود را در مسیرهایی با ویژگی‌ها و شیب‌های مختلف حمل کنند. با این حال، دانش موجود درباره اثرات آن بر بیومکانیک راه رفتن بسیار محدود است. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر حمل کوله‌پشتی در وزن و شیب‌های مختلف بر کینتیک راه رفتن دانش‌آموزان دبستانی بود.

مواد و روش‌ها: ۱۸ پسر دبستانی ۱۰ تا ۱۲ ساله ساکن شهر تهران، هفت مرحله راه رفتن روی تردمیل شامل سه تکلیف در سطح صاف (بدون کوله و با کوله‌پشتی ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن به عنوان گروه شاهد)، دو تکلیف در شیب ۱۵ درصد مثبت و دو تکلیف در شیب ۱۵ درصد منفی را اجرا نمودند. مقادیر مربوط به متغیرهای نیروی عکس‌العمل عمودی (پیک اول، پیک دوم، نرخ بارگذاری، نرخ پوش‌آف و زمان رسیدن به پیک) در حین راه رفتن روی تردمیل استخراج گردید.

یافته‌ها: نتایج آزمون ANOVA نشان داد که شیب تأثیر معنی‌داری بر متغیرهای پیک اول و دوم، نرخ بارگذاری، نرخ پوش‌آف و زمان رسیدن به پیک حین راه رفتن داشت ($P = ۰/۰۰۱$)؛ در حالی که اثر وزن کوله‌پشتی بر این متغیرها معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری: حمل کوله‌پشتی در سرپایینی اثرات بیشتری بر سیستم حرکتی کودکان دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد استراتژی کنترل حرکتی متفاوتی داشته باشد. تعدیل و اصلاح شیوه‌های حمل بار (کوله) می‌تواند از راهکارهای پیش‌رو برای کاهش اثرات منفی فشار بر سیستم اسکلتی- عضلانی کودکان باشد.

کلید واژه‌ها: کوله‌پشتی؛ راه رفتن؛ نیروی عکس‌العمل زمین؛ شیب زمین؛ دانش‌آموزان

ارجاع: احمدی گودینی فاطمه، خالقی تازجی مهدی، لطافتکار امیر. **تأثیر حمل کوله‌پشتی بر متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در وزن و شیب‌های مختلف در دانش‌آموزان ۱۰ تا ۱۲ ساله ساکن شهر تهران.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۹؛ ۱۶: ۲۳-۱۷.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۸ تاریخ چاپ: ۱۳۹۹/۱/۱۵

مقدمه

حمل کوله‌پشتی که میانگین وزن نسبی آن در دانش‌آموزان پسر ابتدایی ایران حدود ۱۱ درصد وزن بدن گزارش شده است (۱)، موجب ایجاد تغییراتی در بدن می‌شود. افزایش نیروی عکس‌العمل عمودی و نیروی ترمزی (Braking force) و پیشران (Propulsive force) (۲-۱۰) و افزایش آهنگ گام‌برداری (Cadence)، کاهش طول گام، افزایش زمان حمایت دوگانه (Double support time) و سکون (Stance) (۱۰-۱۴)، در اثر حمل بار در سطح صاف، احتمال بروز ناهنجاری‌ها و دردهای عضلانی- اسکلتی را افزایش می‌دهد. این تغییرات می‌تواند نشانه اتخاذ ساز و کارهای جبرانی برای کاهش ناپایداری و یا کاهش استرین مکانیکی روی دستگاه عضلانی- اسکلتی باشد (۱۲). این در حالی است که حمل کوله‌پشتی سنگین روی زمین‌ها و شیب‌های مختلف در مسیر مدرسه برای دانش‌آموزان رایج است. از این‌رو، انجام مطالعات برای شناسایی جوانب مختلف حمل کوله‌پشتی به ویژه در شرایط عملکردی در دانش‌آموزان ضرورت دارد.

افزایش بزرگی نیروی عکس‌العمل عمودی متناسب با بار اعمال شده، به استاتیک بار، فلکشن تنه، افزایش دامنه حرکتی و فلکشن ران و زانو هنگام حمل بار نسبت داده شده است (۱۰، ۹، ۵، ۳). تحقیقات متعددی تأثیر راه رفتن روی شیب را بر سازگاری‌های پوسچر و راه رفتن (۱۶، ۱۵)، فعالیت عضله (۱۶)، کینتیک و کار مفصل (۱۹-۱۷)، کینماتیک پا (۲۰) و بار برشی (Load sharing) درون و بین اندام (۲۱) بررسی کرده‌اند. با توجه به یافته‌های پژوهش‌ها درباره چالش‌های راه رفتن با حمل بار و یا در شیب (۲۶-۲۰)، می‌توان فرض کرد که حمل کوله‌پشتی در سربالایی، تکلیف سخت و چالش‌برانگیزتری برای دانش‌آموزان می‌باشد. در مطالعه‌ای بر روی بزرگسالان، افزایش ضربه داخلی- خارجی، پیک اول و دوم نیروی عمودی و قدامی- خلفی و کاهش زمان سکون که نشان دهنده افزایش در سرعت راه رفتن است و می‌تواند یک

۱- کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
نویسنده مسؤول: مهدی خالقی تازجی؛ استادیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email: mehdikhaleghi60@yahoo.com

مکانیسم جبرانی برای کاهش بی‌ثباتی بدن باشد، در حین راه رفتن سربالایی با حمل کوله‌پشتی نسبت به شرایط کنترل بدون بار گزارش شده است (۲۲). همچنین، حمل کوله‌پشتی در شیب منفی یا مثبت ۱۵ درصد، با خمش بیشتر تنه و به دنبال آن، دامنه حرکت کمتر تنه، تأثیر منفی مضاعفی روی الگوی حرکت تنه دارد (۲۳). بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، اطلاعات مربوط به راه رفتن با بار روی سطح شیب‌دار اندک است و با این که دامنه وزن توصیه شده کوله‌پشتی برای کودکان ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن بدن می‌باشد، اطلاعات موجود محدود به کوله‌پشتی‌های سنگین کوهنوردی و نظامی است (۲۷-۲۵، ۲۴، ۲۲).

پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه اثرات حمل کوله‌پشتی با وزن ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن در سطح صاف و سربالایی با شیب ۱۵ درصد، بر کینتیک گام (پیک اول و دوم نیرو، حداقل نیرو، نرخ بارگذاری، نرخ پوش‌آف و زمان رسیدن به پیک اول) دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۲ ساله ساکن شهر تهران بررسی انجام گردید. فرضیه این بود که حمل کوله‌پشتی در سربالایی با وزن‌های ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن در مقایسه با سطح صاف، بر کینتیک راه رفتن دانش آموزان اثر می‌گذارد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع نیمه تجربی با طرح اندازه‌های تکراری درون‌گروهی بود که به صورت یک سوکور (Single-blinded) (ارزیاب) انجام شد. جامعه آماری تحقیق را همه دانش‌آموزان دبستانی ۱۰ تا ۱۲ ساله پسر سالم در شهر تهران تشکیل داد. نرم‌افزار G*Power برای طرح اندازه‌های تکراری با ۵ اندازه‌گیری و توان ۰/۹۰، ۱۹ آزمودنی را پیشنهاد داد (۱۴، ۱۱، ۱۰، ۸) که در پژوهش حاضر به صورت در دسترس و با اعمال معیارهای ورود (محدوده سنی ۱۰ تا ۱۲ سال، جنسیت مرد، رضایت فرد و والدین، برتر بودن دست و پای راست) و خروج [داشتن درد عضلانی- اسکلتی، سابقه آسیب طی شش ماه منتهی به اندازه‌گیری، چاقی زیاد با شاخص توده بدنی (Body mass index یا BMI) بیشتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، ابتلا به بیماری‌های مزمن، وجود ناهنجاری‌های راه رفتن و وضعیتی با آزمون نیویورک، مصرف دارو، سابقه جراحی، مشکل بینایی و شنوایی شدید، داشتن تب طی ۷۲ ساعت آخر منتهی به اندازه‌گیری و خوردن چای و قهوه (کافئین) طی سه ساعت پیش از اندازه‌گیری] انتخاب شدند (۱۱، ۸). قبل از انجام آزمون‌ها، کد اخلاق به شماره IR.MODARES.REC.1397.045 و شماره ثبت کارآزمایی IRCT20180614040101N1 اخذ شد. آزمودنی‌ها در بهار سال ۱۳۹۶ به آزمایشگاه علوم حرکتی دانشگاه پیام نور واحد مرکزی تهران دعوت شدند.

از دستگاه آنالیز راه رفتن Gaitway (Belt-driven instrumented HP Cosmos Gaitway treadmill with Kistler forceplates) دارای دو صفحه نیرو Kistler در زیر تسمه گردان (طول ۱۵۰۰ میلی‌متر، عرض ۵۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۷۰ میلی‌متر از سطح زمین)، با فرکانس نمونه‌برداری ۲۰۰ هرتز استفاده گردید. در شروع هر جلسه و قبل از شروع فرایند ثبت داده‌ها، دستگاه تردمیل تجهیز شده کالیبره شد. هر یک از شرکت‌کنندگان در ابتدای کار، در مورد روند ارزیابی آگاه شدند و فرم رضایت‌نامه و اطلاعات فردی را تکمیل نمودند و تیشرت و شورت ورزشی و کفش تهیه شده در آزمایشگاه (کفش دویدن معمولی در یک مدل مشابه و در اندازه‌های مختلف متناسب با پای شرکت‌کنندگان) را پوشیدند. سپس وزن، قد و طول پا (تروکانتر بزرگ تا قوزک خارجی) به ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۱ کیلوگرم)، قدسنج (با دقت ۰/۱ سانتی‌متر) و متر نواری اندازه‌گیری گردید.

به منظور آشنایی با تردمیل تجهیز شده و انتخاب سرعت راه رفتن، از شرکت‌کنندگان درخواست شد که ۶ دقیقه روی تردمیل راه بروند. سرعت راه رفتن برای هر آزمودنی سرعت خودانتخابی و معمول وی بود. سرعت مد نظر هر شخص در این مرحله تعیین و ثبت و در همه آزمایش‌هایش حفظ می‌شد تا اثر سرعت بر متغیرهای راه رفتن به حداقل برسد (۱۸). سپس با توجه به فرضیه، علاوه بر وضعیت بدون کوله‌پشتی، چهار آزمایش (دو وزن کوله‌پشتی و دو سطح صاف و سربالایی) را به صورت تصادفی انجام دادند. هر یک از آزمایش‌ها به مدت ۲ دقیقه طول کشید و در ۲۰ ثانیه آخر بدون اطلاع آزمودنی، داده‌ها ثبت گردید. همه اندازه‌گیری‌ها برای هر شرکت‌کننده در یک جلسه کامل شد تا اثر تغییرات روزانه را کاهش دهد، اما شرکت‌کنندگان آزاد بودند که در بین آزمایش‌ها استراحت کنند. به منظور کورسازی یک سویه (محقق و ارزیاب) به داده‌های هر کدام از تکلیف‌ها یک کد اختصاص یافت و این کد در پایان محاسبات با لیست ثبت داده‌ها تطبیق داده شد. کوله‌پشتی استاندارد مرسوم با کمربند لگنی برای همه شرکت‌کنندگان تنظیم و با وسایل روزانه دانش‌آموزان پر شد؛ به طوری که لبه پایین کوله‌پشتی در راستای مهره پنجم کمری قرار می‌گرفت. در ابتدای اجرای هر تکلیف، به طرز راه رفتن آزمودنی‌ها دقت شد و از آن‌ها درخواست گردید که در قسمت وسط تردمیل راه بروند و در حین راه رفتن به روبه‌رو نگاه کنند. پس از هر تکلیف، داده‌ها بررسی می‌شد و در صورت وجود داده‌های از دست رفته و عدم ثبت کامل آن‌ها و یا وجود خطاهایی مانند قرار گرفتن هر دو پا بر روی یک فورس‌پلیت دستگاه تردمیل، دوباره ثبت داده انجام می‌گرفت. آزمودنی‌ها در شرایط بدون کوله‌پشتی، همراه با کوله‌پشتی با ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن و همچنین، در سه شیب صفر، مثبت ۱۵ و منفی ۱۵ درصد روی تردمیل با سرعت ترجیحی راه رفتند. مطالعات پیشین در خصوص راه رفتن در شیب‌های مختلف انجام شده است (۱۶، ۷، ۵). شیب‌ها در تحقیق حاضر با توجه به پژوهش‌های قبلی و همچنین، میانگینی شیب‌های طبیعی معابر انتخاب گردید. داده‌های کینتیکی از طریق صفحه نیرو و با فرکانس نمونه‌برداری ۲۰۰ هرتز در همه شرایط ذکر شده در مدت زمان ۲۰ ثانیه ثبت و ذخیره شد.

خروجی خام نرم‌افزار دستگاه جهت انجام محاسبات مورد نیاز وارد نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ شد. داده‌های سه سیکل راه رفتن با استفاده از نرم‌افزار Random UX نسخه ۱. ۲. ۴ به صورت تصادفی انتخاب و میانگین مقادیر هر یک از متغیرهای هدف در این سه سیکل محاسبه گردید. ابتدا داده‌های نیروی عکس‌العمل با استفاده از فیلتر پایین‌گذر Butterworth و فرکانس قطع ۱۲ هرتز فیلتر شد. فرکانس قطع با توجه به مطالعات پیشین و فرکانس نمونه‌برداری و همچنین، با استفاده از روش آنالیز باقی‌مانده انتخاب گردید. مقادیر پیک اول، پیک دوم، نرخ بارگذاری، نرخ پوش‌آف و مدت زمان رسیدن به پیک به ترتیب با استخراج حداکثر و یا حداقل رقم در بازه‌های ابتدایی، پایانی و میانی نیروی عکس‌العمل عمودی زمین به دست آمد. همه مقادیر متغیرهای کینتیکی با حاصل‌ضرب جرم کل (جرم شخص + کوله) در شتاب جاذبه نرمال‌سازی شد (۴، ۲). مدت زمان رسیدن به پیک نسبت به درصد کل مرحله سکون نیز نرمال‌سازی گردید (۲۸). این فرایند برای هر یک از تکلیف‌هایی که آزمودنی اجرا کرده بود، انجام گرفت. جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون Shapiro-Wilk و برای ارزیابی تفاوت بین شرایط، از آزمون Repeated measures ANOVA استفاده گردید. سپس آزمون تعقیبی Bonferroni به منظور مقایسه دوگانه به کار گرفته شد. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار

http://jrrs.mui.ac.ir

SPSS نسخه ۲۳ (version 23, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

۱۸ پسر دبستانی ۱۰ تا ۱۲ ساله با میانگین سنی ۰/۷۶ ± ۱۰/۹۵ سال، میانگین وزن ۱۱/۱۷ ± ۳۴/۴۶ کیلوگرم، میانگین قد ۷/۸۳ ± ۱۴۲/۰۳ سانتی‌متر و میانگین BMI، ۳/۵۷ ± ۱۶/۷۷ کیلوگرم بر مترمربع در پژوهش حاضر شرکت نمودند.

نتایج آزمون Shapiro-Wilk نرمال بودن توزیع داده‌ها برای تمامی متغیرها در شرایط مختلف تکالیف اجرا شده را نشان داد ($P > ۰/۰۵۰$). نتایج آزمون کرویت Mauchly پیش‌فرض وجود تقارن همبستگی را نشان داد ($P > ۰/۰۵۰$). بر اساس نتایج آزمون Repeated measures ANOVA، اختلاف معنی‌داری در متغیرهای کینتیکی بین تکالیف وجود داشت. در جدول ۱ نتایج آزمون Repeated measures ANOVA و همچنین، میانگین متغیرهای کینتیکی سه شیب و سه شرایط بدون کوله‌پشتی، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن در حین راه رفتن روی تردمیل ارایه شده است.

بر اساس نتایج آزمون Repeated measures ANOVA، اثر سطح (شیب صفر، مثبت ۱۵ درصد و شیب ۱۵ درصد) در شرایط حمل کوله‌پشتی (۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن) بر متغیرهای کینتیکی معنی‌دار بود. نتایج آزمون تعقیبی Bonferroni به منظور مقایسه جفت به جفت شرایط مختلف در هر متغیر نشان داد که اثر شیب در همه متغیرهای کینتیکی معنی‌دار بود ($P = ۰/۰۰۱$)، اما اثر وزن موجب تفاوت معنی‌دار نشد. حمل کوله‌پشتی در شیب به ویژه سرپایینی (منفی ۱۵ درصد)، منجر به تغییر معنی‌دار در متغیرهای کینتیکی محاسبه شده حین راه رفتن گردید، اما در هیچ کدام از متغیرهای کینتیکی بین دو وزن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با حمل کوله‌پشتی در وزن‌های ۱۰ و ۱۵ درصد وزن بدن و شیب ۱۵ درصد سربالایی، تغییرات اندکی در کینتیک راه رفتن دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۲ ساله رخ می‌دهد. این تغییر، کاهش حداقل نیروی عمودی است. تغییر وزن از ۱۰ به ۱۵ درصد، تغییر معنی‌داری در متغیرها ایجاد نکرد. به نظر می‌رسد که بار بیشتر (وزن ۱۵ درصد نسبت به ۱۰ درصد بدن) کوله‌پشتی در سربالایی، تا اندازه‌ای به صورت تعدیل‌کننده عمل می‌کند؛ به گونه‌ای که با وجود افزایش نرخ بارگذاری در وزن ۱۰ درصد، در وزن ۱۵ درصد میزان افزایش کمتری مشاهده می‌شود. این نتایج با یافته‌های مطالعات پیشین همسو است (۱۸)، اما در برخی نیز مغایرت وجود دارد (۲۲). البته تحقیقات پیشین بر روی بزرگسالان، با حمل کوله‌پشتی سنگین و یا بدون بار و تنها در شیب انجام شده‌اند (۲۲، ۱۸، ۱۷). McIntosh و همکاران در پژوهش خود، اصلی‌ترین موضوعات برای بررسی تمایز بین راه رفتن در سطح صاف و سطح شیب‌دار را لزوم بالا بردن یا پایین آوردن مرکز توده بدن در شیب‌ها، میزان کار لازم برای جابه‌جایی مرکز توده، جابه‌جایی عمودی بدن طی هر قدم، تغییر در نیاز اصطکاکی و حرکت دادن پا به جلو در مرحله نوسان بدون برخورد به زمین عنوان کردند (۱۶). بنابراین، بر اساس این موارد می‌توان درباره متغیرها و تغییرات آن‌ها بحث و نتیجه‌گیری کرد.

مطالعات در مورد اثرات حمل کوله‌پشتی در شیب سربالایی بر متغیرهای کینتیکی راه رفتن در کودکان دبستانی اندک می‌باشد. در مطالعه Lay و همکاران که راه رفتن بدون بار در شیب منفی و مثبت را ارزیابی کردند، پیک اول و دوم تغییرات معنی‌داری نداشت، اما حداقل نیروی عمودی کاهش معنی‌داری را نشان داد (۱۸) که با نتیجه تحقیق حاضر همخوانی داشت، اما در تحقیق Lay و همکاران، در پیک اول و دوم نیروی عمودی در شیب سربالایی ۱۵ درجه‌ای، افزایش معنی‌داری مشاهده گردید (۲۲) که با یافته‌های بررسی حاضر همسو نیست. در پژوهش آنان، ۱۵ مرد بزرگسال، یک کوله‌پشتی نظامی به وزن ۲۵ کیلوگرم (حدود ۴۰ درصد وزن بدن آزمودنی‌ها) را با اسلحه‌ای در دست، در مسیری به شیب ۱۵ درجه حمل می‌کردند (۲۲)، اما در مطالعه حاضر پسران دبستانی کوله‌پشتی مدرسه به وزن حداکثر ۱۵ درصد وزن بدن را با دستانی آزاد در شیب ۱۵ درصد بر روی تردمیل حمل نمودند. بنابراین، ناهمخوانی نتایج ممکن است به دلیل تفاوت‌های مذکور باشد. نکته مهم دیگر این که Lay و همکاران در تحقیق خود، مقادیر نیروی عمودی را تنها با وزن بدن هر شرکت‌کننده نرمال‌سازی کردند (۲۲)؛ در حالی که در بررسی حاضر این مقادیر با وزن کل (وزن شرکت‌کننده + وزن کوله‌پشتی) نرمال‌سازی شد. از این‌رو، به نظر می‌رسد دلیل اصلی معنی‌داری پیک نیرو در پژوهش حاضر در شیب سربالایی، همین امر باشد.

از دیگر نتایج مطالعه حاضر، عدم تغییر نرخ بارگذاری در سربالایی نسبت به سطح صاف می‌باشد. نرخ بارگذاری به معنی شیب اعمال نیروی عمودی است. در واقع، پیک اول نیرو که البته در سربالایی تغییر معنی‌داری نداشت، با شیب مشابهی اعمال شد. در متغیر مدت رسیدن به پیک نیز این نتیجه مشاهده می‌شود. با این که در این متغیرها بین تکالیف تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما به نظر می‌رسد بار بیشتر (وزن ۱۵ نسبت به ۱۰ درصد بدن) کوله‌پشتی در شیب‌ها تا اندازه‌ای به صورت تعدیل‌کننده عمل می‌نماید و در سربالایی با وجود افزایش نرخ بارگذاری در وزن ۱۰ درصد، در وزن ۱۵ درصد میزان افزایش کمتری مشاهده می‌شود.

جدول ۱. میانگین متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی راه رفتن شرکت‌کنندگان و نتایج آزمون Bonferroni

متغیر	بدون کوله‌پشتی	سطح صاف		شیب مثبت ۱۵ درصد		شیب منفی ۱۵ درصد	
		۱۰ درصد وزن	۱۵ درصد وزن	۱۰ درصد وزن	۱۵ درصد وزن	۱۰ درصد وزن	۱۵ درصد وزن
پیک اول	۱/۱۷ ± ۰/۰۷	۱/۱۴ ± ۰/۰۹	۱/۱۶ ± ۰/۱۰	۱/۲۰ ± ۰/۱۱	۱/۱۹ ± ۰/۱۳	۱/۵۲ ± ۰/۰۸	۱/۵۷ ± ۰/۰۹
پیک دوم	۱/۰۹ ± ۰/۰۴	۱/۱۰ ± ۰/۰۷	۱/۱۰ ± ۰/۰۵	۱/۰۷ ± ۰/۰۹	۱/۰۷ ± ۰/۰۹	۰/۶۶ ± ۰/۰۷	۰/۶۸ ± ۰/۰۸
نرخ بارگذاری	۵/۸۱ ± ۰/۸۴	۵/۵۴ ± ۰/۵۵	۵/۷۰ ± ۰/۷۲	۵/۸۶ ± ۰/۸۴	۵/۷۳ ± ۱/۰۴	۵/۰۹ ± ۱/۰۳	۵/۵۰ ± ۱/۰۴
نرخ پوش‌آف	۹/۶۹ ± ۱/۰۵	۹/۸۹ ± ۰/۹۶	۹/۷۳ ± ۰/۹۰	۹/۹۲ ± ۱/۲۰	۹/۹۷ ± ۱/۱۵	۶/۱۰ ± ۱/۲۷	۵/۷۰ ± ۰/۹۳
زمان رسیدن به پیک	۲۰/۵۹ ± ۱/۷۹	۲۰/۶۲ ± ۱/۲۱	۲۰/۴۸ ± ۲/۲۵	۲۰/۹۱ ± ۱/۴۷	۲۱/۴۳ ± ۲/۱۶	۳۲/۷۱ ± ۳/۷۴	۳۲/۰۱ ± ۵/۳۸

داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

http://jrrs.mui.ac.ir

در تحقیقات در دسترس، متغیر نرخ بارگذاری در شیب‌ها بررسی نشده است، اما در پژوهش Dahl و همکاران که تأثیر حمل کوله‌پشتی در سطح صاف با وزن‌های ۱۵ و ۲۵ درصد وزن بدن را ارزیابی کردند، مشخص گردید که در وزن ۲۵ درصد، نرخ بارگذاری نسبت به بدون بار کاهش داشته است (۲۹) و دلیل آن را افزایش زاویه فلکشن مفصل زانو در وزن بالاتر عنوان نمودند. در مطالعه دیگری که در آن کینتیک راه رفتن افراد قطع عضو حین حمل کوله‌پشتی بررسی گردید، بدون نرمال‌سازی، نرخ بارگذاری حین حمل بار افزایش نشان داد، اما پس از نرمال‌سازی با وزن کل، در سرپایینی کاهش معنی‌داری مشاهده شد (۳۰).

در نرخ پوش‌آف نیز در تکالیف تغییری مشاهده نگردید. در تحقیقات پیشین درباره نرخ پوش‌آف گزارشی یافت نشد. نرخ پوش‌آف تحت عنوان شیب اعمال نیرو توسط پاها که منجر به پیشروی می‌شود، تعریف شده است. این نتیجه در راستای سایر متغیرها مانند پیک دوم قرار دارد. نکته قابل توجه، عدم تفاوت بین راه رفتن سربالایی و سطح صاف می‌باشد. در واقع، برای جابه‌جا کردن مرکز گرانش در سربالایی به سمت بالا و خلاف جهت جاذبه، نرخ نرمال شده پوش‌آف به وزن کل، تغییری نداشت. دلیل دیگر عدم تغییر این متغیر و همچنین، متغیر پیک دوم در سربالایی، این می‌تواند باشد که در شیب سربالایی، زاویه اعمال نیرو به وضعیت افقی و جهت قدامی- خلفی نزدیک‌تر می‌شود و بیشترین تغییر را در نیروی پیشران نشان می‌دهد (۱۸، ۱۶). نتایج پژوهشی نشان داد که در سربالایی، پای مخالف یعنی پای پیشاهنگ نیز در مرحله حمایت دوگانه به پای تابع به میزان ۱۱ تا ۳۱ درصد در پیش راندن مرکز توده کمک می‌کند (۱۹). از آن‌جا که همه این متغیرها به وزن مرکب (شخص و بار) نرمال شده‌اند و مقادیر آن‌ها طی حمل کوله‌پشتی در سربالایی کاهش نداشته، روشن است که مقادیر متغیرها متناسب با بار اعمال شده افزایش داشته است. در واقع، عدم تغییر این متغیرها نشان می‌دهد که حمل بار در سربالایی، منجر به افزایش فزاینده مقادیر کینتیکی گام کودکان دبستانی نشده، اما متناسب با بار اعمال شده افزایش داشته است. این امر تأکید دارد که اثرات ایستایی اعمال بار بر پشت کودک وجود دارد که نباید از نظر دور بماند؛ چرا که استرسی اضافی برای بافت‌های بدن کودکان است و می‌تواند ضایعاتی را به دنبال داشته باشد.

از دیگر نتایج مطالعه حاضر، کاهش حداقل نیروی عمودی در سربالایی ۱۵ درصد نسبت به سطح صاف می‌باشد. این پیک نیرو با مرحله میانی سکون متناظر است که در آن مرکز گرانش در بالاترین حد خود طی کل سیکل راه رفتن قرار می‌گیرد و همزمان خم شدن زانو نیز رخ می‌دهد که موجب افت نیروی عکس‌العمل زمین و ایجاد دره‌ای در نمودار نیروی عمودی می‌گردد. بنابراین، چنانچه خم شدن زانو در این مرحله بیشتر رخ دهد، دره ایجاد شده عمیق‌تر خواهد بود و حداقل نیروی عمودی کوچک‌تر می‌شود. نتایج نشان داد که شرکت‌کنندگان در میانه استانس، احتمالاً با بیشتر خم کردن زانو در سربالایی نسبت به راه رفتن در سطح صاف، استراتژی دیگری در پی گرفته‌اند تا در حد ممکن با یکنواختی به راه رفتن با بار در سطوح شیب‌دار ادامه دهند و استرس کمتری به بدن وارد آید. در مطالعه حاضر، اثر آنی حمل بار در سربالایی ارزیابی گردید. از آن‌جا که دانش‌آموزان پسر دبستانی در ایران حدود ۲۱ دقیقه در روز کوله‌پشتی حمل می‌کنند (۱)، احتمال استرین و بروز انواع شرایط پاتولوژیک متصور است. در مفاصل مچ پا، زانو و ران، آسیب‌های بسیاری مانند استئوآرتریت، درد قدام زانو، نقصان رباط متقاطع قدامی و ضعف، درد و گرفتگی عضلانی، با راه رفتن در شیب مرتبط می‌باشد (۱۷). تحقیقات مختلف، وزن بهینه کوله‌پشتی را برای دانش‌آموزان بین ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن بدن، البته در سطح صاف گزارش کرده‌ان د(۲۷-۲۵). از آن‌جا که در پژوهش حاضر در هر دو وزن ۱۰ و ۱۵ درصد بدن و در شیب، تغییراتی هرچند اندک در کینتیک راه رفتن رخ داد و دانش‌آموزان ممکن است در مسیر رفت و برگشت مدرسه در مسیرهای شیب‌دار نیز راه روند، معرفی وزن بهینه کوله‌پشتی برای دانش‌آموزان با چالش روبه‌رو است.

محدودیت‌ها

عدم آشنایی دانش‌آموزان در راه رفتن روی تردمیل و تأثیر آن بر راه رفتن واقعی، یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر بود. با این حال، سعی شد با تمرین قبل از انجام آزمون‌ها و آشنایی با تردمیل، این محدودیت تا حدی کنترل شود. از دیگر محدودیت‌های تحقیق حاضر، عدم تشابه کامل شرایط واقعی راه رفتن روی زمین با شیب‌ها و ناهمواری‌های مختلف با شرایط راه رفتن روی تردمیل با شیب‌های مختلف بود.

پیشنهادها

بررسی متغیرهای کینماتیکی و الکترومایوگرافی در راه رفتن دانش‌آموزان همراه با حمل کوله‌پشتی در شیب‌های مختلف، می‌تواند اطلاعات مفیدی از عملکرد این مهارت پایه در دانش‌آموزان فراهم آورد. همچنین، استفاده از کوله‌پشتی با اوزان مختلف پیشنهاد می‌گردد. برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود متغیرهای بیومکانیکی راه رفتن دانش‌آموزان در شرایط با مشابهت بیشتر با شرایط واقعی راه رفتن روی زمین در مقایسه با راه رفتن روی تردمیل مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شیب و به ویژه سرپایینی، اثراتی بسیار بیشتر از وزن بار، بر کینتیک راه رفتن کودکان دارد. مفهوم این نتیجه آن است که فارغ از این که وزن کوله‌پشتی دانش‌آموزان ۱۰ یا ۱۵ درصد وزن بدن آن‌ها باشد (محدوده وزن توصیه شده در تحقیقات)، این شیب مسیر رفت و آمد است که چالش بزرگی برای سیستم حرکتی ایجاد می‌کند تا به سلامت به راه رفتن ایمن ادامه دهد. به طور کلی، تصور عمومی این است که راه رفتن در سرپایینی فشار کمتری به بدن وارد می‌آورد. نتیجه پژوهش حاضر بر خلاف این تصور عمومی بود. این امر در کنار نتیجه مطالعات فیزیولوژیک می‌باشد که کاهش مصرف انرژی در سرپایینی را مشاهده نکرده‌اند. تغییرات در متغیرهای کینتیکی راه رفتن دانش‌آموزان دبستانی بر اثر حمل کوله‌پشتی در شیب به ویژه در سرپایینی، چالش‌انگیز بودن این تکالیف را نسبت به سطح صاف تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که استراتژی کنترلی متفاوتی نیز دارند. از این‌رو، با توجه به مسیرهای رفت و آمد دانش‌آموزان حین حمل کوله‌پشتی که متنوع و دارای شیب‌های مختلف است، تعیین وزن مطلوب و ایمن کوله‌پشتی هنوز با چالش مواجه است. با این حال، تعدیل و اصلاح شیوه‌های حمل بار (کوله)، می‌تواند از جمله راهکارهای پیش‌رو برای محققان باشد.

http://jrrs.mui.ac.ir

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد به شماره ۱۷۸۵۱، مصوب دانشگاه خوارزمی می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از دانش‌آموزان شرکت‌کننده و آزمایشگاه دانشگاه پیام نور که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

نقش نویسندگان

فاطمه احمدی گودینی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته، مهدی خالقی تازجی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، تنظیم دست‌نوشته، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، امیر لطافت‌کار، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته را بر عهده داشتند.

منابع مالی

مطالعه حاضر منابع مالی جهت پشتیبانی نداشت.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

References

1. Daneshmandi H, Hoseini SH. A study of backpack carriage in Iranian male students. Studies in Sport Medicine 2012; 3(10): 13-32. [In Persian].
2. Birrell SA, Haslam RA. The effect of load distribution within military load carriage systems on the kinetics of human gait. Appl Ergon 2010; 41(4): 585-90.
3. Birrell SA, Hooper RH, Haslam RA. The effect of military load carriage on ground reaction forces. Gait Posture 2007; 26(4): 611-4.
4. Mosaad DM, Abdel-Aziem AA. Backpack carriage effect on head posture and ground reaction forces in school children. Work 2015; 52(1): 203-9.
5. Dames KD, Smith JD. Effects of load carriage and footwear on spatiotemporal parameters, kinematics, and metabolic cost of walking. Gait Posture 2015; 42(2): 122-6.
6. Chow DH, Kwok ML, Au-Yang AC, Holmes AD, Cheng JC, Yao FY, et al. The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. Ergonomics 2005; 48(6): 642-56.
7. Cottalorda J, Rahmani A, Diop M, Gautheron V, Ebermeyer E, Belli A. Influence of school bag carrying on gait kinetics. J Pediatr Orthop B 2003; 12(6): 357-64.
8. Kellis E, Arampatzi F. Effects of sex and mode of carrying schoolbags on ground reaction forces and temporal characteristics of gait. J Pediatr Orthop B 2009; 18(5): 275-82.
9. Kinoshita H. Effects of different loads and carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait. Ergonomics 1985; 28(9): 1347-62.
10. Liew B, Morris S, Netto K. The effect of backpack carriage on the biomechanics of walking: A systematic review and preliminary meta-analysis. J Appl Biomech 2016; 32(6): 614-29.
11. Beurskens R, Muehlbauer T, Grabow L, Kliegl R, Granacher U. Effects of backpack carriage on dual-task performance in children during standing and walking. J Mot Behav 2016; 48(6): 500-8.
12. Singh T, Koh M. Effects of backpack load position on spatiotemporal parameters and trunk forward lean. Gait Posture 2009; 29(1): 49-53.
13. Orantes-Gonzalez E, Heredia-Jimenez J, Beneck GJ. Children require less gait kinematic adaptations to pull a trolley than to carry a backpack. Gait Posture 2017; 52: 189-93.
14. Connolly BH, Cook B, Hunter S, Laughter M, Mills A, Nordtvedt N, et al. Effects of backpack carriage on gait parameters in children. Pediatr Phys Ther 2008; 20(4): 347-55.
15. Leroux A, Fung J, Barbeau H. Postural adaptation to walking on inclined surfaces: I. Normal strategies. Gait Posture 2002; 15(1): 64-74.
16. McIntosh AS, Beatty KT, Dwan LN, Vickers DR. Gait dynamics on an inclined walkway. J Biomech 2006; 39(13): 2491-502.
17. Kuster M, Sakurai S, Wood GA. Kinematic and kinetic comparison of downhill and level walking. Clin Biomech (Bristol, Avon) 1995; 10(2): 79-84.
18. Lay AN, Hass CJ, Gregor RJ. The effects of sloped surfaces on locomotion: A kinematic and kinetic analysis. J Biomech 2006; 39(9): 1621-8.
19. Franz JR, Lyddon NE, Kram R. Mechanical work performed by the individual legs during uphill and downhill walking. J Biomech 2012; 45(2): 257-62.
20. Tulchin K, Orendurff M, Karol L. The effects of surface slope on multi-segment foot kinematics in healthy adults. Gait Posture 2010; 32(4): 446-50.
21. Hong SW, Leu TH, Li JD, Wang TM, Ho WP, Lu TW. Influence of inclination angles on intra- and inter-limb load-sharing during uphill walking. Gait Posture 2014; 39(1): 29-34.
22. Lee J, Yoon YJ, Shin CS. The effect of backpack load carriage on the kinetics and kinematics of ankle and knee joints during

uphill walking. J Appl Biomech 2017; 33(6): 397-405.
23. da Rosa RG, Gomenuka NA, Oliveira HB, Peyre-Tartaruga LA. Inclined weight-loaded walking at different speeds: pelvis-shoulder coordination, trunk movements and cost of transport. J Mot Behav 2018; 50(1): 73-9.
24. Hinde K, Lloyd R, Low C, Cooke C. The effect of temperature, gradient, and load carriage on oxygen consumption, posture, and gait characteristics. Eur J Appl Physiol 2017; 117(3): 417-30.
25. Brackley HM, Stevenson JM. Are children's backpack weight limits enough? A critical review of the relevant literature. Spine (Phila Pa 1976) 2004; 29(19): 2184-90.
26. Abdullah AM, McDonald R, Jaberzadeh S. The effectsof backpack load and placement on postural deviation in healthy students: A systematic review. Int J Eng Res Appl 2012; 2(6): 466-81.
27. Janakiraman B, Ravichandran H, Demeke S, Fasika S. Reported influences of backpack loads on postural deviation among school children: A systematic review. J Educ Health Promot 2017; 6: 41.
28. Stansfield BW, Hillman SJ, Hazlewood ME, Lawson AM, Mann AM, Loudon IR, et al. Normalisation of gait data in children. Gait Posture 2003; 17(1): 81-7.
29. Dahl KD, Wang H, Popp JK, Dickin DC. Load distribution and postural changes in young adults when wearing a traditional backpack versus the BackTpack. Gait Posture 2016; 45: 90-6.
30. Sinitski EH, Herbert-Copley AG, Lemaire ED, Doyle SS, Besemann M, Dudek NL. Center of pressure and total force analyses for amputees walking with a backpack load over four surfaces. Appl Ergon 2016; 52: 169-76.

DOI: 10.22122/jrrs.v16.3487 Published by Vesnu Publications

The Effect of Backpack Carriage in Different Weights and Gradients on Ground Reaction Force Parameters of 10-12 Year Old Schoolchildren's Gait in Tehran, Iran

Fatemeh Ahmadi-Goodini[1], Mehdi Khaleghi-Tazji[2], Amir Letafakar[2]

Original Article

Abstract

Introduction: Schoolchildren have to carry their backpacks every day on routes with different characteristics and slopes. However, the knowledge available on its effects on walking biomechanics is very limited. Therefore, this study aims to evaluate the effects of backpack carriage in different weights and gradients on the kinetics of schoolchildren's gait.

Materials and Methods: 18 primary schoolchildren living in Tehran City, Iran, with age range of 10-12 years completed 7 randomized trials of walking on a treadmill (three tasks on a flat surface, including without a backpack and with backpacks with 10% and 15% of body weight load as the control group, two tasks on a 15% positive gradient, and two tasks on a 15% negative gradient). The values of the vertical ground reaction force parameters including the first force peak, second force peak, mid support force, loading rate, push-off rate, and time-to-peak (TTP) were extracted.

Results: The results of analysis of variance (ANOVA) showed that the effect of gradient on the first and second peaks, loading rate, rate of push-off, and TTP of gait was significant ($P \leq 0.001$), but the effect of backpack weights on the kinetics was not significant.

Conclusion: Carrying backpacks downhill will has more impacts on the children's motor system, so that it seemed to have a different motor control strategy. The modification of backpack carriage methods can be one of the leading strategies to reduce the negative effects of stress on the musculoskeletal system of children.

Keywords: Backpack; Gait; Kinetics; Gradient; Schoolchildren

Citation: Ahmadi-Goodini F, Khaleghi-Tazji M, Letafakar A. **The Effect of Backpack Carriage in Different Weights and Gradients on Ground Reaction Force Parameters of 10-12-Year-Old Schoolchildren's Gait in Tehran, Iran.** J Res Rehabil Sci 2020; 16: 17-23.

Received date: 11.02.2020 Accept date: 22.02.2020 Published: 03.04.2020

1- Department of Biomechanics and Sports Injuries, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Biomechanics and Sports Injuries, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Mehdi Khaleghi-Tazji; Assistant Professor, Department of Biomechanics and Sports Injuries, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran; Email: mehdikhaleghi60@yahooo.com