

طب ورزشی _ بهار و تابستان ۱۳۹۷
دوره ۱۰، شماره ۱، ص: ۱۱۰-۹۱
تاریخ دریافت: ۱۰ / ۰۶ / ۹۷
تاریخ پذیرش: ۲۹ / ۰۶ / ۹۷

اثر ارتفاع قرارگیری دو نوع کوله بر متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی راه رفتن دانش آموزان ۸ تا ۱۱ سال

علی اکبر جدیدیان^۱ - الهام شیرزاد^{۲*}

۱. مربی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، ۲. استادیار، گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر ارتفاع قرارگیری (پایین و میانه پشت) دو نوع کوله (کوله پستی مرسوم و کوله اصلاح شده) با بار ۱۰ درصد وزن بدن، بر پارامترهای کینتیکی (شامل حداکثر نیروی عمودی اول و دوم، حداقل نیرو و نرخ بارگذاری) و کینماتیکی (شامل آهنگ قدم برداری، طول و عرض گام، مدت مرحله نوسان و حمایت دوگانه) راه رفتن دانش آموزان بود. ۲۸ پسر دبستانی پس از بررسی معیارهای ورود و خروج در پژوهش شرکت کردند و در چهار حالت شامل کوله پستی پایین، کوله پستی میانه، کوله اصلاح شده پایین، و کوله اصلاح شده میانه پشت با دستگاه ترمیل گیتوی ارزیابی شدند. آزمون اندازه‌های تکراری نشان داد میانگین پیک اول و دوم کوله پستی میانه پشت از سایر حالت‌ها بالاتر است و با حالت پایین پشت اختلاف معنادار دارد ($P < 0/05$). بین کوله‌ها نیز حداقل نیروی عمودی در کوله پستی پایین، بیشتر از هر دو وضعیت کوله اصلاح شده بود ($P < 0/05$). با توجه به افزایش پیک اول و دوم نیرو در موقعیت میانه نسبت به موقعیت پایین در کوله پستی، به نظر می‌رسد قرار دادن کوله پستی در ناحیه کمر از نظر نیروی وارده به بدن بهتر باشد، ولی این تفاوت برای کوله اصلاح شده دیده نشد.

واژه‌های کلیدی

دانش آموزان، راه رفتن، کوله پستی، کینتیک، کینماتیک.

مقدمه

دانش‌آموزان دبستانی، ناگزیر از حمل وسایل ضروری مدرسه با کیف یا کوله‌پشتی در مسیر رفت و برگشت، از نگاه پاتومکانیکی مورد توجه هستند (۱). حمل وسایل با کوله‌پشتی نسبت به دیگر کیف‌ها، شیوع بیشتری دارد (۱-۳). میانگین وزن نسبی کوله‌پشتی دانش‌آموزان پسر ابتدایی در ایران $11/31 \pm 4/13$ درصد وزن بدن گزارش شده است (۴). پژوهشگران حمل بار در شکل‌ها و وزن‌های متفاوت را با ناراحتی، خستگی، و برخی دردها و ضایعه‌های عضلانی اسکلتی مانند درد پشت (۵-۷)، و شکستگی تنشی^۱ در اندام تحتانی بر اثر افزایش نیروی عکس‌العمل عمودی زمین آحین حمل بار (۸)، مرتبط دانسته‌اند. برخی دیگر احتمال بروز ناهنجاری‌های وضعیتی و نقص‌های حرکتی بر اثر حمل بار به شکل‌های مختلف از جمله کوله‌پشتی را بیان کرده‌اند (۹-۱۳). به‌طور کلی پژوهشگران بحث دربارهٔ حمل کوله‌های مختلف را از چند دیدگاه درهم‌تنیدهٔ بالینی، فیزیولوژیک و هزینهٔ انرژی، و بیومکانیکی مهم دانسته‌اند (۱۴، ۱۵).

از دیدگاه سرمن^۲ حفظ وضعیت بدنی مشخص^۳ و انجام حرکات تکراری^۵ می‌تواند اصلی‌ترین سازوکارهای بروز نقص‌های حرکتی^۶ باشد (۱۶). تحقیقات نشان داده است که حفظ یک وضعیت در مدت ۲۰ دقیقه یا حمل کوله‌پشتی با بار ۱۰ درصد به مدت ۳۰ دقیقه می‌تواند به تغییراتی در بافت منجر شود که دست‌کم برای مدتی برگشت‌ناپذیر است (۱۷، ۱۸). بنابراین با توجه به تغییراتی که بر اثر حمل بار در بدن ایجاد می‌شود، از جمله تغییرات کینماتیکی مانند تمایل سر و تنه به جلو (۲۰، ۱۹، ۱۴)، افزایش کایفوز پشتی و کاهش لوردوز کمری (۱۸، ۱۳)، تغییر در پارامترهای کینتیکی مانند افزایش نیروی عکس‌العمل عمودی و نیروی ترمزی^۷ و پیشران^۸ (۲۰-۲۸)، خستگی عضلانی (۲۹، ۳۰)، و تغییر در پارامترهای مختلف فضایی زمانی^۹ راه‌رفتن (۳۱، ۲۵، ۱۴، ۱۹، ۱)، احتمال بروز ناهنجاری‌ها و دردهای عضلانی اسکلتی وجود دارد. در واقع تغییر در پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن ناشی از حمل کوله‌پشتی

-
1. stress fracture
 2. vertical ground reaction force (VGRF)
 3. Sahrman
 4. sustained posture
 5. repeated movement
 6. movement impairment
 7. braking force
 8. propulsive force
 9. spatiotemporal parameters

می‌تواند نشانه اتخاذ سازوکارهای جبرانی برای کاهش ناپایداری یا کاهش استرین مکانیکی روی دستگاه عضلانی اسکلتی باشد (۱۴).

در نتایج پژوهش‌ها، روی افزایش مرحله حمایت دوگانه، حمایت یگانه^۲ و مرحله سکون^۳ و کاهش طول گام^۴ و سرعت حین حمل بار با کوله‌پشتی نسبتاً توافق وجود دارد (۳۰، ۲۵، ۱۹، ۱۴). این تغییرات به دلیل کاهش تعادل پویا با حمل بار است، و شخص به‌منظور جبران آن، مدت زمان ایستایی روی دو پا را افزایش می‌دهد، زیرا در این وضعیت، هم سطح اتکا افزایش می‌یابد و هم ارتفاع مرکز ثقل پایین‌تر است (۱۴). همچنین سرعت راه رفتن را با راه رفتن پایدار مرتبط دانسته‌اند (۳۲). با وجود این نتایج ناهمسان نیز در برخی از این متغیرها دیده شده است (۳۳، ۱). از متغیرهای کینتیکی نیز، بزرگی نیروی عکس‌العمل عمودی متناسب با بار اعمال‌شده، افزایش نشان داده است (۲۵، ۲۲، ۲۱). افزایش نیروهای عکس‌العمل زمین با حمل کوله‌پشتی، به اثر استاتیک بار نسبت داده شده است (۲۵، ۲۴)، با این حال با تغییر شکل کوله، تغییراتی در مؤلفه‌های مربوطه دیده شده است که از آن جمله کاهش ۱۰ درصدی نیروی ترمزی با توزیع بار^۵ در اطراف تنه است (۲۶). این تغییرات در پارامترهای کینتیکی بر اثر حمل بار، می‌تواند با برخی آسیب‌ها و دردهای عضلانی اسکلتی مانند شکستگی تنشی در اندام تحتانی مرتبط باشد (۳۴). این پدیده برای کودکان که در سن رشد هستند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

حمل بار به روش‌های مختلف انجام می‌گیرد، ولی پژوهشگران تلاش می‌کنند تا شکل و شیوه مناسب حمل آن راه، از طریق شناسایی کمترین تغییرات در عوامل مختلف پوسچرال و بیومکانیکی افراد، مشخص و معرفی کنند تا کمترین عوارض را داشته باشد (۳۵). با این حال شواهد مربوط به اثر حمل بار بر عملکرد راه رفتن در کودکان نشان می‌دهد که نیازمند مطالعه بیشتر است (۱). ناپیک و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که حمل کوله‌پشتی با سبک کردن بار آن، با بهینه‌سازی تجهیزات مربوط، با توزیع بار (در جلو و پشت) و با اقدامات پیشگیرانه برای آسیب‌های آن، آسان‌تر و بهتر می‌شود، زیرا با افزایش بار کوله‌پشتی، نیروی اعمال‌شده زمین نیز افزایش یافته، و مقدار خم شدن زانو، و شیب تنه به جلو نیز افزایش می‌یابد (۳۴). عبدالله و همکاران (۲۰۱۲) نیز با مطالعه مروری «اثرات حمل کوله‌پشتی و محل قرارگیری آن بر

-
1. double support phase
 2. single support phase
 3. stance phase
 4. stride length
 5. load distribution
 6. Knapik

انحراف پوسچرال در دانش‌آموزان» عنوان می‌کنند که به مطالعات بیشتری برای شناسایی حد بار مناسب، و محل قرارگیری آن در کودکان نیاز است. همچنین تأکید دارند که مقالات اندک، کیفیت پایین پژوهش‌ها، نتایج ناپایدار، و حجم نمونه کوچک، محدودیت‌های مهم برای توصیه قرارگیری مناسب بار کوله‌پشتی در دانش‌آموزان است (۳۶). با اینکه حمل کوله‌پشتی در کودکان سنین مدرسه شایع است و آثار زیان‌آور آن بر دستگاه حرکتی می‌تواند تا پایان عمر باقی باشد، ولی نسبت به بزرگسالان، پژوهش‌های کمتری درباره آن انجام گرفته است (۲۸، ۳۶، ۳۸).

محل قرارگیری بار بر پشت ممکن است بر میزان مصرف انرژی و مکانیک بدن اثرگذار باشد (۱۵). عنوان شده که باور عمومی بر آن است، قرارگیری بار یا کوله در بالای پشت بهتر است (۳۸)، این در حالی است که مطالعات تاکنون نتایج متفاوتی داشته‌اند. ناپیک (۲۰۰۴) با مرور مطالعات بیومکانیکی و فیزیولوژیکی عنوان کرده است که قرارگیری بار در پایین یا میانه پشت ممکن است برای زمین ناهموار بهترین باشد، اما قرارگیری بار در بالای پشت، ممکن است برای زمین صاف و هموار بهترین باشد (۱۵). گلریز و واکر^۱ (۲۰۱۲) با مطالعه مروری مقالات مربوط به کوله‌پشتی تا سال ۲۰۱۰ در سه مورد شامل شکل کوله (کوله‌پشتی، کوله جلویی^۲ و کوله دومحفظه^۳)، محل قرارگیری آن روی پشت (بالا، میانه، و پایین)، درباره ارتفاع قرارگیری کوله‌پشتی، مطالعات را کافی ندیده‌اند (۲). درباره شکل آن، کوله دومحفظه (۴۱-۳۹، ۲۴) و تا حدی کوله جلویی (۴۲) بهتر از کوله‌پشتی گزارش شده است. به‌طور کلی نتایج مطالعات بیومکانیکی در مورد ارتفاع قرارگیری کوله‌پشتی بر روی پشت در کودکان، متناقض است، به‌طوری‌که برخی پژوهشگران تفاوتی ندیده‌اند (۴۵-۴۳، ۱۴)، ولی برخی قرارگیری در ناحیه کمر (۴۸-۴۶، ۲۶، ۳۸) یا در میانه یا بالای تنه (۴۹، ۴۰) را مناسب‌تر گزارش کرده‌اند. همچنین متغیرهای مختلف پوسچرال، کینتیکی و پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن در وضعیت ایستا و پویا در این مطالعات، نتایج متناقض داشته‌اند. دلایل این تناقضات را می‌توان به شیوه‌های مختلف اندازه‌گیری، شیوه جابه‌جایی ارتفاع بار، و اختلاف سنی شرکت‌کنندگان نسبت داد. در پژوهش حاضر تلاش شد با حجم نمونه مناسب و استفاده از دستگاهی معتبر و دقیق، در شرایطی هرچه واقعی و عملکردی‌تر دو شیوه معمول‌تر حمل کوله (پایین و میانه پشت) بررسی شود. نکته مهم دیگر اینکه بیشتر این مطالعات به بررسی پارامترهای

-
1. Walker
 2. front pack
 3. double pack

پوسچرال یا وضعیت ایستا پرداخته‌اند (۴۸-۴۴، ۳۸، ۴۰)، و پژوهش‌ها درباره کینتیک و کینماتیک راه رفتن دانش‌آموزان در ارتباط با ارتفاع قرارگیری کوله بسیار محدود است (۲۳). پژوهشگران بار ۱۰ درصد بدن را برای کوله‌پشتی دانش‌آموزان مناسب دانسته‌اند (۳۶). همان‌گونه که گفته شد، در نتایج مطالعات موجود، درباره محل قرارگیری کوله در پایین و میانه پشت اختلاف نظر وجود دارد. همچنین به‌طور کلی به توزیع بار در اطراف تنه، به‌جای تمرکز آن در پشت، توصیه شده است. از سوی دیگر، پژوهش کافی در این زمینه به‌ویژه در میان کودکان در دسترس نیست. بنابراین در پژوهش حاضر به بررسی و مقایسه تأثیر حمل دو نوع کوله (کوله‌پشتی مرسوم و کوله اصلاح‌شده پوشیدنی) با وزن ۱۰ درصد وزن بدن فرد، در پایین و میانه پشت، بر پارامترهای بیومکانیکی راه رفتن دانش‌آموزان پسر ۸ تا ۱۱ سال در شهر تهران پرداخته شده است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح اندازه‌های تکراری درون‌گروهی است که به‌صورت یکسویه کور (ارزیاب) اثر حمل دو نوع کوله با وزن ۱۰ درصد بدن را در دو وضعیت قرارگیری پایین و میانه پشت، بر متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی راه رفتن، مطالعه می‌کند. کور کردن از طرف شرکت‌کنندگان ممکن نبود، زیرا کوله‌ها را می‌پوشند، ولی حین اجرا از نتایج و فرضیه پژوهش آگاه نبودند (۴۷). جامعه آماری پژوهش همه دانش‌آموزان دبستانی ۸ تا ۱۱ ساله پسر سالم در شهر تهران است. نرم‌افزار G Power نسخه ۳،۱،۹،۲ برای طرح اندازه‌های تکراری با ۴ اندازه‌گیری و توان ۰/۸۰ تعداد ۲۴ آزمودنی را پیشنهاد کرد که در این پژوهش ۲۸ نفر دعوت به مشارکت شدند. شرکت‌کنندگان به‌صورت در دسترس و با اعمال معیارهای ورود و خروج برای شرکت در پژوهش دعوت شدند.

معیارهای ورود شامل محدوده سنی ۸ تا ۱۱ سال، رضایت فرد و والدین، برتر بودن دست و پای راست، عدم منع فعالیت و حمل بار برای شخص؛ و معیارهای خروج شامل داشتن درد عضلانی اسکلتی، آسیب در شش ماه منتهی به اندازه‌گیری، چاقی زیاد با شاخص توده بدنی بیش از ۳۰، سابقه بیماری‌های مزمن، وجود ناهنجاری‌های راه رفتن و وضعیتی با آزمون نیویورک، مصرف دارو، سابقه جراحی، مشکل بینایی و شنوایی شدید، داشتن تب در ۷۲ ساعت منتهی به اندازه‌گیری و خوردن چای و قهوه (کافئین)

در سه ساعت پیش از اندازه‌گیری بود. همه اندازه‌گیری‌ها پس از پایان مدارس و در ساعت ۱۰ تا ۱۳ اجرا شد.

از دستگاه دقیق و معتبر تحلیل‌گر راه رفتن که دارای دو صفحه نیرو کیستلر در زیر تسمه گردان است و می‌توان همه متغیرهای وابسته شامل پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی راه رفتن را با آن اندازه‌گیری کرد، استفاده شد. سطح تسمه دستگاه ۱۵۰۰ میلی‌متر طول و ۵۰۰ میلی‌متر عرض دارد و ۱۷۰ میلی‌متر بالاتر از سطح قرار می‌گیرد. داده‌ها در فرکانس ۲۰۰ هرتز جمع‌آوری شد. دستگاه پیش از اندازه‌گیری‌ها در هر روز کالیبره می‌شد. سایر ابزارهای اندازه‌گیری به شرح زیر بود: فرم جمع‌آوری اطلاعات و ثبت داده‌های اولیه، کوله‌پشتی استاندارد مرسوم (با مارک Diteyn Team)، کوله اصلاح‌شده سه محفظه (شامل پشت، جلو-راست و جلو-چپ بوده و به صورت جلیقه پوشیدنی براساس طرح یک مطالعه (۳۵) توسط پژوهشگر ساخته شد)، کفش دویدن معمولی در یک مدل مشابه و در اندازه‌های مختلف متناسب با پای شرکت‌کنندگان، متر نواری برای اندازه‌گیری قد و طول پا از تروکانتر بزرگ تا فوزک خارجی.

در ابتدای فرایند اجرای تحقیق، با اجرای مطالعه آزمایشی روی سه شرکت‌کننده، اندازه‌گیری‌ها با وسایل مربوط انجام گرفت تا ضعف‌ها و مشکلات آن برطرف شده و گروه ارزیاب برای اندازه‌گیری دقیق و منظم آماده شود. محل اندازه‌گیری‌ها آزمایشگاه کنترل حرکتی دانشکده برق دانشگاه تهران بود. از قبل و همزمان با اجرای مطالعه، فراخوان‌هایی برای جذب داوطلب در اماکنی مانند مدارس و کلاس‌های آموزشی و حتی مجتمع‌های مسکونی نصب می‌شد و پژوهش برای مدیران و والدین توضیح داده می‌شد. پس از کسب رضایت آگاهانه ایشان، فرایند غربالگری برای انتخاب افراد واجد شرایط پژوهش انجام گرفت. پس از انتخاب اولیه افراد، فرایند پژوهش برای آنها با جزئیات تشریح و در مورد محرمانه ماندن اطلاعات نیز به ایشان اطمینان داده می‌شد. فرایند اندازه‌گیری طی ایستگاه‌های مشخص انجام می‌گرفت. وزنه‌های لازم برای هر حالت اندازه‌گیری براساس وزن فرد و به ترتیب فهرست که از قبل به صورت تصادفی تعیین و آماده شده بود، با کمک همکار آماده می‌شد. یک همکار نیز مخصوص ثبت داده‌های اصلی با دستگاه تحلیل گیت بود و به منظور کور شدن از سوی محقق، تمامی فایل‌ها را با شماره به ترتیب ذخیره می‌کرد که پس از استخراج و تحلیل کمی داده‌ها، کدها برای حالت‌های مختلف با فهرست تطبیق داده شد. سایر اندازه‌گیری‌ها شامل وزن (با فورس پلیت دستگاه)، قد و طول اندام (با متر نواری) بود که توسط محقق و

یار کمکی انجام می‌گرفت. محقق به‌طور کامل بر حسن اجرای مرحله اصلی اندازه‌گیری نظارت داشت. با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف حمل کوله در این پژوهش، هر شرکت‌کننده چهار بار آزمون شد (دو نوع کوله در دو موقعیت پایین و میانه پشت). بر این اساس برای رفع اثر احتمالی تفاوت‌ها با اندازه‌گیری در چند روز، اندازه‌گیری‌ها در یک روز صورت گرفت، ولی برای جلوگیری از اثر احتمالی خستگی، حالت‌های مختلف به‌صورت تصادفی برای هر آزمودنی اجرا شد و شرکت‌کننده بین پوشیدن دو کوله استراحت می‌کرد. سرعت راه رفتن روی دستگاه به‌دلیل تفاوت در قد و جثه آزمودنی‌ها، در مرحله آشنایی آزمودنی با تردمیل و در طول ۵ دقیقه راه رفتن، به‌صورت خودانتخابی از سوی آزمودنی تعیین و ثبت می‌شد و سرعت تعیین‌شده در این مرحله مختص هر آزمودنی در تمامی حالت‌های دیگر شامل حمل کوله‌ها، ثابت بود تا بر پارامترهای هدف اثر نگذارد. برای هر حالت نیز یک دقیقه راه رفتن ادامه داشت و در دقیقه دوم، به مدت بیست ثانیه بدون آنکه آزمودنی مطلع شود، ثبت داده صورت می‌گرفت. محل قرارگیری بار با تنظیم خط پایین کوله در سطح همتراز مهره پنجم کمری (تا پایین قوس کمر)، به‌عنوان وضعیت پایین بار، و با تنظیم خط پایین بار در خط مهره دوازدهم پشتی (دنده دوازدهم) به‌عنوان وضعیت میانه بار در نظر گرفته شد. شیوه تنظیم محل قرارگیری بار در مطالعات موجود متنوع است که در بیشتر آنها، کوله ثابت بوده و بار داخل آن در بخش‌های پایین، میانه یا بالا جاگذاری می‌شده است (۴۴)، که این روش توأم با اثر روانی عدم جابه‌جایی کوله همراه است. از سوی دیگر، آنتروپومتری و تیپ بدنی افراد نیز متغیر است که در این روش تا حدی بر موقعیت قرارگیری دقیق کوله‌پشتی مؤثر خواهد بود. بنابراین در مطالعه حاضر کل کوله تا حد ممکن و لازم با دستکاری بندهای آنها بالا کشیده می‌شد، سپس برای تنظیم دقیق خط بار کوله در خط محل‌های مذکور، بار داخل کوله با گذاشتن فیبر در کف کوله، در سطح مناسب تنظیم می‌شد. از آنجا که فعالیت‌های دو تکلیفی یعنی همراه با عملکرد شناختی و تمرکز به بیرون، بر عملکرد راه رفتن حین حمل بار مؤثر شناخته شده است (۱)، از افراد خواسته می‌شد به دیواری در روبه‌رو نگاه کنند و پیش‌فرض این بود که تمرکز آنها عادی است (تصویر ۱).

برای تنظیم وزن کوله‌ها متناسب با ۱۰ درصد وزن هر فرد، از وسایل مورد استفاده روزمره دانش‌آموزان شامل کتاب و دفتر، بطری آب، نوشت‌افزار، اغذیه و سایر ملزومات به شکلی متعادل در صفحات فرونتال و ساجیتال در درون هر دو نوع کوله، استفاده شد. در کوله پوشیدنی نیز تنظیم وزن کوله در محفظه پشتی و دو محفظه جلویی آن، به‌صورت نصف نصف بود.



تصویر ۱. حمل کوله اصلاح شده با ۱۰ درصد وزن بدن در وضعیت پایین



تصویر ۲. حمل کوله پشتی با ۱۰ درصد وزن بدن در وضعیت پایین

پس از اندازه‌گیری‌ها و استخراج داده‌ها، با ورود داده‌های اصلی به نرم‌افزار اکسل فرایند محاسباتی و استخراج داده‌های نهایی متغیرهای هدف، انجام گرفت. برای متغیرهای کینماتیکی گیت از داده‌های فایل خروجی دستگاه استفاده شد، ولی برای متغیرهای کینتیکی، ابتدا داده خام سیکل‌های انتخاب شده با باتروورث پایین‌گذر ۶ هرتز فیلتر شد، سپس داده‌ها استخراج و تحلیل شد. میانگین سه سیکل از کل

1. Butterworth low-pass filter

سیکل‌های ثبت‌شده در بیست ثانیه، که به صورت تصادفی انتخاب می‌شدند، برای تحلیل محاسبه شد. همه داده‌ها نرمال‌سازی شد. داده‌های طول و عرض گام (سانتی‌متر) با طول پای فرد (تروکانتر بزرگ ران تا قوزک خارجی)، زمان حمایت دوگانه و نوسان (ثانیه) به زمان کل سیکل، آهنگ (تواتر یا ریتم) قدم‌برداری (قدم در ثانیه) با فرمول (۱)، و همه داده‌های کینتیکی (نیوتن) با حاصل ضرب جرم کل (جرم شخص + جرم کوله) به کیلوگرم در شتاب جاذبه (متر بر مجذور ثانیه) نرمال‌سازی شدند تا همه مقادیر بدون بعد شوند و قابل مقایسه باشند (۵۰). از آمار توصیفی برای ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کننده‌ها و برای تشخیص توزیع نرمال داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری^۱ و آزمون تعقیبی LSD در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد.

$$\text{فرمول (۱)} \quad \times \text{ آهنگ قدم} = \text{آهنگ قدم برداری نرمال شده} \times \sqrt{\left(\frac{\text{طول پا}}{\text{شتاب جاذبه}} \right)}$$

یافته‌ها

اطلاعات مربوط به ویژگی‌های دموگرافی و متغیرهای پژوهش در جدول ۱ آمده است. نرمال بودن توزیع داده‌ها برای تک‌تک متغیرهای هر شرکت‌کننده با آزمون شاپیرو ویلک تأیید شد ($P > 0.05$). سایر پیش‌فرض‌های آزمون اندازه‌های تکراری شامل همگنی واریانس‌ها، و تقارن مرکب ماتریس کوواریانس مدنظر قرار گرفت. مطابق جدول ۲، نتایج آزمون اندازه‌های تکراری نشان داد در متغیر حداکثر نیروی عمودی اول (پیک اول) بین وضعیت میانه و پایین پشت در کوله‌پشتی ($P \leq 0.17$)، و در متغیر حداکثر نیروی عمودی دوم (پیک دوم) نیز بین وضعیت میانه و پایین پشت در کوله‌پشتی ($P \leq 0.23$)، و بین وضعیت میانه پشت در کوله‌پشتی و پایین پشت در کوله اصلاح‌شده ($P \leq 0.18$)، تفاوت معنادار وجود دارد (نمودار ۱). همچنین در متغیر حداقل نیروی عمودی بین وضعیت پایین پشت در کوله‌پشتی و وضعیت پایین ($P \leq 0.14$) و میانه پشت ($P \leq 0.09$) در کوله اصلاح‌شده اختلاف معنادار مشاهده شد (نمودار ۲). ولی از میان متغیرهای کینماتیکی راه رفتن تنها در آهنگ قدم‌برداری بین وضعیت پایین پشت در کوله‌پشتی و وضعیت میانه پشت در کوله اصلاح‌شده تفاوت معنادار دیده شد ($P \leq 0.43$).

1. repeated measures ANOVA
2. 1st peak

جدول ۱. اطلاعات توصیفی ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان

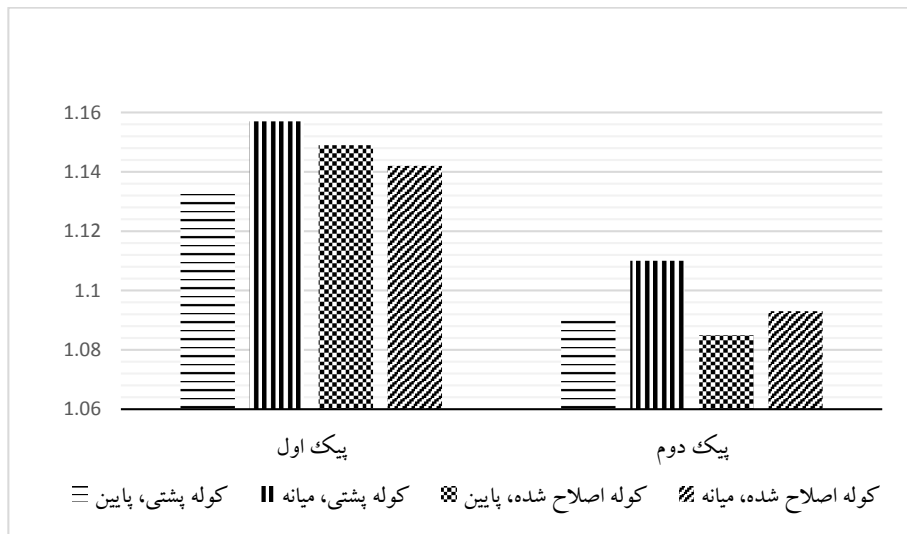
متغیرها	میانگین (انحراف معیار)
سن (سال)	۹/۷۰ (۱/۰۹)
قد (سانتی‌متر)	۱۴۱/۴۶ (۸/۰۴)
وزن (کیلوگرم)	۳۵/۷۹ (۱۲/۵۰)
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۱۷/۵۱ (۴/۲۵)
سرعت راه رفتن (کیلومتر در ساعت)	۴/۰۰ (۰/۲۰)

جدول ۲. متغیرهای اصلی پژوهش و نتایج آزمون آماری اندازه‌های تکراری

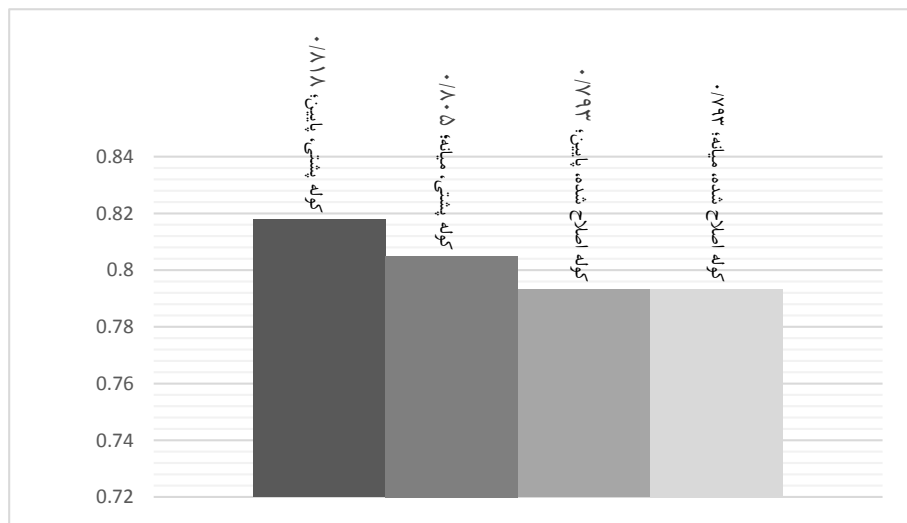
وضعیت‌ها متغیرها	کوله پشستی، پایین	کوله پشستی، میان	کوله پشستی، پایین	اصلاح شده، پایین	اصلاح شده، میان	ارزش P
پیک اول ^۱	*۱/۱۲۳ (۰/۰۶۴)	*۱/۱۵۷ (۰/۰۵۸)	۱/۱۴۹ (۰/۰۵۸)	۱/۱۴۲ (۰/۰۷۲)	*۰/۰۱۷	
پیک دوم ^۱	*۱/۰۹ (۰/۰۵۳)	*۱/۱۱ (۰/۰۴۴)	†۱/۰۸۵ (۰/۰۴۸)	۱/۰۹۳ (۰/۰۴۹)	*۰/۰۲۳ و †۰/۰۱۸	
حداقل نیروی عمودی ^۱	‡۰/۸۱۸ (۰/۰۴۷)	۰/۸۰۵ (۰/۰۴۷)	†۰/۷۹۳ (۰/۰۶۳)	‡۰/۷۹۳ (۰/۰۶۱)	†۰/۰۱۴ و ‡۰/۰۰۹	
نرخ بارگذاری ^۲	۵/۶۹۲ (۰/۷۷۶)	۵/۷۰۹ (۰/۶۶۳)	۵/۷۸۹ (۰/۷۹۵)	۵/۸۹۱ (۰/۹۱۲)		
آهنگ قدم برداری ^۱	‡۰/۵۱۶ (۰/۰۳)	۰/۵۲۲ (۰/۰۲۴)	۰/۵۲۰ (۰/۰۲)	‡۰/۵۲۶ (۰/۰۲)	‡۰/۰۴۳	
طول گام ^۱	۱/۷۳۱ (۰/۱۰۵)	۱/۷۳۹ (۰/۱۰۷)	۱/۷۳۹ (۰/۱۰۹۲)	۱/۷۳۲ (۰/۰۹۳)		
عرض گام ^۱	۰/۱۸۴ (۰/۰۴۸)	۰/۱۸۶ (۰/۰۴۶)	۰/۱۸۵ (۰/۰۴۹)	۰/۱۹۶ (۰/۰۴۴)		
مرحله نوسان ^۳	۳۷/۸۶۳ (۱/۸۵۷)	۳۷/۹۷۳ (۲/۰۵۲)	۳۸/۲۰۶ (۱/۸۱۲)	۳۸/۱۰۴ (۲/۴۵)		
حمایت دوگانه ^۳	۱۲/۱۵۷ (۱/۷۳)	۱۲/۱۲۸ (۲/۰۱۲)	۱۱/۹۸۵ (۱/۷۹۳)	۱۱/۹۶۵ (۱/۹۵۶)		

* و † و ‡: اختلاف معنادار است.

۱. پس از نرمال‌سازی بدون بعد شده‌اند. ۲. نیوتن بر ثانیه. ۳. درصدی از کل سیکل نیوتن



نمودار ۱. تفاوت میانگین پیک اول و دوم بین پایین و میانه پشت در دو کوله



نمودار ۲ تفاوت میانگین حداقل نیروی عمودی بین پایین و میانه پشت در دو کوله

بحث

براساس نتایج پژوهش‌ها محل (ارتفاع) قرارگیری کوله روی تنه می‌تواند بر بیومکانیک حرکتی ایستادن و راه رفتن مؤثر باشد. این امر در کودکان سنین دبستان (۸ تا ۱۱ سال) که در حال رشد هستند و ممکن است از اعمال استرس‌های مکانیکی اثرپذیری داشته باشند، اهمیت دارد. بنابراین در این پژوهش به مقایسه پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی راه رفتن، که مطالعات اندکی درباره آنها انجام گرفته است، بین دو موقعیت پایین و میانه پشت در دو نوع کوله متفاوت با وزن ۱۰ درصد وزن بدن پرداخته شد. فرضیه این بود که مقادیر متغیرها در وضعیت میانه پشت به‌ویژه در کوله‌پشتی، تغییرات بیشتری داشته باشد. به بیان دیگر، احتمالاً حمل کوله در وضعیت پایین پشت بهتر از وضعیت میانه باشد.

نتایج نشان داد پارامترهای کینتیکی بیشتر از پارامترهای کینماتیکی راه رفتن، به‌صورت آنی از تغییر ارتفاع قرارگیری کوله (پایین و میانه پشت) تأثیر می‌پذیرند، به‌گونه‌ای که میانگین نرمال‌شده پیک اول و دوم نیروی عکس‌العمل عمودی زمین حین حمل کوله‌پشتی در میانه پشت، به‌طور معناداری بالاتر از وضعیت پایین پشت بود. در همین حال میانگین نرمال‌شده حداقل نیروی عمودی که تقریباً متناظر با مرحله میانی سکون در راه رفتن است، با حمل کوله‌پشتی در وضعیت پایین پشت به‌طور معناداری بالاتر از وضعیت پایین و میانه کوله اصلاح‌شده دیده شد، ولی با وضعیت میانه خود (کوله‌پشتی) تفاوت معنادار نشان نداد. از پارامترهای کینماتیکی نیز تنها، میانگین نرمال‌شده آهنگ قدم‌برداری حین حمل کوله‌پشتی در پایین پشت کمتر از سایر وضعیت‌هاست که با وضعیت میانه در کوله اصلاح‌شده نیز تفاوت معنادار نشان داده است. به‌طور کلی براساس نتایج، به‌ویژه در پارامترهای پیک اول و دوم نیرو، می‌توان گفت فرضیه تحقیق مبنی بر تغییرات کمتر پارامترهای بیومکانیکی حین حمل کوله در پایین پشت نسبت به وضعیت میانه پشت تأیید می‌شود. تفاوت معنادار در دو متغیر حداقل نیروی عمودی و آهنگ قدم‌برداری مطابق جدول ۲، احتمالاً بیشتر به تفاوت بین دو کوله برگردد تا موقعیت قرارگیری بار روی پشت. همچنین اثر آنی تغییر ارتفاع بار بر متغیرها، در کوله‌پشتی بیشتر از کوله اصلاح‌شده بوده است.

براساس دانش ما تنها سه مطالعه به بررسی پارامترهای کینماتیکی راه رفتن و ارتفاع قرارگیری کوله پرداخته‌اند (۵۱، ۲۳، ۱۴) و تنها یک مطالعه برای اولین بار در سال ۲۰۰۹ اثر ارتفاع بار را بر متغیرهای کینتیکی راه رفتن بررسی کرده است (۲۳). سایر مطالعات مرتبط به بررسی پارامترهای کینماتیکی و پوسچرال قسمت‌های مختلف بدن مانند سر و تنه، زوایای مفاصل (۴۷، ۴۳، ۱۴)، قوس‌های ستون مهره (۴۰) و کنترل پوسچر ایستا (۴۴) پرداخته‌اند.

نتایج مطالعه حاضر در پارامترهای کینماتیکی راه رفتن، که متأثر از جابه‌جایی عمودی کوله نبودند، با نتایج مطالعه جانسون^۱ و همکاران (۵۱) و کلیس و آرامپاتزی^۲ (۲۳) همسوست، ولی با نتایج مطالعه سینگ و کوه^۳ (۱۴) البته تنها حین حمل کوله‌پشتی با ۲۰ درصد وزن بدن، همخوانی ندارد. در مطالعه جانسون و همکاران (۲۰۰۱) با حمل یک کوله ۳۶ کیلوگرمی در بالا، میانه و پایین پشت، آهنگ قدم‌برداری و طول گام تغییر معنادار نداشته است (۵۱). در پژوهش کلیس و آرامپاتزی (۲۰۰۹) نیز بین دو موقعیت قرارگیری بالا و پایین کوله‌ای با وزن ۱۷ درصد وزن بدن، در پارامترهای کینماتیکی شامل طول و زمان گام، آهنگ قدم‌برداری، و درصد مراحل نوسان، سکون، حمایت دوگانه و یگانه تفاوت معناداری مشاهده نشده است. ولی در پارامترهای کینتیکی که با وزن و سرعت راه رفتن نرمال شده‌اند، پیک اول در وضعیت بالای پشت بیشتر از پایین پشت بوده است که با نتیجه تحقیق حاضر همسوست، و پیک دوم و حداقل نیروی عمودی تفاوت معناداری نداشته‌اند (۲۳). در پژوهش حاضر نیز با اینکه از بار ۱۰ درصد وزن بدن استفاده شد، تفاوت معناداری بین وضعیت پایین و میانه پشت در پارامترهای آهنگ قدم‌برداری، طول گام، درصد مراحل نوسان و حمایت دوگانه دیده نشد و تنها پیک اول و دوم حین حمل کوله‌پشتی در بالای پشت بالاتر بوده است.

اما در مطالعه سینگ و کوه حمل کوله‌پشتی با وزن ۲۰ درصد در پایین پشت موجب کاهش پارامترهای آهنگ قدم‌برداری و سرعت، و افزایش مرحله حمایت دوگانه شد (۱۴). البته در این پژوهش نیز در وزن ۱۰ درصد، تفاوتی بین بالا و پایین پشت گزارش نشده است، بنابراین می‌توان گفت از این نظر با پژوهش حاضر همخوانی دارد.

در مطالعات مکور، سرعت راه رفتن در حالت‌های آزمایشی مختلف، به‌صورت خودانتخابی بوده، ولی در مطالعه حاضر، در ابتدا توسط شرکت‌کننده بهترین و متناسب‌ترین سرعت تعیین می‌شد و در ادامه برای آزمایش‌های وی همان سرعت ثابت می‌شد تا اثر سرعت بر متغیرها به حداقل برسد. به همین دلیل در مطالعه کلیس و آرامپاتزی، پارامترهای کینتیکی به‌درستی با سرعت نیز نرمال شده است، بنابراین با نتایج مطالعه حاضر قابل مقایسه است.

-
1. Johnson
 2. Kellis and Arampatzi
 3. Singh and Koh

نیروی عکس‌العمل عمودی به صورت مطلق، بی‌شک به نسبت افزایش وزن بار، بالا می‌رود، ولی برخی نویسندگان وقتی آن را با وزن نرمال کرده‌اند، تفاوت چندانی ندیده‌اند که البته ممکن است به دلیل سرعت آهسته‌تر فرد هنگام حمل کوله یا سایر تغییرات کینماتیکی به‌عنوان استراتژی‌های کاهش استرس باشد (۲۷، ۲۲). ولی چنانچه همه این ملاحظات در نظر گرفته شود، هرگونه افزایش در پیک‌های نیروی عمودی، بیانگر اعمال استرس بیشتر به بدن است. بنابراین بدن و به‌ویژه اندام تحتانی را در معرض استرس قرار می‌دهد. در پژوهش حاضر همراستا با مطالعه کلیس و آرامپاتزی پیک اول و دوم نیروی عمودی در وضعیت بالای پشت در کوله‌پشتی بیشتر بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد قرارگیری بار در محدوده میانه یا بالای پشت موجب تغییراتی می‌شود که افزایش نیروی عکس‌العمل عمودی را به دنبال دارد. گریمر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کرده‌اند که قرارگیری بار در پایین پشت کمتر موجب خم شدن تنه می‌شود و در بالای پشت به تمایل بیشتر تنه، و برخی قسمت‌های دیگر مانند لگن و ران، به جلو منجر می‌شود (۴۷). اگرچه این متغیرها در پژوهش حاضر بررسی نشده، ولی براساس مطالعات پیشین (۲۵، ۲۴، ۲۰) ممکن است دلیل افزایش نیروی عمودی باشد. همچنین در کوله‌پشتی به دلیل تمرکز بار در پشت، و فاصله احتمالی مرکز ثقل آن با خط کشش ثقل و مرکز ثقل در بدن، قرارگیری آن در میانه پشت ممکن است از طریق تغییر در موقعیت مرکز ثقل بدن به سمت عقب و بالاتر، و ایجاد ناپایداری پویای بیشتر بتواند به تغییر در الگوی توزیع نیروی عکس‌العمل عمودی در مرحله تماس با زمین منجر شود (۲۵).

حداقل نیرو که متناظر با مرحله میانی سکون است، در کوله‌پشتی بیشتر از کوله اصلاح‌شده است، تا حدی که در وضعیت پایین پشت با هر دو وضعیت پایین و میانه کوله اصلاح‌شده تفاوت معنادار نشان داده است. این امر در کنار بالاتر بودن پیک اول و دوم در کوله‌پشتی (به‌ویژه در وضعیت بالای پشت) نسبت به کوله اصلاح‌شده، می‌تواند بیانگر تأثیر شکل کوله‌پشتی و تمرکز بار در پشت باشد. مطالعات نشان داده است که قرارگیری همه بار در پشت، به افزایش خم شدن تنه و تغییر در سایر قسمت‌های بدن نسبت به حالت توزیع وزن در جلو و پشت منجر می‌شود (۲۴). خم شدن بیشتر تنه نسبت به کوله دومحفظه، به انتقال وزن به جلوی پاها و تغییر در الگوی نیروی عکس‌العمل عمودی منجر می‌شود (۲۶). از سوی دیگر، بیرل و همکاران (۲۰۰۷) کاهش حداقل نیروی عمودی را به محدودیت حرکت دست‌ها نسبت داده‌اند (۲۲) که در اینجا ممکن است در کوله اصلاح‌شده به دلیل جدید بودن کوله برای شخص و وجود بخش‌های جلویی رخ داده باشد. نرخ بارگذاری نیز که نشان‌دهنده شیب رسیدن به حداکثر نیروی عمودی است، در بین حالت‌های مختلف تفاوت نداشت. در واقع با اینکه پیک اول در وضعیت بالای کوله‌پشتی

بیشتر بوده، ولی به نسبت بازهٔ زمان، تفاوتی نداشته است. در مطالعات در دسترس، به این پارامتر اشاره نشده است.

بروز اختلالات و دردهای عضلانی اسکلتی در بخش‌های مختلف بدن مانند گردن، شانه‌ها، پشت و کمر با حمل کوله‌پشتی به وزن بیش از ۱۰ درصد وزن بدن در دانش‌آموزان گزارش شده است (۵۲). اعمال نیروی عمودی زیادتر به اندام تحتانی نیز ممکن است با بروز ناهنجاری‌های مرتبط با وزن زیاد مانند کف پای صاف، و ناهنجاری در زانوها مرتبط باشد (۲۲). بروز التهاب و درد بافت‌های کف پا مانند نیام کف پای (۵۳) و حتی آسیب‌های پرکاری‌مانند درد ساق و متاتارس‌ها، مشکلات زانو و شکستگی تنشی نیز محتمل است (۲۲). توجه به این نکته مهم است که در پژوهش حاضر کودکان تنها در سطح صاف، و حین حمل باری با ۱۰ درصد وزن بدن با سرعت راه رفتن عادی آزمون شده‌اند. این در حالی است که رفت‌وآمد مدرسه دانش‌آموزان ممکن است حین حمل کوله‌هایی با وزن بیشتر، و در مسیرهایی دارای ناهمواری، شیب‌های کم و زیاد سربالایی و سرازیری، پله، پیچ، و سایر موانع احتمالی باشد، و این مسیرهای دشوارتر ممکن است با سرعت‌های بیشتر و حتی دویدن طی شود که می‌تواند نیروی افزایش‌یافته بر اثر اعمال بار در ارتفاع میانهٔ پشت را بسیار بیشتر کند و در نتیجه استرس اعمال‌شده به بدن به‌ویژه اندام تحتانی دوچندان شود. البته بررسی حمل کوله و ارتفاع قرارگیری آن در این شرایط طبیعی شامل شیب و پله در سرعت‌های مختلف می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی باشد.

از میان پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن، آهنگ قدم‌برداری در وضعیت بالای کولهٔ اصلاح‌شده بیشتر است و نسبت به وضعیت پایین کوله‌پشتی معنادار است. مطالعات نشان داده‌اند که وقتی سرعت ثابت باشد، با اعمال بار و حمل کوله، آهنگ قدم‌برداری افزایش نشان می‌دهد، به این معنی که تعداد قدم‌ها در ثانیه افزایش می‌یابد. این امر راهبردی برای کنترل پاسچر پویا و پاسخی است به اغتشاش و ناپایداری ناشی از اعمال بار تا راه رفتن متعادل ادامه یابد (۱۴). در اینجا به‌نظر می‌رسد دو عامل، جدید بودن کولهٔ اصلاح‌شده و ناآشنا بودن و نداشتن تجربهٔ حمل این نوع کوله توسط افراد (۲۵)، بر پارامترهای راه رفتن اثر داشته است و دوم اینکه به‌دلیل وجود قسمت‌های جلویی در این نوع کوله که از کنارهٔ تنه به جلو می‌آمدند و به هم وصل می‌شدند، احتمالاً در حرکت آزادانه و روان دست‌ها اثر گذاشته (۵۴) و موجب افزایش آهنگ قدم‌برداری برای حفظ سرعت شده باشد. از سوی دیگر، تواتر در وضعیت پایین کوله‌پشتی

-
1. plantar fasciitis
 2. overuse injury

کم بوده که در راستای سایر نتایج است و نشان می‌دهد فرد در این وضعیت راحت‌تر راه رفته است. پارامترهای طول گام، درصد مرحله نوسان و حمایت دوگانه که در پژوهش‌ها بسیار به آنها اشاره شده، هنگام حمل کوله نسبت به بدون کوله دچار تغییر می‌شوند، به گونه‌ای که طول گام تا اندازه‌ای کاهش یافته، مرحله نوسان کاهش داشته و حمایت دوگانه به ویژه افزایش دارد تا مدت زمان بیشتری روی دویا و سطح اتکای گسترده‌تر ناشی از آن که مرکز ثقل نیز در پایین‌ترین حد قرار می‌گیرد (تعادل بهتر و استرس کمتر بر یک پا)، سپری شود. در مطالعه حاضر نه جابه‌جایی ارتفاع قرارگیری کوله‌ها و نه تفاوت شکل آنها در وزن ۱۰ درصد بدن، نتوانسته در این پارامترها تغییری ایجاد کند. در واقع شکل و قرارگیری متفاوت کوله در این وزن، از نظر این پارامترها تفاوتی با هم ندارند.

وزن ۱۰ درصد که در مطالعه حاضر به کار رفته است، احتمالاً به اندازه‌ای نیست که بتواند با تغییرات کینماتیکی راه رفتن، اثر ارتفاع قرارگیری بار را نشان دهد (۱۴)، و ممکن است در وزن‌های دیگر مانند ۱۵ درصد وزن بدن، نتایج به گونه دیگری باشد. با توجه به اینکه جابه‌جایی ارتفاع قرارگیری کوله‌پشتی تنها به تغییرات نه‌چندان زیاد در پارامترهای کینماتیکی راه رفتن منجر شد، می‌توان گفت اثر قرارگیری کوله در پایین یا میانه پشت در وزن ۱۰ درصد بدن، جای بحث دارد. از آنجا که تغییرات آنی متغیرها تنها در سطح صاف بررسی شد، مطالعه تأثیرات حمل طولانی مدت کوله در وزن‌های مختلف، در سطوح مختلف، و با سرعت‌های متفاوت پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر ارتفاع قرارگیری دو نوع کوله بر کینتیک و کینماتیک راه رفتن پسران دبستانی بررسی شد. دانش‌آموزان که در سن رشد هستند و احتمالاً از نظر حرکتی تکامل کامل ندارند، باید از نظر استرس‌هایی که به آنها وارد می‌آید، مورد توجه باشند. نتایج نشان داد که قرارگیری کوله‌پشتی در پایین پشت (ناحیه کمر) از نظر پارامترهای کینماتیکی بهتر است، ولی در پارامترهای کینماتیکی تغییراتی دیده نشد. جابه‌جایی محل قرارگیری کوله‌پشتی در مقایسه با کوله اصلاح شده، بیشتر موجب تغییر در متغیرها شد. بنابراین جابه‌جایی باری که در پشت متمرکز است، بیشتر می‌تواند بر پارامترهای راه رفتن دانش‌آموزان مؤثر باشد. با این حال، نتایج محدود به تغییرات آنی با وزن ۱۰ درصد در سطح صاف است.

قدردانی

این مقاله از رسالهٔ دکتری تخصصی که در دانشگاه تهران انجام گرفته، استخراج شده است. نویسندگان، صمیمانه مراتب قدردانی خود را از مسئولان دانشکدهٔ برق و کامپیوتر دانشگاه تهران و سرکار خانم دکتر بهرامی، شرکت‌کنندگان در پژوهش و سرکار خانم فاطمه احمدی اعلام می‌دارند.

منابع و مأخذ

1. 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
2. Golriz S, Walker B. Backpacks. Several factors likely to influence design and usage: a systematic literature review. *Work*. 2012;42(4):519-31
3. Mohammadi S, Mokhtarinia H, Nejabatbakhsh R, Scuffham A. Ergonomics evaluation of school bags in Tehran female primary school children. *Work*. 2017;56(1):175-81
4. Daneshmandi H, Hoseini H. Study of backpack carriage among Iranian schoolboys. *sport medicine studies*. 2011; 10: 13-32 {In Persian}.
5. Adeyemi AJ, Rohani JM, Abdul Rani MR. Backpack-back pain complexity and the need for multifactorial safe weight recommendation. *Appl Ergon*. 2017;58:573-82
6. Noll M, Candotti CT, Rosa BN, Loss JF. Back pain prevalence and associated factors in children and adolescents: an epidemiological population study. *Rev Saude Publica*. 2016;50
7. Korovessis P, Koureas G, Papazisis Z. Correlation between backpack weight and carrying, sagittal and frontal spinal curvatures, athletic activity, and dorsal and low back pain in schoolchildren and adolescents. *J Spinal Disord Tech*. 2004;17(1):33-40
8. Zadpoor AA, Nikooyan AA. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. *Clinical biomechanics*. 2011;26(1):23-8
9. Zurita Ortega F, Fernandez Sanchez M, Fernandez Garcia R, Jimenez Schyke CE, Zaleta Morales L. [Predictors of scoliosis in school-aged children]. *Gac Med Mex*. 2014;150(6):533-9
10. Hoseini H, Khorri A, Amirian S, Siavashi M, Abdolmahdi A. Effect of backpack carriage in different weights on EMG of rectus abdominus and lumbar erector spina among schoolchildren. 2012; 59: 73-83 {In Persian}.
11. Al-Khabbaz YS, Shimada T, Hasegawa M. The effect of backpack heaviness on trunk-lower extremity muscle activities and trunk posture. *Gait Posture*. 2008;28(2):297-302
12. Orloff HA, Rapp CM. The effects of load carriage on spinal curvature and posture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(12):1325-9
13. Chow DH, Leung KT, Holmes AD. Changes in spinal curvature and proprioception of schoolboys carrying different weights of backpack. *Ergonomics*. 2007;50(12):2148-56

14. Singh T, Koh M. Effects of backpack load position on spatiotemporal parameters and trunk forward lean. *Gait Posture*. 2009;29(1):49-53
15. Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Mil Med*. 2004;169(1):45-56
16. Sahrman s . *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*: Mosby; Psc edition (September 18, 2001); 2002
17. Lederman E. *Neuromuscular Rehabilitation in Manual and Physical Therapies: Principles to Practice*: Churchill Livingstone/Elsevier; 2010
18. Hung-Kay Chow D, Kit-Fong Hin C, Ou D, Lai A. Carry-over effects of backpack carriage on trunk posture and repositioning ability. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2011;41(5):530-5
19. 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
20. Mosaad DM, Abdel-Aziem AA. Backpack carriage effect on head posture and ground reaction forces in school children. *Work*. 2015;52(1):203
21. Dames KD, Smith JD. Effects of load carriage and footwear on lower extremity kinetics and kinematics during overground walking. *Gait & Posture*. 2016;50:207-11
22. Birrell SA, Hooper RH, Haslam RA. The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait Posture*. 2007;26(4):611-4
23. Kellis E, Arampatzi F. Effects of sex and mode of carrying schoolbags on ground reaction forces and temporal characteristics of gait. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2009;18(5):275-82
24. Kinoshita H . Effects of different loads and carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait. *Ergonomics*. 1985;28(9):1347-62
25. 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
26. 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
27. 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
28. 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
29. Hong Y, Li JX, Fong DT. Effect of prolonged walking with backpack loads on trunk muscle activity and fatigue in children. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(6):990-6
30. Ghamari Hoveida S, Babakhani F, Anbarian M, Hajiloo B. Effect of carrying backpack with different loads on electromyography activity of selected lower limb muscles during walking in elementary school students in Hamedan city. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2016; 23 (148): 89-97 {In Persian}.
31. 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

32. England SA, Granata KP. The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait & posture*. 2007;25(2):172-8
33. Pau M, Mandaresu S, Leban B, Nussbaum MA. Short-term effects of backpack carriage on plantar pressure and gait in schoolchildren. *J Electromyogr Kinesiol*. 2015;25(2):406-12
34. Knapik J, Harman E, Reynolds K. Load carriage using packs: a review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Appl Ergon*. 1996;27(3):207-16
35. Ramadan MZ, Al-Shayea AM. A modified backpack design for male school children. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2013;43(5):462-71
36. Abdullah AM, McDonald R, Jberzadeh S. The Effectsof Backpack Load and Placement on Postural Deviation in Healthy Students: A Systematic Review. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2012;2(6):466-81
37. 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
38. Devroey C, Jonkers I, de Becker A, Lenaerts G, Spaepen A. Evaluation of the effect of backpack load and position during standing and walking using biomechanical, physiological and subjective measures. *Ergonomics*. 2007;50(5):728-42
39. Kim MH, Yi CH, Kwon OY, Cho SH, Yoo WG. Changes in neck muscle electromyography and forward head posture of children when carrying schoolbags. *Ergonomics*. 2008;51(6):890-901
40. Chow DH, Ou ZY, Wang XG, Lai A. Short-term effects of backpack load placement on spine deformation and repositioning error in schoolchildren. *Ergonomics*. 2010;53(1):56-64
41. Lloyd R, Cooke C. Kinetic changes associated with load carriage using two rucksack designs. *Ergonomics*. 2000;43(9):1331-41
42. Wang C, Chow D, Pope MH, editors. Biomechanical effect of LOAuD carriage on spine curvature and repositioning ability in adolescents. *Proceedings of the Fifth ASTED International Conference on Biomechanics, BioMech 2007; 2007*
43. Mackie H, Legg S. Postural and subjective responses to realistic schoolbag carriage. *Ergonomics*. 2008;51(2):217-31
44. Golriz S, Hebert JJ, Foreman KB, Walker BF. The effect of hip belt use and load placement in a backpack on postural stability and perceived exertion: a within-subjects trial. *Ergonomics*. 2015;58(1):140-7
45. Talbott NR. The effect of the weight, location and type of backpack on posture and postural stability of children PhD Dissertation. Cincinnati: University of Cincinnati; 2005
46. Brackley HM, Stevenson JM, Selinger JC. Effect of backpack load placement on posture and spinal curvature in prepubescent children. *Work*. 2009;32(3):351-60
47. Grimmer K, Dansie B, Milanese S, Pirunsan U, Trott P. Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomised controlled experimental study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2002;3:10

48. Yoo WG. Effects of a low-center-of-gravity backpack on the trunk stability of mountaineers while ascending and descending. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(10):3259-60
49. Muslim K, Nussbaum MA. The effects of a simple intervention on exposures to low back pain risk factors during traditional posterior load carriage. *Applied Ergonomics.* 2017;59:313-9
50. 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
51. Johnson R, Pelot R, Doan J, Stevenson J. The effect of load position on biomechanical and physiological measures during a short duration march. DALHOUSIE UNIV HALIFAX (NOVA SCOTIA); 2001
52. Moore MJ, White GL, Moore DL. Association of relative backpack weight with reported pain, pain sites, medical utilization, and lost school time in children and adolescents. *J Sch Health.* 2007;77(5):232-9
53. Wearing SC, Smeathers JE, Urry SR, Hennig EM, Hills AP. The pathomechanics of plantar fasciitis. *Sports Medicine.* 2006;36(7):585-611
54. Birrell SA, Haslam RA. The effect of military load carriage on 3-D lower limb kinematics and spatiotemporal parameters. *Ergonomics.* 2009;52(10):1298-304

The Effect of the Height of Placement of Two Types of Backpacks on Gait Kinetic and Kinematic Parameters in Schoolchildren Aged between 8 and 11

Ali Akbar Jadidian¹ - Elham Shirzad^{*2}

1. Lecturer, Department of Physical Education and Sport Sciences, Payame-Noor University, Tehran, Iran 2. Assistant Professor, Department of Sport Medicine and Health, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
(Received: 2018/09/20; Accepted: 2018/09/01)

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of the height of placement (lower and middle) of two types of backpacks (conventional backpack and modified backpack) with 10% of body weight on the kinetic (including 1st and 2nd peak, minimum force, and loading rate) and kinematic (including cadence, step length, step width, swing and double support phases) parameters of gait in schoolchildren. 28 school boys participated in the study after their inclusion and exclusion criteria were considered. They were evaluated by Gaitway treadmill in four conditions including backpack-low, backpack-middle, modified backpack-low, and modified backpack-middle. ANOVA test with repeated measures showed that the mean of the first and second peaks of the backpack-middle was higher than other conditions and had a significant difference with the backpack-low ($P<0.05$). Among the backpacks, the minimum vertical force in the backpack-low was more than both modified backpack conditions ($P<0.05$). Given the increase in the first and second peaks of the backpack-middle compared with the backpack-low, it seems better to place the backpack in the lumbar region in terms of forces applied to the body, but this difference was not observed for the modified backpack.

Keywords

Backpack, gait, kinematic, kinetic, schoolchildren.

* Corresponding Author: Email: eshirzad@ut.ac.ir ;Tel:+989123723273