

تاثیر تغییر در طراحی تخت کفش بر پایداری انسان در حین راه رفتن

*مهندس منصور ضیائی: کارشناس ارشد ارگونومی، مربی و عضو هیئت علمی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران (مؤلف مسئول). Ziaei.mansour@gmail.com

دکتر سید فرهاد طباطبایی قمشه: استادیار و متخصص بیومکانیک، گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران. tabatabai@aut.ac.ir

دکتر حمیدرضا مختاری‌نیا: استادیار و متخصص فیزیوتراپی، گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران. hrmokhtarinia@yahoo.com

دکتر مریم مقصودی‌پور: استادیار و متخصص طب کار، گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران. maryammaghsoudi@yahoo.com

مهندس مصطفی حمزئیان زیارانی: کارشناس ارشد ارگونومی، مربی و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی کار قزوین، قزوین، ایران. m.hamzeiyan@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۳

چکیده

زمینه و هدف: کفش تنها محل تماس پا با زمین است و هر تغییری در آن بر روی ثبات بدن و کنترل تعادل فرد در حین راه رفتن اثر مستقیم می‌گذارد. ریسک لغزیدن و افتادن مربوط به جنس کفش، ویژگی‌های سطح راه رفتن و طراحی هندسی تخت کفش می‌باشد. هدف این تحقیق سنجش تاثیر عمق‌های مختلف شیار تخت کفش بر روی پایداری حین راه رفتن بر روی دو سطح خشک و لغزنده می‌باشد.

روش کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۲ مرد جوان با میانگین سنی 24.5 ± 3.43 سال با کفش استاندارد آکسفورد با سه عمق متفاوت شیارهای تخت کفش بر روی دو سطح خشک و لیز راه رفتند و در کل ۶ حالت مختلف آزمایش را انجام دادند. داده‌ها با استفاده از دو دستگاه آنالیز حرکت و صفحه نیرو جمع‌آوری گردید. فرکانس نوسانات مفصل مچ پا و ضریب اصطکاک به عنوان معیارهای میزان پایداری مورد محاسبه قرار گرفتند. آزمون آماری مورد استفاده شامل تی‌توزی بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بر روی هر دو سطح خشک و لیز، افزایش عمق شیارهای تخت کفش منجر به افزایش ضریب اصطکاک بین کفش و سطح و کاهش نوسانات مفصل مچ پا در حین راه رفتن می‌شود ($p < 0.05$). همچنین ضریب اصطکاک بر روی سطح لیز به طور معناداری کمتر از سطح خشک بود ($p < 0.01$).

نتیجه‌گیری: هدف این مطالعه یافتن عمق شیار برای پایداری بهینه بوده و با توجه به سه عمق شیار تخت کفش مورد آزمایش، به نظر می‌رسد عمق شیار ۵ میلی متر برای کاهش نوسانات مفصل مچ پا و افزایش اصطکاک مناسب‌تر می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تعادل، لغزندگی، عمق شیار تخت کفش، شرایط سطح، پایداری.

مقدمه

طراحی کفش مناسب و سطح مقاوم در برابر لغزندگی توجه کرد (۱).

کفش با مقاومت کم در برابر لغزندگی یکی از عوامل اصلی در لیز خوردن و افتادن کارمندان اداره پست می‌باشد (۲). لغزیدن هنگامی به وجود می‌آید که اصطکاک موجود بین تخت کفش با سطح از اصطکاک مورد نیاز برای راه رفتن کمتر باشد (۳). پیشگیری از حوادث لغزندگی نیاز به ایجاد اصطکاک کافی با استفاده از ترکیب مناسب کفش و سطح راه رفتن دارد و اگرچه فاکتورهای زیادی در بروز این حوادث نقش دارند اما خود کفش یکی از فاکتورهای مهم موثر در پایداری و تعادل فرد است (۱). هنگام راه رفتن بر روی سطح

با پوشیدن کفش مناسب می‌توان پارامترهای مرتبط با راه رفتن را به گونه‌ای مطلوب تغییر داد و از آسیب‌های ناشی از پوشیدن کفش نامناسب جلوگیری کرد. کفش با ثابت نگه داشتن مچ پا و افزایش سطح اتکا باعث افزایش ثبات اندام تحتانی و در نتیجه تعادل کل بدن در حین راه رفتن می‌شود. توجه به ساختار مناسب کفش از این جنبه حائز اهمیت است که تاثیر مهمی در حفظ تعادل و جلوگیری از زمین خوردگی افراد دارد. حوادث لیز خوردن و افتادن به طور اساسی مرتبط با ایمنی و ارگونومی در محیط کار و مکان‌های عمومی می‌باشد و برای پیشگیری از آن باید به

از آسیب‌ها و اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از لیز خوردن و افتادن در محیط‌های کار صنعتی، اداری و مکان‌های عمومی (به‌خصوص در فصل زمستان) می‌باشد، مداخله ارگونومی در طراحی یک کفش مقاوم در برابر لغزندگی می‌تواند از بسیاری از این حوادث در محیط‌های مختلف پیشگیری کند یا اینکه از شدت پیامد آن‌ها بکاهد. یکی از اهداف مهم ارگونومی، پیشگیری از لیز خوردن و افتادن در محیط‌های کار صنعتی، اداری و مکان‌های عمومی (به‌خصوص در فصل زمستان) می‌باشد، بنابراین مداخله ارگونومی در طراحی یک کفش مقاوم در برابر لغزندگی می‌تواند از بسیاری از این حوادث در محیط‌های مختلف پیشگیری کند. یک کفش مناسب برای سطوح خشک و لغزنده نیاز به طراحی بهینه تخت کفش از جهات مختلف دارد که ابعاد شیارهای تخت کفش یکی از فاکتورهای موثر بر ضریب اصطکاک بین کفش و سطح راه رفتن می‌باشد.

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر عمق‌های مختلف شیار تخت کفش بر روی ضریب اصطکاک و میزان نوسانات مفصل مچ پا در حین راه رفتن بر روی سطوح خشک و لغزنده می‌باشد و در نهایت، عمق شیار که برای پایداری انسان در حین راه رفتن مطلوب‌تر باشد پیشنهاد می‌گردد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی و از نوع اندازه‌گیری‌های مکرر آزمایشگاهی می‌باشد. نمونه‌گیری افراد به صورت غیر احتمالی ساده بود.

خیس یا آغشته به مایعات، تماس کامل بین تخت کفش با سطح راه رفتن به دلیل وجود مایعات برقرار نشده و منجر به کاهش اصطکاک بین این دو سطح می‌شود (۴). تعیین ضریب اصطکاک یا اندازه‌گیری اصطکاک در مطالعات لغزش‌شناسی به صورت ویژه مورد توجه می‌باشد (۵). شیارهای تخت کفش باید به اندازه کافی پهن و عمیق باشند تا مایعات زیر کفش را به بیرون برانند و از لیز خوردن پیشگیری کنند (۴ و ۶).

کفش با ساختارهای مختلف (جنس، نرمی و سفتی تخت کفش، ارتفاع پاشنه، پهنای زیره، شکل و ابعاد شیارهای تخت کفش) بر روی ثبات بدن و کنترل تعادل اثر مستقیم می‌گذارد. طرح شیارهای تخت کفش برای راه رفتن ایمن بر روی سطوح آغشته شده با مایعات، یک ضرورت است و ویژگی تخت کفش به عنوان یک فاکتور اساسی تأثیر گذارنده بر مقاومت کفش در برابر لیز خوردن می‌باشد (۷).

با آنالیزهای بیومکانیکی (مثل آنالیز راه رفتن) می‌توان فاکتورهای انسانی موثر در لغزیدن و افتادن و تعامل پیچیده آن‌ها با فاکتورهای محیطی را بررسی کرد (۸ و ۹). تأثیر مکانیزم‌های مختلفی که محققان برای کاهش لغزش تخت کفش با زمین ارائه نموده‌اند در صورتی قابل اتکا و بهینه است که از دیدگاه طراحی انسان محور (Human centered design) در علم ارگونومی، به صورت عملی بر روی پای انسان و در حین حرکت اعمال شود و از دیدگاه پایداری بررسی شود. در راستای یکی از اهداف ارگونومی که پیشگیری



تصویر ۱- دستگاه آنالیز حرکت با ۶ دوربین مادون قرمز

شیارهای ۱ میلی‌متر بر روی سطح خشک و سطح لیز، کفش دارای تخت با عمق شیارهای ۲/۵ میلی‌متر بر روی سطح خشک و سطح لیز و کفش دارای تخت با عمق شیارهای ۵ میلی‌متر بر روی سطح خشک و سطح لیز می‌باشد.

در این تحقیق افراد با سرعت راه رفتن آزاد (Free-speed walking) آزمایش را انجام دادند، به طوری که از افراد خواسته می‌شد با سرعت طبیعی و نرمال خود حرکت را انجام دهند. ذکر این نکته ضروری است که اندازه‌ی کفش براساس ابعاد آن‌تروپومتریکی پای افراد شرکت‌کننده در آزمون بوده و افراد باید اندازه بودن کفش به پاهایشان را تایید می‌کردند و همچنین جنس رویه کفش از چرم و جنس تخت کفش از پلی‌اورتان بود. برای لغزنده کردن سطح صفحه نیرو، به کمک یک ظرف مدرج از آب صابون صنعتی استفاده می‌شد.

داده‌های مربوط به متغیر ضریب اصطکاک با استفاده از دستگاه صفحه نیرو و داده‌های مربوط به متغیر نوسانات مفصل مچ پا با استفاده از دستگاه آنالیز حرکت جمع‌آوری گردید. آزمون آماری استفاده شده شامل تی‌زوجی برای مقایسه دو به دو میانگین‌ها در وضعیت‌های مختلف بوده و سطح معناداری در این مطالعه با اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.



تصویر ۲- فرد در حین انجام آزمایش بر روی دستگاه صفحه نیرو

معیارهای خروج از مطالعه شامل وجود آسیب‌های اسکلتی-عضلانی یا جراحی در اندام‌های تحتانی، ناهنجاری‌های راه رفتن قابل رویت با چشم، صافی کف پا، پا چنبری، پا پرانتری، پا ضربداری بود که ارزیابی موارد فوق توسط متخصص فیزیوتراپیست صورت می‌گرفت و در صورت وجود هر یک از موارد فوق، آزمودنی از مطالعه خارج می‌شد.

در این تحقیق آزمودنی‌ها در معرض دو متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفتند که یکی عمق‌های متفاوت شیار تخت کفش (۱، ۲/۵ و ۵ میلی‌متر) و دیگری، دو نوع متفاوت سطح راه رفتن (سطح خشک و سطح لغزنده) بود. در این تحقیق ۲۲ مرد جوان سالم و دارای الگوی راه رفتن طبیعی (۴) داوطلب شدند و شرایط مختلف آزمایش را در آزمایشگاه آنالیز حرکت انجام دادند. اطلاعات مربوطه از طریق دو دستگاه جمع‌آوری می‌شد. یکی دستگاه آنالیز حرکت (Motion Analysis) وایکن که دارای ۶ دوربین مادون قرمز بود و با فرکانس ۲۰۰ هرتز نمونه برداری انجام می‌داد (۱۰ و ۱۱) و دیگری دستگاه صفحه نیرو (Force plate) بود که ساخت شرکت Kistler مدل ۹۲۸۶A می‌باشد (۲، ۱۲ و ۱۳). دستگاه‌های آنالیز حرکت و صفحه نیرو مورد استفاده به ترتیب در تصاویر ۱ و ۲ نشان داده شده است.

در شروع آزمایش، افراد در ابتدا شلوار استرچ را پوشیده و به مدت ۱۰ دقیقه کفشی را که برای آزمایش اختصاص داده شده و دارای خصوصیات کفش استاندارد اکسفورد (۱۴) است را می‌پوشیدند تا به آن عادت کنند (تصویر ۳). سپس طی این آزمایش مارکرهای با قطر ۱۴ میلی‌متر به قوزک خارجی، سر متاتارس پنجم و پشت پاشنه در دو طرف بدن چسبانده می‌شد. پس از چسباندن مارکرها، افراد در ۶ وضعیت مختلف آزمایش یعنی با کفش‌های با عمق شیارهای متفاوت بر روی سطوح خشک و لغزنده بر روی صفحه نیرو راه می‌رفتند و در هر وضعیت، آزمایش ۳ تا ۵ بار تکرار می‌شد. در ضمن بین هر مرحله از آزمایش ۵ دقیقه استراحت به افراد داده می‌شد تا از اثر احتمالی خستگی جلوگیری شود. ۶ وضعیت مختلف آزمایش شامل کفش دارای تخت با عمق



تصویر ۳- کفش استاندارد آکسفورد مورد استفاده در مطالعه با عمق شیارهای متفاوت (۱، ۲/۵ و ۵ میلی متر)

یافته‌ها

افراد شرکت کننده در مطالعه حاضر دارای میانگین سنی ($24/5 \pm 3/43$) سال، میانگین وزنی ($71/1 \pm 6/4$) کیلوگرم، میانگین قد ($177/6 \pm 4/4$) سانتی‌متر و میانگین BMI ($22/53 \pm 1/27$) بودند. جدول ۱ علائم اختصاری مورد استفاده در مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. در جدول ۲، نتایج توصیفی مربوط به ضریب اصطکاک و فرکانس نوسانات مفصل مچ پا ارائه شده است.

نتایج مربوط به اثر تغییرات عمق شیارهای تخت کفش و شرایط سطح (خشک یا لیز بودن سطح صفحه نیرو) بر روی ضریب اصطکاک و فرکانس نوسانات مفصل مچ پا به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده و تفاوت بین میانگین‌ها از لحاظ معناداری آماری مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۳ نشان می‌دهد که بین میانگین ضریب اصطکاک در تمام وضعیت‌های خشک نسبت به لیز ($p < 0/01$)، بین تمام وضعیت‌های لیز نسبت به یگدیگر ($p = 0/001$) و همچنین بین وضعیت ۱ خشک نسبت به ۵ خشک ($p = 0/012$) و ۲/۵ خشک نسبت به ۵ خشک ($p = 0/027$) تفاوت معناداری مشاهده شده است. جدول ۴ نشان می‌دهد که بین میانگین فرکانس نوسانات مفصل مچ پا فقط در وضعیت ۱ خشک نسبت به ۱ لیز ($p = 0/027$) و در وضعیت ۱ خشک نسبت به ۵ خشک ($p = 0/017$) تفاوت معنادار مشاهده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بر روی هر دو سطح خشک و لیز، با افزایش عمق شیار، ضریب اصطکاک بین کفش و سطح راه رفتن افزایش می‌یابد. در واقع عمق شیار ۵ میلی‌متر دارای بیشترین ضریب اصطکاک از بین سه عمق انتخاب شده برای آزمایش می‌باشد. همچنین با عمق شیار یکسان، ضریب اصطکاک بر روی سطح لیز کمتر از سطح خشک بود. نتایج این مطالعه با مطالعه لی و همکاران (۴) که نشان داد عمق شیارها به طور معناداری بر روی ضریب اصطکاک تأثیرگذار بوده و بالاترین میزان اصطکاک در کفش‌های با شیارهای عمیق‌تر بر روی سطوح مرطوب و سطوح آغشته شده با مواد شوینده می‌باشد، همخوانی دارد. همچنین نتایج مطالعات دیگران نشان داد که شیارهای تخت کفش باید به اندازه‌ی کافی دراز و طولانی (۱۵) و پهن و عریض (۶) باشند تا بتوانند مایعات بین تخت کفش و سطح راه رفتن را به بیرون برانند. با توجه به مطالب ذکر شده، به نظر می‌رسد که با افزایش عمق شیارهای تخت کفش می‌توان اصطکاک بین کفش و سطح راه رفتن را به حد مطلوبی افزایش داده و از لیز خوردگی و افتادن افراد بر روی سطوح لغزنده پیشگیری کرد. طبق شواهد موجود، از بین ۳ نوع عمق انتخاب شده برای آزمایش (۱، ۲/۵ و ۵ میلی متر)، عمق شیار ۵ میلی متر منجر به ضریب اصطکاک بهینه‌تری می‌شود.

جدول ۱- علائم اختصاری متغیرهای مستقل مورد مطالعه

متغیرهای مستقل	علائم اختصاری	ردیف
عمق شیار ۱ میلی متر بر روی سطح خشک	۱خشک	۱
عمق شیار ۱ میلی متر بر روی سطح لیز	۱لیز	۲
عمق شیار ۲/۵ میلی متر بر روی سطح خشک	۲/۵خشک	۳
عمق شیار ۲/۵ میلی متر بر روی سطح لیز	۲/۵لیز	۴
عمق شیار ۵ میلی متر بر روی سطح خشک	۵خشک	۵
عمق شیار ۵ میلی متر بر روی سطح لیز	۵لیز	۶

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار ضریب اصطکاک و فرکانس نوسانات مفصل مچ پا در وضعیت‌های مختلف آزمایش

وضعیت‌های مختلف آزمایش	میانگین و انحراف معیار	فرکانس نوسانات مفصل مچ پا (تعداد نوسان در ثانیه)
ضریب اصطکاک	۰/۲۰۲±۰/۰۱۷	۶/۶±۳/۲
۱خشک	۰/۱۵۲±۰/۰۲۵	۵/۶±۳/۳
۱لیز	۰/۲۰۹±۰/۰۱۵	۶/۰±۳/۱
۲/۵خشک	۰/۱۶۲±۰/۰۲۰	۴/۹±۲/۴
۲/۵لیز	۰/۲۱۷±۰/۰۱۵	۵/۷±۳/۲
۵خشک	۰/۱۷۳±۰/۰۱۶	۴/۸±۲/۷
۵لیز		

میانگین نوسانات با افزایش عمق شیارها کاهش یافتند و با استفاده از کفش با عمق شیار ۵ میلی‌متر کمترین نوسانات در مفصل مچ پا مشاهده گردید. اما مقایسه این نوسانات بین سطوح خشک و لیز نشان داد که در فرکانس‌های پایین (۵-۱ هرتز)، میزان این نوسانات بر روی سطح لیز کمتر از سطح خشک و برعکس در فرکانس‌های بالا (۹۰-۲۰ هرتز) بر روی سطح لیز بیشتر از سطح خشک بود. این نتایج احتمالاً نشان دهنده این است که پاسخ‌های تعادلی بدن در فرکانس‌های پایین به صورت ارادی بوده و انسان در این فرکانس‌ها بر روی سطح لیز برای پیشگیری از زمین خوردن، با احتیاط بیشتری نسبت به سطح خشک راه می‌رود و به همین دلیل نوسانات مفصل مچ پا در فرکانس‌های پایین بر روی سطح لیز کمتر می‌باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه نوسانات مفصل مچ پا در فرکانس‌های بالاتر بر روی سطح لیز بیشتر بود، احتمالاً پاسخ‌های تعادلی بدن در این فرکانس‌ها به صورت غیرارادی و رفلکسی می‌باشد، به طوری که این نوسانات مطابق با انتظار بر روی سطح لیز بیشتر از سطح خشک بود.

شیار عمیق‌تر در تخت کفش می‌تواند باعث به بیرون رانده شدن مایعات لغزنده زیر کفش در حین راه رفتن بر روی سطوح لیز شده و سطح تماس تخت کفش با مسیر راه رفتن را افزایش داده که این باعث افزایش ضریب اصطکاک و کاهش نوسانات مچ پا (به دلیل افزایش سطح اتکاء) و در نتیجه پایداری بهتر فرد در حین راه رفتن می‌شود. همچنین بر روی سطح خشک نیز احتمالاً به دلیل به دام افتادن جریان هوا در شیارهای عمیق‌تر، سطح تماس تخت کفش با مسیر راه رفتن افزایش یافته که منجر به بالا رفتن اصطکاک می‌شود. ممکن است فرض شود که با طراحی تخت کفش کاملاً صاف و یکنواخت و بدون شیار می‌توان سطح تماس بین کفش و مسیر راه رفتن را افزایش داد تا منجر به افزایش ضریب اصطکاک گردد، اما واقعیت این است که با این گونه طراحی، قرار گرفتن هر گونه ماده‌ای اعم از مایع یا جامد در زیر تخت کفش در حین راه رفتن به دلیل نبود فضا برای خنثی کردن اثر آن، منجر به لغزیدن فرد می‌شود. در مورد نوسانات مفصل مچ پا، اگرچه تفاوت معنادار زیادی بین شرایط مختلف آزمایش مشاهده نگردید اما با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که به طور کلی بر روی هر دو سطح خشک و لیز،

جدول ۳- نتایج آزمون تی زوجی ضریب اصطکاک در وضعیت‌های مختلف آزمایش

سطح لیز در مقایسه با سطح لیز			سطح خشک در مقایسه با سطح خشک			سطح خشک در مقایسه با سطح لیز		
p-value	میانگین	وضعیت‌های آزمایش	p-value	میانگین	وضعیت‌های آزمایش	p-value	میانگین	وضعیت‌های آزمایش
۰/۰۰۱*	۰/۱۵۲	لیز	۰/۰۹۰	۰/۲۰۲	۱خشک	۰/۰۰۱*	۰/۲۰۲	۱خشک
	۰/۱۶۲	لیز ۲/۵		۰/۲۰۹	۲/۵خشک		۰/۱۵۲	۱لیز
۰/۰۰۱*	۰/۱۵۲	لیز	۰/۰۱۲†	۰/۲۰۲	۱خشک	۰/۰۰۴*	۰/۲۰۹	۲/۵خشک
	۰/۱۷۳	لیز ۵		۰/۲۱۷	۵خشک		۰/۱۶۲	۲/۵لیز
۰/۰۰۱*	۰/۱۶۲	لیز ۲/۵	۰/۰۲۷†	۰/۲۰۹	۲/۵خشک	۰/۰۰۶*	۰/۲۱۷	۵خشک
	۰/۱۷۳	لیز ۵		۰/۲۱۷	۵خشک		۰/۱۷۳	۵لیز

* سطح معناداری بین وضعیت‌ها در $p < 0.01$, † سطح معناداری بین وضعیت‌ها در $p < 0.05$

جدول ۴- نتایج آزمون تی زوجی فرکانس نوسانات مفصل مچ پا در وضعیت‌های مختلف آزمایش

سطح خشک در مقایسه با سطح لیز			سطح خشک در مقایسه با سطح خشک			سطح لیز در مقایسه با سطح لیز		
p-value	میانگین	وضعیت‌های آزمایش	p-value	میانگین	وضعیت‌های آزمایش	p-value	میانگین	وضعیت‌های آزمایش
۰/۵۵	۵/۶	۱لیز	۰/۱۵	۶/۶	۱خشک	۰/۰۴۲*	۶/۶	۱خشک
	۴/۹	۲/۵لیز		۶/۰	۲/۵خشک		۵/۶	۱لیز
۰/۱۱	۵/۶	۱لیز	۰/۰۱۷*	۶/۶	۱خشک	۰/۲۲	۶/۰	۲/۵خشک
	۴/۸	۵لیز		۵/۷	۵خشک		۴/۹	۲/۵لیز
۰/۳۹	۴/۹	۲/۵لیز	۰/۱۹	۶/۰	۲/۵خشک	۰/۱۷	۵/۷	۵خشک
	۴/۸	۵لیز		۵/۷	۵خشک		۴/۸	۵لیز

* سطح معناداری بین وضعیت‌ها در $p < 0.05$

عمق شیار ۵ میلی‌متر به عنوان عمق بهینه پیشنهاد می‌شود زیرا با افزایش ضریب اصطکاک و کاهش نوسانات مچ پا می‌تواند پایداری بهتری را بوجود آورد.

گروه هدف چنین تحقیقی می‌تواند بسیار گسترده باشد و تمام انسان‌ها به نوعی از کفش‌های مختلف استفاده می‌کنند و کوچک‌ترین اعمال تغییرات در قسمت‌های مختلف کفش می‌تواند پارامترهای مرتبط با راه رفتن را تغییر دهد و اگر طراحی کفش بر اساس تجربیات علمی و منطقی نباشد، ممکن است به یکسری از آسیب‌ها در اثر زمین خوردن ناشی از عدم تعادل و یا به آسیب‌های اسکلتی-عضلانی مثل کمردرد یا پادرد در دراز مدت منجر شود. پس باید نتایج به دست آمده از چنین تحقیقاتی را با احتیاط بیشتری تحلیل کرد و تحقیقات مشابه بیشتری را بر روی قسمت‌های مختلف کفش و در گروه‌های دیگر انجام داد تا بتوان صنعت کفش را در راستای سلامت جامعه ارتقاء داد.

در فرکانس‌های بالا افزایش عمق شیار تاثیر معناداری بر روی نوسانات مفصل مچ پا نداشت ولی در فرکانس‌های پایین با افزایش عمق شیار، نوسانات مفصل مچ پا کاهش یافت. به طور کلی بر روی هر دو سطح خشک و لیز، میانگین نوسانات با افزایش عمق شیارها کاهش یافتند و با استفاده از عمق شیار ۵ میلی‌متر کمترین نوسانات در مفصل مچ پا مشاهده گردید و به نظر می‌رسد که عمق ۵ میلی‌متر با کاهش نوسانات مچ پا جهت حفظ پایداری و تعادل افراد در حین راه رفتن مناسب‌تر باشد.

با توجه به دو فاکتوری که به عنوان معیارهای پایداری سنجیده شدند، مشخص شد که افزایش عمق شیارها منجر به افزایش ضریب اصطکاک و از طرفی منجر به کاهش نوسانات مفصل مچ پا در حین راه رفتن بر روی سطوح خشک و لیز می‌شود که هر دو این نتایج نشان‌دهنده پایداری بهتر فرد در حین راه رفتن با استفاده از کفشی است که شیارهای تخت آن عمیق‌تر باشد. در تحقیق حاضر،

Jorgensen R. editors. Advances in industrial ergonomics and safety. London: Taylor and Francis Publishers; 1993. p. 515-19.

11. Decker L, Houser JJ, Noble JM, Karst GM, Stergiou N. The effects of shoe traction and obstacle height on lower extremity coordination dynamics during walking. *Appl Ergon.* 2009;3:1-9.

12. Burnfield JM, Powers CM. Prediction of slips: an evaluation of utilized coefficient of friction and available slip resistance. *Ergonomics.* 2006;49: 982-95.

13. Courtney TK, Sorock GS, Manning DP, Collins JW, Holbein-Jenny MA. Occupational slip, trip, and fall-related injuries – can the contribution of slipperiness be isolated? *Ergonomics.* 2001; 20:1118-37.

14. Chang WR, Gronqvist R, Leclercq S, Brungraber RJ, Mattke U, Strandberg L, et al. The role of friction in the measurement of slipperiness, Part 2: survey of friction measurement devices. *Ergonomics.* 2001;44(13):1233-61.

15. Tisserand M. Progress in the prevention of falls caused by slipping. *Ergonomics.* 1985;28 (7):1027-42.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل انجام پایان نامه کارشناسی ارشد ارگونومی در دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی به شماره ثبت ۱۰۲-۵۰۰۰ می باشد. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند که از سرکار خانم سیده هدی نبوی مسئول محترم آزمایشگاه بیومکانیک گروه ارگونومی به خاطر همکاری های بی شائبه شان کمال تقدیر و تشکر را به عمل آورند. ضمناً این پایان نامه با حمایت مالی و معنوی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی انجام گرفته است.

منابع

1. Kim IJ, Smith R, Nagata H. Microscopic observations of the progressive wear on shoe surfaces that affect the slip resistance characteristics. *Int J Ind Ergon.* 2001;28:17-29.

2. Bentley TA, Haslam RA. Identification of risk factors and countermeasures for slip, trip and fall accidents during the delivery of mail. *Appl Ergon.* 2001;32:127-34.

3. Tsai YJ, Powers CM. The influence of footwear sole hardness on slip initiation in young adults. *J Forensic Sci.* 2008;53(4):884-8.

4. Li KW, Wub HH, Lin YC. The effects of shoe sole tread groove depth on the friction coefficient with different tread groove widths, floors and contaminants. *Appl Ergon.* 2006;37:743-8.

5. Gielo-Perczak K. Systems approach to slips and falls research. *Theory Issues in Ergon. Sci.* 2001; 2(2):124-41. [http:// dx.doi. org / 10. 1080/ 14639220110082074](http://dx.doi.org/10.1080/14639220110082074)

6. Li KW, Chen CJ. The effect of shoe soling treads groove width on the coefficient of friction with different sole materials, floors and contaminants. *Appl Ergon.* 2004;35:499-507.

7. Gronqvist R. Slips and falls. In: Kumar S. Biomechanics in ergonomics. London: Taylor and Francis; 1999: Chapter. 19, pp. 351-375.

8. Moyer BE, Chambers AJ, Redfern MS, Cham R. Walking parameters as predictors of slip severity in younger and older adults. *Ergonomics.* 2006; 49:329-43.

9. Petrarca M, Rosa D, Cappa P, Patane F. Stepping over obstacles of different heights: kinematic and kinetic strategies of leading limb in hemiplegic children. *Walking Posture.* 2006; 24:331-41.

10. Gronqvist R, Roine J. Serious occupational accidents caused by slipping. In: Nielsen R,

The effect of change in the design of shoe's sole on the human stability during walking

***Mansour Ziaei**, MSc. Faculty Member of Occupational Health Department, Faculty of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran (*Corresponding author). Ziaei.mansour@gmail.com

Seyed Farhad Tabatabai Ghomshe, PhD. Assistant Professor of Biomechanics, Ergonomics Department, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran. tabatabai@aut.ac.ir

Hamid Reza Mokhtarinia, PhD. Assistant Professor of Physiotherapy, Ergonomics Department, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran. harmokhtarinia@yahoo.com

Maryam Maghsoudipor, PhD. Assistant Professor of Occupational Medicine, Ergonomics Department, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran. maryammaghsoudi@yahoo.com

Mostafa Hamzeiyan Ziyarani, MSc. Faculty Member of Industrial Engineering Department, Institute for Higher Education of Kar, Qazvin, Iran. m.hamzeiyan@gmail.com

Abstract

Background: Shoes is the first point of contact between the foot and the ground in walking. Any change in that could affect the balance and postural stability. The risks associated with slipping and falling is related to the materials of footwear, surface condition, and geometric design of the shoe sole. The aim of this study was to measure the effect of different shoe sole tread groove depths on the stability during walking on dry and slippery surfaces.

Methods: In this semi-experimental study, 22 healthy young men with average age 24.5 ± 3.43 years wore the oxford standard shoe and walked on two different surfaces (dry and slippery) with three different groove depths (1, 2.5 and 5 mm). In fact, there were six different test conditions. Data was collected by the VICON Motion Analysis system and Force plate set. The Paired T-test was performed to study the effects of groove depth and surface contamination on the Coefficient of Friction (COF) and Fluctuations Rate of Ankle (FRA).

Results: The results showed that on slippery and dry surfaces, increase in groove depths leads to increase of COF and decrease of FRA ($p < 0.05$). Also values of COF on slippery surface were less than dry surface significantly ($p < 0.01$).

Conclusion: The aim of this study was to find the groove depth which has the optimal stability. In our study, the deepest groove (5 mm) was better for reduction of FRA and increase of COF during walking on slippery and dry surfaces.

Keywords: Balance, Slippery, Sole tread groove depth, Surface contamination, Stability.