DOI: 10.48305/jrrs.2023.41417.1025 Published by Vesnu Publications

مقایسه دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی حین گام‌برداری روی سطوح صاف و شیب‌دار در کوهنوردان میانسال با و بدون کوله‌پشتی: یک مطالعه شبه تجربی

محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد[1]، محمدرضا امیر سیف‌الدینی[2]، محمدتقی امیری خراسانی[2]، حامد فدایی[3]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: درک تأثیر بیومکانیکی حمل کوله‌پشتی بر راه رفتن در شیب منفی، می‌تواند در طراحی برنامه‌های پیشگیری از آسیب و آماده‌سازی فیزیکی مفید باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی حین گام‌برداری روی سطوح صاف و شیب‌دار در کوهنوردان میانسال با و بدون کوله‌پشتی بود.

مواد و روش‌ها: ۱۴ کوهنورد میانسال، چهار آزمایش راه رفتن با و بدون کوله‌پشتی را روی تردمیل با شیب صفر درجه و ۱۵- درجه انجام دادند. برای ثبت داده‌های کینماتیکی، از سیستم Motion analysis استفاده شد. دامنه حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و ران در صفحه ساجیتال مورد پردازش قرار گرفت. در صورت نرمال بودن داده‌ها، از آزمون Paired t استفاده گردید.

یافته‌ها: در شیب ۱۵- درجه همراه با کوله‌پشتی، دامنه حرکتی مفاصل ران (P = ۰/۰۴۴) و مچ پا (P = ۰/۰۰۷) به صورت معنی‌داری کمتر از حالت بدون کوله‌پشتی بود. در صورت استفاده از کوله‌پشتی، دامنه حرکتی مفصل زانو در شیب صفر درجه (P = ۰/۰۳۸) و ۱۵- درجه (P = ۰/۰۲۹) به صورت معنی‌داری کمتر از حالت بدون کوله‌پشتی گزارش شد. در مفصل مچ پا، تنها در حالت حمل کوله‌پشتی، تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (P = ۰/۰۳۲). همچنین، برای مفاصل زانو و ران، در هر دو حالت با (به ترتیب P = ۰/۰۱۲ و P = ۰/۰۰۶) و بدون کوله‌پشتی (به ترتیب P = ۰/۰۱۵، P = ۰/۰۲۵) تفاوت معنی‌داری در دامنه حرکتی بین دو شیب وجود داشت.

نتیجه‌گیری: حمل کوله‌پشتی با ۲۵ درصد وزن بدن در شیب منفی، تأثیرات معنی‌داری بر دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی می‌گذارد و شاید شیب منفی اثراتی به مراتب بیشتر از وزن بار بر دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی به ویژه مفصل مچ پا در کوهنوردان میانسال دارد. فرود از سراشیبی در هر برنامه کوهنوردی وجود دارد. بنابراین، استفاده از کوله‌پشتی سبک و اصلاح شیوه حمل آن برای جلوگیری از آسیب و بهبود عملکرد پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه‌ها: راه رفتن؛ کوله‌پشتی کوهنوردی؛ دامنه حرکتی مفصل؛ شیب منفی؛ کوهنوردان؛ میانسال

ارجاع: مهدوی خلیل‌آباد محمدباقر، امیر سیف‌الدینی محمدرضا، امیری خراسانی محمدتقی، فدایی حامد. **مقایسه دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی حین گام‌برداری روی سطوح صاف و شیب‌دار در کوهنوردان میانسال با و بدون کوله‌پشتی: یک مطالعه شبه تجربی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۴۰۱؛ ۱۸: ۷۵-۸۳.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۳۰ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۴/۱۵

مقدمه

کوهنوردی یکی از مفرح‌ترین ورزش‌های هوازی است که علاوه بر تأثیر در بعد جسمانی، در روح و روان افراد هم تأثیر مثبتی دارد (۱). کوهنوردی در ارتفاعات، تحریکی عالی برای سیستم قلبی- ریوی و عضلات اسکلتی است. با این حال، این اثرات مثبت بر سلامت، در تضاد با خطرات کوه و خطرات غیر قابل اغماض مربوط به کوهنوردی در ارتفاعات می‌باشد (۲). کوهنوردی عناصر سربالایی و سرپایینی قابل توجهی را در نواحی هموار و ناهموار شامل گردیده و همواره با عملکرد صعود و فرود انجام می‌شود (۴، ۳). راه رفتن روی سطح شیب‌دار به عنوان یک تکلیف چالش‌برانگیز در زندگی روزمره، می‌تواند منجر به بروز دردهای اسکلتی- عضلانی و آسیب‌هایی به این سیستم شود (۵).

تحقیقات متعددی تأثیر راه رفتن روی شیب را بر سازگاری‌های پوسچر و راه رفتن (۷، ۶)، فعالیت عضله (۷)، کینتیک و کار مفصل (۸)، کینماتیک پا (۹) و

۱- کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران
نویسنده مسؤول: محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد؛ کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
Email: mahdavim326@gmail.com

بار برشی (Load sharing) و بین اندام (Between segments) و درون اندام (Intra-limb) (۱۰) را بررسی کرده‌اند. بیومکانیک اندام تحتانی در طول راه رفتن روی سطح شیب‌دار متفاوت از راه رفتن روی سطح صاف است؛ به طوری که آهنگ قدم‌برداری (Cadence) با افزایش زاویه شیب از ۱۰- تا ۱۰+ درجه، کاهش و طول گام با افزایش قدر مطلق شیب‌های مثبت و منفی بیشتر می‌شود (۱۰). پیاده‌روی در سراشیبی، خطر افتادن به دلیل لغزش و یا از دست دادن تعادل را در مقایسه با راه رفتن در سطح صاف افزایش می‌دهد. در طول پیاده‌روی در سراشیبی، مفاصل مجبور به قرار گرفتن در وضعیت‌های خاصی هستند که برای جلوگیری از سقوط ضروری هستند. بنابراین، این ورزش نیاز به هماهنگی کنترل شده مفاصل اندام تحتانی دارد که حاصل تنظیمات کینماتیک بخش‌های مختلف بدن در هنگام فرود به ویژه در زمان حمل تجهیزات کوهنوردی است (۱۱). به طور کلی، راه رفتن با بار در مقایسه با راه رفتن بدون بار در سطح صاف، نیاز به نوع دیگری از کنترل حرکت دارد. تفاوت‌ها در الگو و مقدار نیروی عکس‌العمل زمین (Ground reaction forces یا GRE)، کینماتیک و کینتیک مفصل بین تکالیف و راه رفتن با بارهای مختلف (۱۳، ۱۲) از استراتژی‌های مختلف کنترل پوسچر در این شرایط حکایت دارد (۱۴).

در هر صعود بسته به نوع آن، منطقه مورد نظر، زمان و فصل اجرای برنامه ممکن است ابزار و تجهیزات متفاوتی مورد استفاده قرار گیرد. پیشرفت وسایل و تجهیزات و شناخت این وسایل و نحوه استفاده صحیح و اصولی آن‌ها توسط ورزشکاران، منجر به کاهش چشمگیر تلفات و خسارات جانی مالی خواهد شد (۱۵). یکی از ابزارهای شایع و محبوب در میان کوهنوردان، کوله‌پشتی است. کوله‌پشتی‌های ورزشی و معمولی بسیار متفاوت از کوله‌پشتی‌های حرفه‌ای جهت سفرهای طولانی هستند. این کوله‌پشتی‌ها باید از دو دیدگاه مورد توجه قرار گیرند. اول این که از لحاظ پزشکی و سلامت جسمانی به گونه‌ای طراحی شده باشند که آسیبی به سلامت جسمانی ورزشکاران به دلیل سنگینی وارد نکنند و دوم این که از لحاظ فضا و ایمنی به گونه‌ای طراحی شده باشند که بتوان وسایل مختلف کوهنوردی را با آن‌ها حمل کرد. در واقع، متناسب نبودن وزن کوله‌پشتی با توان جسمانی کوهنورد، یکی از علل عمده شکست و عدم موفقیت در برنامه‌های کوهنوردی است (۱۷، ۱۶). حمل بار در کوله‌پشتی، ثبات (Stability) و تعادل جانبی (Lateral balance) را کاهش می‌دهد و ممکن است باعث سقوط فرد شود (۱۸). علاوه بر این، حمل بار ممکن است بارگذاری اندام تحتانی را افزایش دهد، فشارهای زیادی را بر روی بافت‌های نرم اطراف مفاصل اندام تحتانی وارد و شرکت‌کننده را مستعد آسیب نماید (۱۹).

بیشتر کوهنوردان بدون توجه به آمادگی بدنی خود، با حمل کوله‌های سنگین، نه تنها خود از صعود به قله بازمانده‌اند، بلکه باعث بروز مشکلاتی در ریتم صعود گروه خود نیز شده‌اند. در یک پژوهش مشاهده شد که راه رفتن در سربالایی، باعث افزایش ۱۰ درصدی طول گام نسبت به راه رفتن روی سطح صاف می‌شود و اثر شیب روی طول گام بیشتر از اثر بار کوله‌پشتی بود (۲۰). همچنین، ۸ درصد از ۵۰۰۰ آسیب گزارش شده در نیروی دفاعی استرالیا از ژانویه سال ۲۰۰۹ تا دسامبر سال ۲۰۱۰، مربوط به حمل کوله‌پشتی سنگین بود که منجر به استرس عضلانی گردید. علاوه بر این، افزایش بار کوله‌پشتی، منجر به کاهش عملکرد فیزیکی سربازان به میزان حدود ۱ درصد به ازای هر کیلوگرم بار تحمیل شده گردید (۲۱).

یافته‌های متفاوتی در ارتباط با شاخص‌های گیت و راه رفتن شیب‌دار وجود دارد (۵-۳). در بررسی اثر حمل کوله‌پشتی خالی و با بار ۲۵ کیلوگرم روی کینتیک و کینماتیک مفاصل مچ پا و زانوی مردان طی راه رفتن در سربالایی، ۱۵ درجه زمان سکون (Stance) با حمل کوله‌پشتی کاهش یافت که نشان دهنده افزایش سرعت راه رفتن بود و می‌تواند یک مکانیسم جبرانی برای کاهش بی‌ثباتی بدن (Body instability) در حین راه رفتن در سربالایی باشد. همچنین، ضربه (Impact) داخلی- خارجی، عمودی و قدامی- خلفی در حین راه رفتن سربالایی با حمل کوله‌پشتی نسبت به شرایط کنترل بدون بار به طور معنی‌داری بزرگ‌تر بود (۲۲). وجود بار ۲۵ درصد وزن بدن در کوله‌پشتی در شیب منفی یا مثبت ۱۵ درصد با خمش (Bending) بیشتر تنه و به دنبال آن، دامنه حرکت کمتر تنه، یک اثر منفی مضاعفی روی الگوی حرکت تنه دارد (۶). با افزایش شیب تا ۱۵ درصد و حمل بار ۲۵ درصد وزن بدن، سرعت بهینه (Optimal speed)کاهش یافت (۲۳). تعداد قابل توجهی از مطالعات بیومکانیکی اولیه بر روی اثرات مکانیکی حمل کوله‌پشتی بر روی اندام تحتانی و ستون فقرات متمرکز بوده‌اند (۹-۶) و مشخص شده است که حمل کوله‌پشتی باعث افزایش خطر آسیب اندام تحتانی و ستون فقرات می‌شود (۱۰، ۹). با این حال، بیشتر تحقیقات، فعالیت عضلانی (۱۳-۱۱) و گشتاورهای مفصلی (۱۴) را در حین راه رفتن در شیب با و بدون حمل بار بررسی کرده‌اند.

اغلب پژوهش‌ها به بررسی شیب مثبت پرداخته‌اند و هیچ مطالعه‌ای به بررسی کینماتیک به خصوص در کوهنوردان در شیب منفی نپرداخته است. همچنین، دلیل اهمیت تحقیقات کینماتیک در شیب منفی نسبت به شیب مثبت راه رفتن این است که در شیب منفی، بدن با چالش‌های بیشتری روبه‌رو می‌شود و عضلات و مفاصل باید تلاش بیشتری برای تعادل و پشتیبانی از بدن انجام دهند (۱۵)؛ در حالی که بررسی این متغیرها می‌تواند به شناخت استراتژی‌های مختلف کنترل حین راه رفتن روی شیب با حمل بار کمک کند (۱۵). همچنین، پژوهش‌های گوناگونی به بررسی اثرات حمل کوله‌پشتی به ویژه وزن آن متناسب با جنسیت پرداخته‌اند. بررسی اثر حمل کوله‌پشتی با وزن‌های مختلف بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی اندام تحتانی دختران و پسران حین راه رفتن نشان داد که کوله‌پشتی‌های دارای ۱۵ و ۲۰ درصد وزن بدن، تغییرات بیومکانیکی مختلفی در اندام تحتانی ایجاد می‌کنند و در نتیجه، ممکن است برای حمل چندان مناسب نباشند (۱۶).

تفاوت‌های جنسیتی در هزینه- انرژی در هنگام پیاده‌روی با کوله‌پشتی نشان داد که شرکت‌کنندگان زن جوان سالم، هزینه- انرژی به طور قابل توجهی پایین‌تری نسبت به شرکت‌کنندگان مرد در ۱۰ دقیقه تمرین پیاده‌روی داشتند (۱۷). بررسی اثرات کوله‌پشتی بر خصوصیات زمانی راه رفتن بین پسران و دختران، تفاوتی را بین دو گروه نشان نداد (۱۸). این نتایج در مقایسه با تحقیقات بر روی بزرگسالان متفاوت است که نشان می‌دهد زنان هنگام حمل کوله‌پشتی در مقایسه با مردان، تغییرات ظاهری در جنبه‌های زمانی راه رفتن نشان می‌دهند (۱۹).

به نظر می‌رسد تاکنون تحقیقی به مقایسه دامنه حرکتی اندام تحتانی روی سطوح صاف و شیب منفی در کوهنوردان میانسال با و بدون کوله‌پشتی نپرداخته است. همچنین، جهت کنترل اثر جنسیت بر نتایج در پژوهش حاضر، فقط مردان مورد بررسی قرار گرفتند. بنابراین، هدف از انجام مطالعه، پاسخ به این سؤال بود که آیا وزن کوله‌پشتی بر روی سطوح صاف و شیب منفی، تأثیری روی دامنه حرکتی کوهنوردان میانسال دارد؟

http://jrrs.mui.ac.ir

مواد و روش‌ها

این تحقیق نیمه تجربی از نوع مقطعی- کاربردی و مدل آن مقایسه‌ای بود که در تابستان سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه آنالیز حرکت دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. آزمودنی‌های پژوهش را کوهنوردان میانسال حرفه‌ای شهر کرمان تشکیل دادند. نمونه‌ها با توجه به معیارهای ورود و استناد به مقالات، ۱۲ مرد کوهنورد میانسال از طریق فراخوان عمومی و به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. قبل از شروع آزمون، تمام مراحل انجام آن برای آزمودنی‌ها شرح داده شد و فرم رضایت‌نامه و اطلاعات فردی را تکمیل و امضا کردند. اجرای مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد تأیید قرار گرفت.

برای ثبت داده‌های کینماتیکی، از سیستم سه بعدی Qualysis motion analysis, 41113, Packhusgatan 6, Qualisys AB, Gothenburg, Sweden motion analysis (مدل Raptor-H Digital Real Time System، آمریکا) با شش دوربین و حداکثر سرعت ۹۰۰ فریم بر ثانیه استفاده شد. ابتدا ابعاد آنتروپومتریک با استفاده از ترازو و قدسنج اندازه‌گیری و سپس بر اساس مدل نشانه‌گذاری Plug-in-gait برای اندام تحتانی، ۱۴ عدد نشانگر با قطر ۱۹ میلی‌متر روی نقاط آناتومیک بدن آزمودنی‌ها نصب گردید (۵۳، ۵۲) (شکل ۱).

شکل ۱. مکان نشانگرهای اندام تحتانی

ابتدا یک تست استاتیک به صورت ایستاده در وضعیت آناتومیک گرفته شد. برای آمادگی قبل از اجرای آزمون، شرکت‌کنندگان به مدت ۵ دقیقه از دوچرخه ثابت به منظور گرم کردن استفاده کردند. در شروع هر جلسه و قبل از شروع فرایند ثبت داده‌ها، دستگاه تردمیل تجهیز و کالیبره شد. سپس اندازه‌گیری در ایستگاه‌های از پیش تعیین شده آغاز گردید. برای آشنایی با تردمیل تجهیز شده و انتخاب سرعت راه رفتن، از آزمودنی‌ها درخواست شد که ۶ دقیقه روی تردمیل راه بروند (۲۴). سرعت راه رفتن برای هر آزمودنی سرعت خودانتخابی و معمول وی بود که در همه آزمایش‌هایش حفظ شد. هر یک از شرکت‌کنندگان چهار آزمایش را به صورت تصادفی کامل کرد (برای هر آزمودنی ترتیب آزمون بر روی یک کاغذ نوشته شد و در داخلی جعبه قرار گرفت. سپس کاغذها به طور تک‌تک خارج گردید تا زمانی که حجم نمونه مورد نظر برای هر فردکامل شود.

چهار آزمایش در ادامه عنوان شده است.

۱- راه رفتن بدون کوله‌پشتی روی تردمیل با شیب صفر درجه

۲- راه رفتن با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن روی تردمیل با شیب صفر درجه

۳- راه رفتن بدون کوله‌پشتی روی تردمیل با شیب ۱۵- درجه

۴- راه رفتن با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن روی تردمیل با شیب ۱۵- درجه

هر یک از آزمایش‌ها به مدت ۲ دقیقه طول کشید و ۲۰ ثانیه پایانی آن بدون اطلاع شرکت‌کننده ثبت گردید. با توجه به این که داده‌های کینماتیکی ۲۰ ثانیه انتهای گیت هر فرد ثبت شد، هر ۲۰ ثانیه حداقل دارای ۱۵ سیکل بود که یک تریال بر اساس میانگین تریال‌ها برای هر فرد برداشته شد (۲۴). همه اندازه‌گیری‌ها برای هر شرکت‌کننده در یک جلسه کامل شد تا اثر تغییرات روزانه کنترل گردد. شرکت‌کنندگان آزاد بودند که در بین آزمایش‌ها استراحت کنند. برای فیلتر کردن داده‌ها پس از ثبت و ذخیره آن‌ها، نشانه‌گذاری نشانگرها و از بین بردن فواصل بین مسیر ثبت نشانگرها، از نرم‌افزار Cortex (Cortex version 2.5.0.1160-64 bit) شرکت MotionAnalaysis، کشور آمریکا استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز از فیلم ضبط شده سه گام متوالی منتخب استخراج و سپس شاخص مورد نظر شامل دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی در صفحه ساجیتال محاسبه گردید. داده‌ها در نرم‌افزارهای Excel نسخه ۲۰۱۶ (Microsoft Corp. (Released 2016. Microsoft Office for Windows, Redmond, WA, USA و SPSS نسخه ۲۲ (version 22, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از آمار توصیفی میانگین و انحراف معیار برای توصیف داده‌ها و آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی توزیع داده‌ها استفاده شد. در صورت پیروی کردن توزیع داده‌ها از توزیع نرمال، از آزمون‌های Paired t و Repeated measures ANOVA به عنوان آزمون تعقیبی (Post-hoc) و در غیر این صورت از آزمون Wilcoxon در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده گردید.

یافته‌ها

نتایج آزمون Shapiro-Wilk نشان داد که داده‌های مطالعه از توزیع نرمال پیروی کردند. بنابراین، تحلیل داده‌ها با روش‌های آماری پارامتریک انجام شد. اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان های در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک نمونه‌های مورد بررسی

متغیر	مقدار
تعداد شرکت‌کنندگان	۱۴
سن (سال)	۴۹/۲۳ ± ۲/۲۰
وزن (کیلوگرم)	۷۴/۰۹ ± ۳/۸۳
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۷۱ ± ۴/۱۶
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۲/۴۰ ± ۱/۱۶
سابقه کوهنوردی (سال)	۹/۰۳ ± ۴/۰۲

BMI: Body mass index

داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

نتایج دامنه حرکتی در اندام تحتانی بر روی شیب صفر و ۱۵- درجه با و بدون کوله‌پشتی در جدول شماره ۲ ارایه شده است.

نتایج مقایسه وضعیت‌های مورد بررسی در آزمون Paired t در جدول ۳ آمده است. بر این اساس، در شیب صفر درجه، بین دامنه حرکتی مفاصل ران و مچ پا با و بدون کوله‌پشتی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (به ترتیب P = ۰/۵۸۶ و P = ۰/۰۷۷).

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۲. مقایسه دامنه حرکتی در اندام تحتانی بر روی شیب صفر و ۱۵- درجه با و بدون کوله‌پشتی

مفصل	شیب سطح (درجه)	وجود کوله‌پشتی با ۲۵ درصد وزن بدن	دامنه حرکتی (درجه) (میانگین ± انحراف معیار)	مقدار P (مقایسه دو حالت کوله‌پشتی)	مقدار P (مقایسه شیب)
مچ پا	صفر	دارد	۲۵/۸۵ ± ۲/۰۴	۰/۲۷۰	۰/۰۰۱
		ندارد	۲۶/۰۴ ± ۲/۱۲		۰/۱۰۰
	۱۵-	دارد	۱۶/۷۰ ± ۱/۱۹	۰/۰۱۲	
		ندارد	۲۳/۲۵ ± ۲/۰۰		
	مقدار P* (بین ۴ وضعیت مورد بررسی)		۰/۰۰۲		
زانو	صفر	دارد	۵۷/۲± ۵/۰۷	۰/۰۳۰	< ۰/۰۰۱
		ندارد	۶۴/۸± ۷/۲۶		۰/۰۰۱
	۱۵-	دارد	۴۶/۸۲ ± ۳/۷۲	۰/۰۰۱	
		ندارد	۵۵/۹۰ ± ۵/۲۰		
	مقدار P* (بین ۴ وضعیت مورد بررسی)		< ۰/۰۰۱		
ران	صفر	دارد	۳۸/۱۶ ± ۶/۱۱	۰/۱۷۰	۰/۰۵۲
		ندارد	۴۰/۲۹ ± ۴/۱۸		۰/۰۳۵
	۱۵-	دارد	۲۸/۷۰ ± ۷/۵۷	۰/۰۱۴	
		ندارد	۳۴/۳۰ ± ۲/۳۶		
	مقدار P* (بین ۴ وضعیت مورد بررسی)				

*آزمون Repeated measures ANOVA

دامنه حرکتی مفاصل ران و مچ پا در شیب ۱۵- درجه با کوله‌پشتی به طور معنی‌داری کمتر از شرایط بدون کوله‌پشتی بود (برای مفصل ران P = ۰/۰۴۴ و برای مفصل مچ پا P = ۰/۰۰۷). در صورت استفاده از کوله‌پشتی، دامنه حرکتی مفصل زانو در شیب صفر درجه (P = ۰/۰۳۸) و ۱۵- درجه (P = ۰/۰۲۹) به طور معنی‌داری کمتر از حالت بدون کوله‌پشتی بود.

با توجه به نتایج آزمون Paired t، برای مفصل مچ پا در حالت بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن، تفاوت معنی‌داری در دامنه حرکتی بین دو شیب وجود نداشت (P = ۰/۰۶۷)، اما در وضعیت با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P = ۰/۰۳۲). نتایج در مورد مفاصل زانو و ران نشان داد که در هر دو حالت با و بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن، تفاوت معنی‌داری در دامنه حرکتی بین دو شیب وجود داشت. برای مفصل زانو، P = ۰/۰۱۲ در وضعیت با کوله‌پشتی و P = ۰/۰۲۵ در وضعیت بدون کوله‌پشتی گزارش شد. همچنین، برای مفصل ران، P = ۰/۰۰۶ در وضعیت با کوله‌پشتی و P = ۰/۰۱۵ در وضعیت بدون کوله‌پشتی بود.

بحث

مطالعات زیادی سعی در بررسی اثرات حمل بار کوله‌پشتی با اوزان مختلف بر کینماتیک مفاصل اندام تحتانی روی سطح صاف داشته‌اند (۲۳، ۲۲، ۲۰)، اما تاکنون اثرات حمل کوله‌پشتی در سطح شیب‌دار بر دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی در کوهنوردان به طور جامع بررسی نشده است. با این حال، درک این نکته مهم است که حمل کوله‌پشتی در سطح شیب‌دار سخت‌تر و پرچالش‌تر از راه رفتن روی سطح صاف می‌باشد. زمین‌های شیب‌دار می‌توانند تأثیرات بیشتری نسبت به سطح صاف بر روی دامنه حرکتی مفاصل ایجاد کنند (۷). بنابراین، هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر، مقایسه دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی روی سطوح صاف و شیب‌دار در کوهنوردان میانسال با و بدون کوله‌پشتی بود.

طبق یافته‌های به دست آمده، در شیب منفی صفر درجه، تغییر معنی‌داری در دامنه حرکتی مفصل مچ پا با و بدون حمل کوله‌پشتی مشاهده نشد که با نتایج مطالعات پیشین (۲۷-۲۵) همسو بود. می‌توان نتیجه گرفت که حمل کوله‌پشتی در این شرایط ممکن است تأثیر چشمگیری بر دامنه حرکتی مفصل مچ پا نداشته باشد.

جدول ۳. نتایج آزمون Paired t دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی در شیب صفر و ۱۵- درجه با و بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن

مفصل	شیب سطح (درجه)	تفاوت دامنه حرکتی (درجه) (میانگین ± انحراف معیار)	آماره T	درجه آزادی	مقدار P
مچ پا	صفر	۲/۳۴± ۱/۱۱	۱/۹۰	۱۱	۰/۰۷۷
	۱۵-	۲/۰۴ ± ۱/۵۹	۳/۱۱	۱۱	*۰/۰۰۷
زانو	صفر	۴/۰۷ ± ۲/۱۹	۲/۱۵	۱۱	*۰/۰۳۸
	۱۵-	۳/۲۶ ± ۴/۴۵	۲/۴۰	۱۱	*۰/۰۲۹
ران	صفر	۴/۳۸ ± ۲/۰۰	۱/۵۱	۱۱	۰/۵۸۶
	۱۵-	۴/۲۹ ± ۰/۷۲	۵/۶۲	۱۱	*۰/۰۴۴

*P < ۰/۰۵

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۴. نتایج آزمون Paired t دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی با و بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن در شیب صفر و ۱۵- درجه

مفصل	وجود کوله‌پشتی	تفاوت دامنه حرکتی (درجه) (میانگین ± انحراف معیار)	آماره T	درجه آزادی	مقدار P
مچ پا	با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن	۱/۲۰ ± ۲/۰۵	۱/۲۵	۱۱	۰/۰۳۲*
	بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن	۵/۱۱ ± ۳/۱۷	۲/۲۰	۱۱	۰/۰۶۷
زانو	با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن	۲/۳۵ ± ۴/۸۱	۰/۲۸	۱۱	۰/۰۱۲*
	بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن	۵/۲۵ ± ۲/۶۰	۲/۹۵	۱۱	۰/۰۲۵*
ران	با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن	۶/۴۶ ± ۳/۱۲	۰/۶۹	۱۱	۰/۰۰۶*
	بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن	۹/۴۲ ± ۷/۹۳	۰/۸۹	۱۱	۰/۰۱۵*

*P < ۰/۰۵

نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش بار در طول یک چرخه کامل راه رفتن، می‌تواند باعث افزایش قابل توجهی در دامنه حرکتی مفصل مچ پا شود (۲۴، ۴) که با نتایج بررسی حاضر همخوانی نداشت. تفاوت‌های ممکن در روش‌شناسی پژوهش‌ها، نمونه‌برداری، شرایط تست و شاخص‌های ارزیابی می‌توانند منجر به بروز اختلافات در نتایج شوند. بنابراین، برای بررسی دقیق‌تر تأثیر حمل کوله‌پشتی در شیب منفی صفر درجه بر دامنه حرکتی مفصل مچ پا، نیاز به انجام مطالعات بیشتر و در نظر گرفتن عوامل متغیر دیگر در طراحی تحقیقات آینده وجود دارد.

دامنه حرکتی مفصل مچ پا در شیب ۱۵- درجه با کوله‌پشتی، به طور معنی‌داری کمتر از حالت بدون کوله‌پشتی بود. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد حمل کوله‌پشتی در شیب منفی (سراشیبی)، باعث کاهش دامنه دورسی فلکشن و افزایش پلنتار فلکشن مفصل مچ پا می‌شود.

نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که حمل کوله‌پشتی در شیب ممکن است تغییراتی در سینماتیک مفصل مچ پا ایجاد کند. در شرایط راه رفتن در سربالایی، دامنه حرکت ساژیتال مفصل مچ پا با حمل کوله‌پشتی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (۲۴، ۴) که با توجه به کاهش دامنه حرکتی مفصل مچ پا در شیب ۱۵- درجه در یافته‌های مطالعه حاضر، می‌توان این نتایج را با نتایج بررسی حاضر همسو دانست. باید توجه داشت که کاهش دامنه حرکتی مفصل مچ پا ممکن است به الگوهای حرکتی تغییر یافته نیاز داشته باشد که ممکن است تعادل را به خطر بیندازد و توانایی عملکردی را محدود کند (۲۸). بنابراین، حفظ دامنه حرکتی سالم در مفصل مچ پا برای جلوگیری از صدمات و حفظ توانایی عملکردی مهم است.

بیشترین تفاوت اندازه‌گیری شده در اندام تحتانی بین شیب صفر و ۱۵- درجه با و بدون کوله‌پشتی مربوط به مفصل زانو مشاهده شد. حمل کوله‌پشتی در سطح صاف و شیب منفی باعث کاهش دامنه حرکتی مفصل زانو در حین راه رفتن نسبت به وضعیت بدون کوله‌پشتی شد. در واقع، میزان خم شدن زانو با افزایش وزن کوله‌پشتی، به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج سایر تحقیقات (۳۲-۲۹، ۱۹) مطابقت داشت. گفته می‌شود خم شدن زانو بلافاصله پس از اولین تماس پا با زمین در هر قدم، به جذب نیروهای ضربه‌ای (Shock forces) کمک می‌کند و خم بودن زانو در حالت میانه استانس با پایین نگهداشتن مرکز جرم بدن، به حفظ ثبات کمک می‌نماید (۳۳). همچنین، افزایش زاویه خم شدن زانو ممکن است یک استراتژی برای جبران ناتوانی دورسی فلکسورهای مچ پا در کاهش نیروهای ضربه‌ای باشد (۳۳). با این وجود، باید به ارتباط بین آسیب مینیسک و میزان خم شدن زانو توجه داشت. محققان زیادی گزارش کرده‌اند که مینیسک‌های داخلی و خارجی، ۵۰ تا ۷۰ درصد از وزن بدن را هنگامی که زانو اکستند است، تحمل می‌کنند؛ در حالی که این مقدار در زانوی خم شده به ۸۵ تا ۹۰ درصد می‌رسد (۲۹). بنابراین، هرچه زانو بیشتر خم باشد، فشار بیشتری به مینیسک‌ها وارد خواهد شد (۳۴). در صورت به هم خوردن تعادل، کاهش دامنه حرکتی زانو در شیب‌های تندتر و افزایش بیشینه زاویه خم شدن زانو در سراشیبی، توانایی برگرداندن سریع تعادل کاهش (۲۵) و دامنه حرکت خم شدن زانو هنگام راه رفتن در سراشیبی روی سطح شیب‌دار افزایش می‌یابد. گفته می‌شود مفصل زانو کنترل‌کننده حرکات مفاصل مچ پا و ران می‌باشد (۲۶). زانو در راه رفتن، هم‌زمان کنترل تعادل، کمک به جدا شدن پا از زمین و جذب ضربه را بر عهده دارد (۳۵). با توجه به این که بیشترین تفاوت اندازه‌گیری شده در اندام تحتانی بین شیب صفر و شیب منفی با و بدون کوله‌پشتی مربوط به مفصل زانو مشاهده شد، به نظر می‌رسد که حمل کوله‌پشتی در حین راه رفتن در شیب، تأثیر قابل توجهی بر روی مفصل زانو داشته باشد. این تأثیرات می‌تواند شامل کاهش دامنه حرکت زانو، افزایش زاویه خم شدن زانو، کاهش تعادل ایستا و افزایش فشار و نیروهای ضربه باشد.

بیشینه فلکشن زانو در راه رفتن با حمل بار با شرایط بدون حمل بار متفاوت است؛ چرا که زانو در حین راه رفتن با کوله‌پشتی ممکن است تلاش کند تا با تغییر در پتانسیل زانو (مانند زاویه، نیرو یا فشار) عوارض شوک و بار را در مناطق دیگری از بدن کاهش دهد (۱۹). در صورت حمل بار با وزن ۲۵ درصد وزن بدن، نرخ بارگذاری زانو نسبت به وضعیت بدون بار کاهش می‌یابد و دلیل این مسأله ممکن است زاویه فلکشن مفصل زانو با وزن‌های بالاتر باشد (۲۷). در مطالعه‌ای میزان خم شدن زانو در مرحله استانس در شیب منفی، ۱۹ درصد افزایش نشان داد و بیش از مچ و ران اثر شیب منفی بر استانس را جبران کرد (۳۶). به نظر می‌رسد افزایش زاویه فلکشن زانو در میانه استانس نسبت به راه رفتن در سطح صاف، استراتژی مناسبی باشد که به فرد این امکان را می‌دهد با یکنواختی به راه رفتن با بار در سطح شیب‌دار ادامه دهد و متحمل استرس بدنی کمتری شود (۳۷). در حالی که کوهنوردان حداقل چندین ساعت در مسیر سراشیبی با کوله‌پشتی حرکت می‌کنند و احتمال استرین و بروز انواع شرایط پاتولوژیک برای آن‌ها وجود دارد (۷). به بیان دیگر، تغییرات کینماتیکی مفاصل زانو و مچ پا حین راه رفتن با حمل کوله‌پشتی می‌تواند نشانه اتخاذ ساز و کارهای جبرانی برای حفظ پایداری بدن باشد (۳۶، ۲۹).

تغییرات کینماتیکی مشاهد شده در مفاصل زانو و مچ پا حین راه رفتن با کوله‌پشتی ممکن است اثرات منفی بر عملکرد کوهنوردان داشته باشند؛ احتمال دارد آسیب‌های مختلف مانند استئوآرتریت، درد قدام زانو، نقصان رباط متقاطع

http://jrrs.mui.ac.ir

قدامی، ضعف، درد و گرفتگی عضلانی در مفاصل مچ پا، زانو و ران کوهنوردان با راه رفتن در شیب مرتبط باشد (۳۹، ۳۸)؛ به ویژه که وزن نیز در این میان تأثیرگذار است (۲۹). به هر حال، در پژوهش حاضر ارتباط بین حمل کوله‌پشتی با دردهای اسکلتی- عضلانی و یا میزان شیوع ناهنجاری‌های مختلف مورد بررسی قرار نگرفت و انجام مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد.

در مفصل ران مانند مچ پا، استفاده از کوله‌پشتی تنها در شیب ۱۵- درجه با کاهش معنی‌دار دامنه حرکتی مفصل همراه بود. به بیان دیگر، حمل کوله‌پشتی باعث کاهش دامنه حرکتی مفصل ران در حین راه رفتن در سراشیبی شد که با نتایج تحقیقات پیشین (۳۷) همخوانی داشت. علت کاهش دامنه حرکتی مفصل ران در سراشیبی ممکن است به دلیل افزایش فلکشن زانو و کاهش طول گام باشد (۳۷).

کاهش دامنه حرکتی در اندام تحتانی به ویژه دامنه حرکتی مفاصل ران و زانو یکی از علل اصلی سقوط به دلیل تأثیر سفتی ران بر دینامیک اندام تحتانی در حین راه رفتن است (۳۴). در واقع، کاهش دامنه حرکتی به دلیل پیامد سفت شدن واحد عضلانی- تاندونی و سفتی بافت‌های اطراف مفاصل می‌باشد که ارتباط مثبتی با شیوع زمین خوردن دارد (۴۰). کاهش دامنه مفاصل ران و مچ پا می‌تواند سبب تغییرات کینماتیکی و یک استراتژی جهت حفظ تعادل و مرکز ثقل بر روی سطح اتکا باشد (۴۱).

طبق نتایج مورد ارزیابی، در حالت بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن، تغییر معنی‌داری در دامنه حرکتی مفصل مچ پا حرکتی بین دو شیب مشاهده نشد، اما در وضعیت با کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن، تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

این نتایج با مطالعات پیشین در مورد تأثیر بار کوله‌پشتی بر حرکت راه رفتن در دختران نوجوان عادی تناقض دارد. در تحقیقات قبلی مشخص شده است که بار کوله‌پشتی تأثیر معنی‌داری بر دامنه حرکتی مفصل مچ پا ندارد (۴۲). همچنین، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که حمل کوله‌پشتی می‌تواند به طور قابل توجهی بر کینماتیک و کینتیک مفصل مچ پا در طول راه رفتن تأثیر بگذارد و دامنه حرکتی مفصل را در جهت‌های خاصی تغییر دهد (۳۰).

علاوه بر این، نتایج تحقیقات نشان داده است که هنگام بارگذاری نامتقارن کوله‌پشتی اوج دورسی فلکشن مفصل مچ پا افزایش می‌یابد (۳۱). همچنین، بارگذاری مفصل مچ پا در طول فعالیت‌های روزمره و ورزشی، می‌تواند تغییراتی در دامنه حرکتی این مفصل ایجاد کند (۳۴، ۳۳) که با یافته‌های بررسی حاضر همسو می‌باشد.

نتایج در مورد مفاصل زانو و ران نشان داد که در هر دو حالت با و بدون کوله‌پشتی به جرم ۲۵ درصد وزن بدن، تفاوت معنی‌داری در دامنه حرکتی بین دو شرایط در شیب صفر و ۱۵- درجه وجود داشت که با یافته‌های مطالعات پیشین (۲۰، ۱۳) مشابه بود. می‌توان نتیجه گرفت که حمل کوله‌پشتی در این شرایط ممکن است تأثیر چشمگیری بر دامنه مفاصل زانو و ران داشته باشد. با توجه به نتایج آزمون Paired t، به نظر می‌رسد تأثیر شیب بر دامنه حرکتی مفاصل زانو و ران اهمیت بیشتری دارد. نتایج نشان داد که وزن کوله‌پشتی نیز تأثیر معنی‌داری بر دامنه حرکتی مفصل مچ پا دارد، اما در مجموع می‌توان گفت که اثر شیب از اثر وزن کوله‌پشتی در تغییرات دامنه حرکتی مفاصل زانو و ران مهم‌تر است. به نظر می‌رسد در تحقیقات باید به هر دو عامل شیب و وزن کوله‌پشتی توجه گردد.

محدودیت‌ها

از آن‌جایی که پژوهش حاضر اولین گام در بررسی تأثیر یک سطح شیب‌دار بر کشش و کینماتیک کوهنوردان بود، از یک سطح تمیز و صاف استفاده شد که در پیاده‌روی در دنیای واقعی در خارج از منزل و به ویژه در کوه چنین نخواهد بود. در حین پیاده‌روی در کوه، زمین ممکن است با سنگ‌های سست و خاک پوشیده شده باشد که باعث ناهموار بودن زمین می‌شود و رابط سطح کفش را آلوده می‌کند. همه این عوامل بر کشش مورد نیاز، پتانسیل لغزش و کینماتیک راه رفتن در سطح شیب‌دار تأثیر خواهد گذاشت.

رابطه بسیار قوی بین استفاده از کوله‌پشتی‌های سنگین و نامناسب با آسیب‌های اسکلتی- عضلانی وجود دارد که عامل مهمی برای افزایش کمردرد و پشت درد (Thoracic Pain) در کوهنوردان است (۳۵، ۹).

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از سیستم‌های آنالیز حرکت پوشیدنی Inertial measurement unit (IMU) به منظور ثبت کینماتیک حرکت در خارج از محیط آزمایشگاه استفاده شود. این حسگرها به دلیل قابلیت حمل آسان، امکان ثبت داده در محیط خارج از آزمایشگاه و در محیط تمرین ورزشکاران، موجب می‌شود عملکرد بازیکن به عملکرد واقعی او در طی تمرین و مسابقه نزدیک‌تر باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، حمل کوله‌پشتی با ۲۵ درصد وزن بدن در شیب منفی، تأثیرات معنی‌داری بر دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی دارد و در نتیجه، ممکن است برای حمل به خصوص در سراشیبی چندان مناسب نباشند. نتایج پژوهش نشان داد که شیب منفی اثراتی به مراتب بیشتر از وزن بار بر روی دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی به ویژه مفصل مچ پا در کوهنوردان میانسال دارد. تصور عمومی این است که راه رفتن در سرپایینی فشار کمتری به بدن وارد می‌کند که نتیجه مطالعه حاضر بر خلاف این تصور عمومی بود. تغییرات ایجاد شده در دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی بر اثر حمل کوله‌پشتی در شیب منفی، چالش‌انگیز بودن این تکلیف را نسبت به وضعیت حمل کوله‌پشتی در سطح صاف نشان داد. به نظر می‌رسد استفاده از کوله‌پشتی‌هایی با وزن کم و اصلاح شیوه حمل آن، می‌تواند از راهکارهای مناسب برای کوهنوردان به منظور جلوگیری از آسیب و بهبود عملکرد باشد.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی با شماره ۲۸۹۲۵۰۴، مصوب دانشگاه باهنر کرمان می‌باشد. بدین وسیله از تمام کوهنوردانی که به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی مطالعه: محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد
تهیه منابع مالی برای مطالعه: محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد

http://jrrs.mui.ac.ir

پشتیبانی علمی و اجرایی: محمدرضا امیر سیف‌الدینی، محمدتقی امیری خراسانی
جمع‌آوری اطلاعات: محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد
تجزیه و تحلیل و تفسیر نتایج: محمدرضا امیر سیف‌الدینی، محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد، حامد فدایی
خدمات تخصصی آمار: حامد فدایی
تنظیم دست‌نوشته: محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد، محمدرضا امیر سیف‌الدینی، محمدتقی امیری خراسانی، حامد فدایی
ارزیابی علمی- تخصصی نسخه خطی: محمدرضا امیر سیف‌الدینی، محمدتقی امیری خراسانی، محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد، حامد فدایی
تأیید نسخه نهایی برای ارسال به سایت مجله: محمدرضا امیر سیف‌الدینی، محمدتقی امیری خراسانی، محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد، حامد فدایی
حفظ یکپارچگی فرایند مطالعه از ابتدا تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: محمدرضا امیر سیف‌الدینی، محمدتقی امیری خراسانی، محمدباقر مهدوی خلیل‌آباد، حامد فدایی

منابع مالی
پژوهش حاضر بر اساس تحلیل بخشی از اطلاعات مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی با شماره ۲۸۹۲۵۰۴ و کد اخلاق IR.UK.REC.1401.003، مصوب دانشگاه باهنر کرمان و بدون حمایت مالی این دانشگاه تنظیم گردید. دانشگاه در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع
نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

References
1. Howatson G, Hough P, Pattison J, Hill JA, Blagrove R, Glaister M, et al. Trekking poles reduce exercise-induced muscle injury during mountain walking. Med Sci Sports Exerc 2011; 43(1): 140-5.
2. Gasser B. Deathly accidents while high-altitude mountaineering in the Swiss Alps-An observational analysis from 2009 to 2021. Int J Environ Res Public Health 2022; 19(19): 12498.
3. Strutzenberger G, Leutgeb L, Claussen L, Schwameder H. Gait on slopes: Differences in temporo-spatial, kinematic and kinetic gait parameters between walking on a ramp and on a treadmill. Gait Posture 2022; 91: 73-8.
4. 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.
5. Rosa RGD, 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.
6. D'Addio G, Dionisi L, Pagano G, Mercogliano L, Cesarelli M, Cesarelli G. Effects of the school backpack on walking kinematics: A mechanical overload potentially causing musculoskeletal disorders in developmental age?. G Ital Med Lav Ergon 2020; 42(3): 201-7. [In Italian].
7. Barbosa J, Marques M, Forte P, Santos C, Neiva H, Izquierdo M, et al. Effects of a modified backpack model on ground reaction forces in children of different ages during walking and running. J Mens Health 2022; 18(5): 109.
8. Huang L, Yang Z, Wang R, Xie L. Physiological and biomechanical effects on the human musculoskeletal system while carrying a suspended-load backpack. J. Biomech 2020; 108: 109894.
9. Suri C, Shojaei I, Bazrgari B. Effects of school backpacks on spine biomechanics during daily activities: A narrative review of literature. Hum Factors 2020; 62(6): 909-18.
10. Wang J, Stephenson ML, Hass CJ, Janelle CM, Tillman MD. Carrying asymmetric loads while walking on a treadmill interferes with lower limb coordination. Int J Environ Res Public Health 2021; 18(9).
11. Alexander N, Schwameder H. Lower limb joint forces during walking on the level and slopes at different inclinations. Gait Posture 2016; 45: 137-42.
12. Dewolf AH, Ivanenko YP, Zelik KE, Lacquaniti F, Willems PA. Differential activation of lumbar and sacral motor pools during walking at different speeds and slopes. J Neurophysiol 2019; 122(2): 872-87.
13. Liu Y, Qiang L, Song Q, Zhao M, Guan X. Effects of backpack loads on leg muscle activation during slope walking. Appl Sci 2020; 10: 4890.
14. 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.
15. 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. [In Persian].
16. Najafian Najafabadi M, Sadeghi H, Tehrani P. The effect of backpack carriage on selected biomechanical variables of lower extremity of girls and boys with 7-10 years age during walking. Journal of Rehabilitation Medicine 2021; 10(4): 724-37. [In Persian].
17. Li SSW, Chan OHT, Ng TY, Kam LH, Ng CY, Chung WC, et al. Gender differences in energy expenditure during walking with backpack and double-pack loads. Hum Factors 2018; 61(2): 18720818799190.

18. 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.
19. Harman EA, Frykman PN, Knapik JJ, Han K-H. 785 backpack vs. front-back pack: Differential effects of load on walking posture. Med Sci Sport Exerc 1994; 26(5): S140.
20. Harman E, Hoon K, Frykman P, Pandorf C. The effects of backpack weight on the biomechanics of load carriage. Natick, MA: Military Perfomance Divisin, US Army Research Institute of Environmental Medicine; 2000.
21. Drain J, Attwells R, Orr R, Billing D. Load carriage capacity of the dismounted combatant - a commander's guide (DSTO-TR-2765). Fairbairn, Canberra, Australia: Defence Science and Technology Organisation; 2012.
22. Oberhofer K, Wettenschwiler PD, Singh N, Ferguson SJ, Annaheim S, Rossi RM, et al. The influence of backpack weight and hip belt tension on movement and loading in the pelvis and lower limbs during walking. Appl Bionics Biomech 2018; 2018: 4671956.
23. 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.
24. Genitrini M, Dotti F, Bianca E, Ferri A. Impact of backpacks on ergonomics: Biomechanical and physiological effects: A narrative review. Int J Environ Res Public Health 2022; 19(11).
25. Brady L, Carse B, Morrison D, Morton A, Porteous N, Scott H. WestMARC Knee Guide for the Prosthetic Multidisciplinary Team [Online]. [cited 2020]; Available from: URL: http://www.knowledge.scot.nhs.uk/westmarckneeguide.aspx
26. Sadeghi H, Prince F, Zabjek KF, Sadeghi S, Labelle H. Knee flexors/extensors in gait of elderly and young able-bodied men (II). Knee 2002; 9(1): 55-63.
27. 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.
28. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, O'Sullivan SB. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: A correlational study. Phys Ther 2000; 80(10): 1004-11.
29. Ahmadi E, Atashak S. Kinematic changes in walking of male students with lumbar lordosis after carrying backpacks with different weights. Proceeding of the 2nd National Conference of Applied Sports and Health Sciences; 2006 Sep 29; Tabriz, Iran. [In Persian].
30. Ghamari Hoveyda SS, Babakhani F, hajilou b, Anbarian M. The effect of backpack carriage with different loads on kinematics variables during walking in elementary school students in Hamedan city. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport 2018; 5(10): 87-97. [In Persian].
31. Özgül B, Akalan E, Kuchimov S, Uygur F, Temelli Y, Polat MG. During asymmetrical backpack loading: Is unloaded side of body segments truly unloaded? J Biomech 2011; 44(Suppl 1): 7.
32. Ozgul B, Akalan NE, Kuchimov S, Uygur F, Temelli Y, Polat MG. Effects of unilateral backpack carriage on biomechanics of gait in adolescents: A kinematic analysis. Acta Orthop Traumatol Turc 2012; 46(4): 269-74.
33. Panoutsakopoulos V, Kotzamanidou MC, Papaiakovou G, Kollias IA. The ankle joint range of motion and its effect on squat jump performance with and without arm swing in adolescent female volleyball players. J Funct Morphol Kinesiol 2021; 6(1): 14.
34. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. Orthop Trauma 2016; 30(3): 232-8.
35. Toghroli R, Reisy L, Mansourian M, Azar FEF, Ziapour A, Mehedi N, et al. Backpack improper use causes musculoskeletal injuries in adolescents: A systematic review. J Educ Health Promot 2021; 10: 237.
36. Montgomery JR, Grabowski AM. The contributions of ankle, knee and hip joint work to individual leg work change during uphill and downhill walking over a range of speeds. R Soc Open Sci 2018; 5(8): 180550.
37. Caster BL. The effects of height and post-landing movement task on lower extremity landing biomechanics [PhD Thesis]. Eugene, OR: University of Oregon; 1996.
38. Morales B. The effect of backpack load on gait biomechanics in college-aged individuals [MSc Thesis]. Corpus Christi, TX: Texas A&M University - Corpus Christi; 2023.
39. Hall M, Boyer ER, Gillette JC, Mirka GA. Medial knee joint loading during stair ambulation and walking while carrying loads. Gait Posture 2013; 37(3): 460-2.
40. Zarei H, Norasteh AA, Koohboomi M. The relationship between muscle strength and range of motion in lower extremity with balance and risk of falling in elderl. Physical Treatment 2020; 10(1): 33-40. [In Persian].
41. Valizadeh A. The effect of fatigue on coordination and change of coordination between trunk-pelvis-thigh while running at different speeds on a treadmill in active men and women. [MSc Thesis]. Tehran, Iran: Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University; 2017. [In Persian].
42. 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.

DOI: 10.48305/jrrs.2023.41417.1025 Published by Vesnu Publications

Comparison of Range of Motion of Lower Limb Joints during Walking on Flat and Sloping Surfaces in Middle-Aged Climbers with and without Backpacks: Quasi-Experimental Study

Mohammadbagher Mahdavikhalilabad[1], Mohammadreza Amirseyfaddini[2], Mohammadtaghi Amiri-Khorasani[2], Hamed Fadaei[3]

Original Article

Abstract

Introduction: Understanding the biomechanical impact of carrying a backpack when walking downhill can be valuable in designing injury prevention programs and physical preparation plans. The aim of this study was to compare the range of motion of lower limb joints during walking on flat and sloped surfaces in middle-aged climbers with and without backpacks.

Materials and Methods: In the present study, 14 middle-aged mountaineers performed 4 walking trials with and without a backpack on a treadmill with a slope of 0 degrees and a negative slope of 15 degrees. Three-dimensional motion analysis system was used to record kinematic data. The range of motion (ROM) of the ankle, knee, and thigh joints was processed in the sagittal plane. If data followed a normal distribution, paired t-test was used.

Results: On a slope of -15 degrees with a backpack, hip joint (P = 0.044) and ankle joint (P = 0.007) ROM was significantly lower than without a backpack. In the case of using a backpack, knee joint ROM was significantly lower on a 0 degree slope (P = 0.038) and -15 degrees slope (P = 0.029) compared to without a backpack. Moreover, ankle joint ROM significantly differed only when using a backpack (P = 0.032). Furthermore, for the knee and thigh joints, there was a significant difference in the ROM between slopes with (P = 0.006 and P = 0.012, respectively) and without a backpack (P = 0.025 and P = 0.015 respectively).

Conclusion: Carrying a backpack with 25% of the body weight on a negative slope has significant effects on the ROM of the lower limb joints. It seems that negative slope may have far greater effects than load on the ROM of the lower limb joints, especially the ankle joint in middle-aged climbers. Since downhill descent is a part of every climbing program, using a light backpack and optimizing the style of carrying the backpack is recommended to climbers to prevent injuries and improve performance.

Keywords: Walking; Backpacking; Range of motion; Negative slope; Climbers; Middle-aged

Citation: Mahdavikhalilabad M, Amirseyfaddini M, Amiri-Khorasani M, Fadaei H. **Comparison of Range of Motion of Lower Limb Joints during Walking on Flat and Sloping Surfaces in Middle-Aged Climbers with and without Backpacks: Quasi-Experimental Study.** J Res Rehabil Sci 2022; 18: 75-83.

Received date: 04.04.2022 Accept date: 02.05.2022 Published: 06.07.2022

1- MSc, Department of Biomechanics and Sports Pathology, School of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Sports Biomechanics, School of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- MSc, Department of Biomechanics and Sports Pathology, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran
Corresponding Author: Mohammadbagher Mahdavikhalilabad; MSc, Department of Biomechanics and Sports Pathology, School of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran; Email: rokhsareh. mahdavim326@gmail.com