پیش‌بینی نمای قوس ساجیتال کفش‌های غلتکی بر اساس کینماتیک مچ پا حین راه رفتن: رویکرد شبکه عصبی مصنوعی

مینا علیخانی درآبی[۱]، مریم ذکری[۲]، مهسا کاویانی بروجنی[۳]، سعید فرقانی[۴]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: زیره‌های غلتکی به صورت نمای قوس‌دار در صفحه ساجیتال، یکی از رایج‌ترین اصلاحات درمانی در کفش‌های غلتکی به منظور تغییر یا تطابق با کینماتیک و کینتیک مفاصل اندام تحتانی می‌باشد. هرچند معیار تجویز این قوس‌ها بر اساس ملاحظات تئوری صورت می‌گیرد، انجام مطالعات تجربی و آزمون و خطا می‌تواند به تجویز مناسب‌تر و استفاده بهتر از آن‌ها کمک کند. رویکرد مکمل، استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند به منظور پیش‌بینی نمای قوس جهت تطابق یافتن با وضعیت هر مفصل است. هدف از انجام مطالعه حاضر، پیش‌بینی نمای قوس کفش‌های غلتکی در صفحه ساجیتال بر اساس کینماتیک مچ پا طی راه رفتن با استفاده از تکنولوژی شبکه عصبی مصنوعی بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، ۲۰ فرد سالم (با میانگین سنی ۳۳/۱ سال) در دو وضعیت استفاده از دو نوع کفش مختلف با دو نوع نمای قوس متفاوت در یک مسیر مستقیم ۱۰ متری راه رفتند و کینماتیک مچ پای آنان با استفاده از نشانگرهای انعکاسی ثبت گردید. به شبکه عصبی مصنوعی آموزش داده شد تا حرکات مچ پا در صفحه ساجیتال در فاز استانس راه رفتن را با نمای قوس زیره غلتکی مورد استفاده تطبیق دهد و سپس بتواند نوع قوس بعدی را بر اساس اطلاعات قبلی داده شده به آن پیش‌بینی کند. به منظور آموزش شبکه عصبی، داده‌های حاصل از آنالیز حرکات مچ پای ۱۳ نفر از شرکت کنندگان و نمای قوس زیره غلتکی کفش آن‌ها استفاده گردید (گروه شاهد) و از داده‌های دیگر شرکت کنندگان به منظور اعتباربخشی به اهداف مطالعه استفاده شد (گروه مورد).

یافته‌ها: دقت به دست آمده از آنالیز داده‌ها بسیار رضایت‌بخش بود؛ چرا که ضریب همبستگی بین یافته‌های پیش‌بینی شده و نمای واقعی قوس در داده‌های حاصل از گروه مورد برای هر دو نوع کفش غلتکی مورد استفاده در مطالعه، بیشتر از ۰/۹۵ حاصل شد.

نتیجه‌گیری: در مطالعه حاضر یک الگوریتم جدید جهت مشخص کردن ویژگی‌های کفش غلتکی با استفاده از مدل شبکه عصبی به دست آمد. نتایج حاصل شده برای طراحان کفش، ارتوزها و پروتزهای اندام تحتانی و گچ/ چکمه‌های پیاده‌روی قابلیت استفاده دارد.

کلید واژه‌ها: کفش غلتکی، کینماتیک مچ پا، شبکه عصبی مصنوعی

ارجاع: علیخانی درآبی مینا، ذکری مریم، کاویانی بروجنی مهسا، فرقانی سعید. **پیش‌بینی نمای قوس ساجیتال کفش‌های غلتکی بر اساس کینماتیک مچ پا حین راه رفتن: رویکرد شبکه عصبی مصنوعی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۴): ۲۲۶-۲۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۹

مقدمه

امروزه کفش‌های غلتکی با زیره‌ی قوس‌دار (Rollover footwear) به دلیل تسهیل راه رفتن و بهبود پوسچر بدن مشهور شده‌اند (۲، ۱). زیره غلتکی یکی از رایج‌ترین اصلاحات درمانی تجویز شده جهت تغییر یا تطابق با کینتیک و کینماتیک مفاصل اندام تحتانی می‌باشد و به منظور افزایش کارایی راه رفتن بیمارانی که حرکات مفاصل پا و مچ پایشان کاهش یافته است، به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، امروزه درمانگران بر اساس ملاحظات تئوری و انجام مطالعات تجربی و آزمون و خطا، به تجویز نوع زیره در کفش‌های غلتکی می‌پردازند.

در حالی که بسیاری از مطالعات به بررسی تأثیر انواع کفش‌های غلتکی بر الگوی راه رفتن پرداخته‌اند (۳)، اما نحوه ارتباط بین نمای زیره غلتکی و کینماتیک مچ پا در هیچ یک از مطالعات گزارش نشده است (۴، ۱). به طور مثال، به منظور هرگونه تغییر در الگوی حرکتی مچ پا، لازم است که تغییر

۱- کارشناس برق، مرکز تحقیقات اسکلتی- عضلانی، دانشکده توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، مرکز تحقیقات پردازش تصویر و سیگنال پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و گروه کنترل، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- مربی، مرکز تحقیقات اسکلتی- عضلانی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشیار، مرکز تحقیقات پردازش تصویر و سیگنال پزشکی و مرکز تحقیقات اسکلتی- عضلانی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: سعید فرقانی Email: saeed_forghany@yahoo.co.uk

خاصی در زیره غلتکی کفش مورد استفاده داده شود؛ در حالی که فقط انواع محدودی از کفش‌های غلتکی مورد بررسی قرار گرفته و کفش‌های غلتکی رایج دیگر بررسی نشده‌اند. مشکل عمده دیگر آن است که در بسیاری از شرایط بالینی نیاز به ساخت کفش خاص برای خود بیمار است و در این صورت به محیط آزمایشگاهی مناسب و اندازه‌گیری‌های کینماتیکی نیاز است که در بسیاری از موارد مقرون به صرفه نیست (۳).

یک رویکرد مکمل در تجویز مناسب کفش‌های غلتکی، استفاده از تکنیک‌های هوشمند برای پیش‌بینی نمای قوس جهت تطابق وضعیت مفاصل است. به همین منظور، یک تکنیک هوشمند مناسب، تکنیکی است که یک مدل غیر خطی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بسازد. سیستم‌های عصبی بیولوژیکال از طریق ارتباطات سیناپسی بین نورون‌ها قادر به یادگیری هستند. شبکه عصبی مصنوعی به همین طریق عمل می‌کند؛ یعنی شبکه از طریق قرارگیری در معرض مجموعه‌ای از داده‌ها که مقادیر خروجی حاصل از آنالیز آن از قبل مشخص شده است، قادر به یادگیری می‌شود. ارتباطات بین شبکه عصبی مصنوعی به طور مرتب تنظیم می‌شود تا خروجی حاصل از شبکه با مقادیر از قبل مشخص شده تطبیق یابد. در سال‌های اخیر استفاده از سیستم‌های هوشمند به خصوص شبکه عصبی مصنوعی در بیومکانیک و آنالیز راه رفتن افزایش پیدا کرده است (۷-۵).

هدف از انجام مطالعه حاضر، پیش‌بینی نما و میزان قوس زیره در کفش‌های غلتکی بر اساس کینماتیک مچ پا طی راه رفتن با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی بود. بر اساس روش اجرای طرح، در این مطالعه دقت شبکه عصبی مصنوعی در تخمین نوع زیره غلتکی بر اساس اطلاعات ورودی داده شده به آن (دامنه حرکتی مچ پا) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعه حاضر برای طراحان کفش، ارتوزها و پروتزهای اندام تحتانی و گچ/چکمه‌های پیاده‌روی قابلیت استفاده دارد.

مواد و روش‌ها

رویکرد کلی اجرای این طرح، جمع‌آوری داده‌های کینماتیکی سه بعدی مچ پا طی راه رفتن در دو وضعیت استفاده از دو نوع کفش غلتکی رایج در آزمایشگاه آنالیز راه رفتن بود. شکل قوس زیره غلتکی در صفحه ساجیتال مشخص شد. پس از آموزش به شبکه عصبی مصنوعی جهت برقراری ارتباط بین شکل زیره غلتکی و کینماتیک مچ پا در صفحه ساجیتال، نمای قوس بر اساس حرکات مچ در صفحه ساجیتال پیش‌بینی گردید.

جمع‌آوری کینماتیک مچ پا: داده‌ها مربوط به مطالعه‌ای بود که در آن ۲۰ فرد سالم (۱۲ مرد و ۸ زن) پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، در مطالعه شرکت نمودند (۱). داده‌های کینماتیکی مچ پا طی راه رفتن در یک مسیر مستقیم ۱۰ متری در دو وضعیت استفاده از دو نوع کفش غلتکی متفاوت شامل کفش Masai Barefoot Technology (Switzerland) (MBT) و کفش غلتکی ساده (Scholl, UK) جمع‌آوری گردید (شکل ۱). نحوه اجرای آزمون به صورت تصادفی بود.

در مطالعه‌ای که از داده‌های آن در پژوهش حاضر استفاده گردید، از شرکت کنندگان درخواست شده بود با سرعت طبیعی در مسیر از قبل مشخص شده راه بروند و از هر فرد حداقل ۱۰ تست گرفته شده بود. داده‌های کینماتیکی با استفاده از سیستم آنالیز راه رفتن مجهز به ۱۲ دوربین (با فرکانس ۱۰۰ هرتز) (Oqus camera, version 2.7, Sweden) جمع‌آوری گردید. دو کلاستر که هر کدام شامل چهار نشانگر انعکاسی بود، در سمت خارج ساق پای راست و چپ قرار گرفت. نشانگرهای کفش بر روی مفاصل متاتارسو فالانژیال اول، دوم و پنجم و بخش خلفی پاشنه قرار داده شد. یک تست استاتیک در وضعیت ایستادن آرام به منظور مشخص کردن محل لندمارک‌های کلیدی مفاصل توسط نشانگرهای آناتومیکال (تکنیک CAST) و پوزیشن مرجع (صفر درجه) برای مفاصل مچ پای راست و چپ گرفته شد. اطلاعات حاصل از جابه‌جایی نشانگرها با استفاده از فیلتر Butterworth یکنواخت گردید (۸). بر اساس محل نشانگرهای آناتومیکال در تست استاتیک (تکنیک CAST)، مدل پا و ساق پا ساخته و چرخش‌های مفصل مچ پا محاسبه شد.

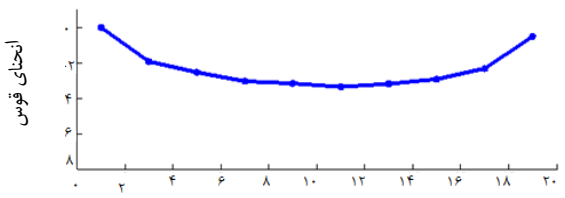
شکل ۱. سمت چپ کفش MBT (Masai Barefoot Technology) و سمت راست کفش غلتکی ساده

(محل قرارگیری نشانگرها با دایره نشان داده شده است)

تعیین ویژگی‌های نمای قوس کفش‌های غلتکی مورد استفاده

در مطالعه: پنج جفت کفش در اندازه‌های مختلف برای هر وضعیت مورد استفاده قرار گرفت. به منظور داشتن نمای قوس کفش‌ها در صفحه ساجیتال خطی، حول کف هر کفش (راست و چپ) با استفاده از مداد رسم گردید. خطوط رسم شده از مجموع کفش‌های مورد استفاده در مطالعه اسکن و به عنوان یک فایل عکسی ذخیره شد. از نرم‌افزار MATLAB (The Mathworks Inc., USA, 2016) برای خواندن فایل‌ها و محاسبه مختصات x و z حول خطوط رسم شده استفاده گردید. همچنین، خطوط رسم شده به ۹ بخش مساوی تقسیم شد و شیب خطی هر بخش مایل مورد محاسبه قرار گرفت. شیب خطی از طریق رابطه ۱ اندازه‌گیری گردید. y_1 و x_1 و y_2 و x_2 مختصات دو نقطه ابتدا و انتهای شیب محاسبه شده می‌باشند. شکل ۲ انحنای محاسبه شده در قسمت‌های مختلف قوس کفش را نشان می‌دهد.

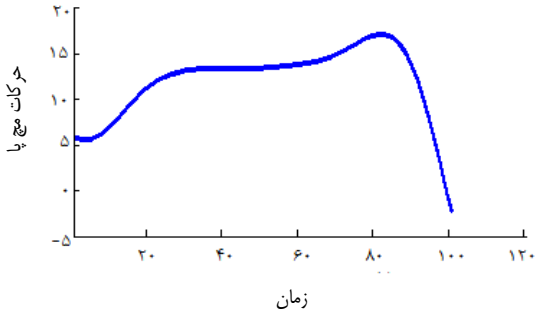
$$m = \frac{(y_1 - y_2)}{(x_1 - x_2)}$$ رابطه ۱



شکل ۲. نمای قوس ساجیتال کفش‌های غلتکی مورد استفاده در مطالعه تقسیم به ۹ بخش مساوی و محاسبه شیب هر قسمت

www.mui.ac.ir

پیش‌بینی الگوریتم: در مطالعه حاضر شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت و برای مرتبط کردن حرکات مجموعه مچ پا در صفحه ساجیتال طی فاز استانس، راه رفتن با نمای قوس زیره کفش و پیش‌بینی قوس بعدی بر اساس داده‌های قبلی ارایه شده به آن آموزش داده شد (شکل ۳). یک لپ‌تاپ [Intel core i5, 2450 M CPU (2.50 GHz), 4 GB RAM, California, United States] برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تمامی تحلیل‌ها در نرم‌افزار MATLAB انجام شد.



شکل ۳. حرکات مجموعه مچ پا در صفحه ساجیتال طی فاز استانس

ساختار شبکه عصبی مصنوعی، یک شبکه با داده‌های از قبل داده شده و اصلاح خطا با الگوریتم Levenberg–Marquardt backpropagation است که سریع‌ترین الگوریتم با عملکرد بهینه در میان الگوریتم‌های موجود در پیش‌بینی نتایج به شمار می‌رود (۱۰، ۹). یکی از معادلات (معادله یک دوره تکرار از این الگوریتم) به صورت رابطه ۲ می‌باشد که به در ادامه آمده است.

$$x_{k+1} = x_k - \beta_k g_k \qquad \text{رابطه ۲}$$

x_k بردار وزن‌ها و بایاس‌های شبکه در دوره تکرار جاری، g_k درصد شیب و β_k شتاب یادگیری شبکه است. حرکات مچ پا در صفحه ساجیتال در فاز استانس راه رفتن به تعداد ۱۰۱ نقطه محاسبه گردید و به عنوان داده ورودی، به شبکه مد نظر واقع شد. داده‌ها در دامنه [+۱، ۱−] با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$\theta_{sc} = \frac{(t_{max} - t_{min}) \times (\theta - \theta_{min})}{(\theta_{max} - \theta_{min})} + t_{min} \qquad \text{رابطه ۳}$$

t_{max} و t_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل دامنه مشخص شده می‌باشد. در این مورد، $t_{max} = ۱$ و $t_{min} = -۱$ خروجی شبکه شیب‌های خطی هر بخش مایل از نمای قوس زیره غلتکی کفش بود؛ به صورتی که ۹ خروجی حاصل شد.

شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های ۱۳ نفر از شرکت کنندگان به منظور فراهم آوردن مدل، آموزش داده شد و داده‌های حاصل از دیگر شرکت کنندگان به منظور اعتبارسنجی شبکه مورد استفاده قرار گرفت.

برای ارزیابی دقت پیش‌بینی، ضریب همبستگی برای قوس تخمین زده شده توسط شبکه ($\hat{C}$) و قوس واقعی (C) هر نوع کفش محاسبه گردید. ضریب همبستگی از طریق رابطه ۴ محاسبه شد.

$$R = \frac{\sigma_{c\hat{c}}}{\sqrt{\sigma_c \sigma_{\hat{c}}}} \qquad \text{رابطه ۴}$$

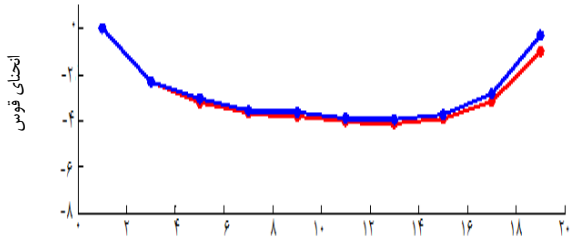
یافته‌ها

مشارکت کنندگان مطالعه دارای میانگین سنی ۸/۴ ± ۳۳/۱ سال، میانگین وزنی ۱۲/۱ ± ۶۸/۹ کیلوگرم و میانگین قد ۰/۰۴ ± ۱/۷۱ سانتی‌متر بودند. ساختار مناسب شبکه با آموزش شبکه با ساختارهای متفاوت و تعداد متغیر از نورون‌ها در لایه پنهان فراهم گردید. جدول ۱ میانگین مربعات خطای محاسبه شده (Mean square error یا MSE) در آموزش و بخش‌های تست شده برای شبکه را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های به دست آمده، شبکه [۹ ۷] به عنوان بهترین نتایج محاسبه انتخاب شد (۱۲، ۱۱).

جدول ۱. مقادیر مربعات خطای محاسبه شده برای ساختارهای متنوع مدل‌های شبکه

مربعات خطای محاسبه شده (آزمون)	مربعات خطای محاسبه شده (آزمایش)	نورون‌های واقع شده در لایه پنهان
۰/۱۸۰	۰/۰۰۲۷	۹
۰/۰۱۴	۰/۰۰۳۵	۱۱
۰/۰۱۷	۰/۰۰۲۷	۱۳
۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۰	۱۷
۰/۰۱۷	۰/۰۱۶۰	۲۲
۰/۰۰۸	۰/۰۰۳۸	[۹ ۷]
۰/۰۱۷	۰/۰۰۲۴	[۱۵ ۱۱]
۰/۰۳۰	۰/۰۰۲۱	[۱۶ ۷]

دقت به دست آمده در پیش‌بینی نمای قوس ساجیتال بسیار رضایت‌بخش بود؛ چرا که ضریب همبستگی بین خروجی پیش‌بینی شده و نمای واقعی قوس در داده‌های مورد استفاده در مرحله اعتبارسنجی برای هر دو نوع کفش غلتکی بیشتر از ۰/۹۵ به دست آمد. جدول ۲ و شکل ۴ نتایج پیش‌بینی شده و نمای واقعی قوس یکی از شرکت کنندگان را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمای قوس کفش Masai Barefoot Technology (MBT)
(خط قرمز بیانگر خروجی به دست آمده از شبکه و خط آبی بیانگر مقادیر واقعی نمای قوس است)

بحث

در پژوهش حاضر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، یک الگوریتم جدید برای پیش‌بینی نمای قوس زیره در کفش‌های غلتکی پیشنهاد شد (۱۵–۱۳). نتایج مطالعه برای طراحان کفش، ارتوزها و پروتزهای اندام تحتانی و کفش‌های پیاده‌روی قابل استفاده است.

www.mui.ac.ir

جدول ۲. نتایج پیش‌بینی شده و نمای واقعی قوس یکی از شرکت کنندگان در مرحله اعتبارسنجی

کفش MBT			کفش غلتکی ساده		
زاویه واقعی (درجه)	زاویه پیش‌بینی شده (درجه)	همبستگی	زاویه واقعی (درجه)	زاویه پیش‌بینی شده (درجه)	همبستگی
-۴۹/۸۰	-۴۹/۰	۰/۹۹۶	-۴۱/۲۰	-۴۲/۰	۰/۹۹۲
-۲۳/۰۰	-۲۶/۰		-۲۴/۷۰	-۲۰/۰	
-۱۶/۰۰	-۱۵/۰		-۱۹/۶۰	-۱۲/۰	
-۴/۹۷	-۵/۲		-۴/۷۳	-۴/۲	
-۷/۴۳	-۵/۳		-۲/۹۰	-۳/۸	
-۳/۵۸	-۱/۴		۱/۵۰	-۰/۵	
۸/۹۹	۵/۱		۴/۵۸	۵/۸	
۱۸/۶۴	۱۸/۷		۱۳/۲۰	۱۶/۰	
۵۲/۱۰	۴۷/۵		۳۷/۶۵	۴۰/۷	

MBT: Masai Barefoot Technology

شکل و نمای زیره غلتکی در این کفش‌ها می‌تواند دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی را کاهش یا افزایش دهد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که زیره‌های پیش‌بینی شده شبیه به زیره‌های اصلی بودند (با ضریب همبستگی بالای ۰/۹) که با نتایج تحقیق Barton و Lees (۱۶) همسو می‌باشد. آنان گزارش کردند که شبکه عصبی مصنوعی قادر به تخمین تفاوت بین جنس کفی‌های مورد استفاده در کفش بر اساس میزان فشار اعمالی به کف پای افراد استفاده کننده از این کفی‌ها است (۱۶). همچنین، مطالعه دیگری که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به تخمین نیروهای فشاری وارد شده بر روی پا پرداخت، به این نتیجه رسید که ضریب همبستگی بین یافته‌های پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی بیش از ۰/۹۵ است (۱۷).

با توجه به ویژگی‌ها و نیازهای منحصر به فرد هر شخص، لازم است مداخلات ارتوزی برای هر فرد به صورت جداگانه تهیه گردد (۱۸). ارتوزهایی که بر اساس اطلاعات حاصل از ارزیابی بیمار به صورت دقیق ساخته می‌شود و در صورت نیاز اصلاح می‌گردد، می‌تواند از طریق کاهش درد، ثبات‌دهی به مفصل، محافظت از بافت‌های حساس و قادر کردن بیمار به انجام فعالیت و دادن حس عمقی به وی، تأثیر متفاوتی بر کیفیت زندگی شخص بگذارد و بنابراین، موجب بهبود وضعیت فیزیکی و روانی وی می‌شود. همچنین، هدف از انجام مطالعه حاضر، دستیابی به یک رویکرد مکمل با استفاده از تکنیک‌های هوشمند به منظور پیش‌بینی نمای زیره غلتکی برای بهبود موقعیت یک مفصل خاص بود.

محدودیت‌ها

مانند دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه شبکه‌های عصبی مصنوعی، اولین محدودیت مطالعه حاضر، ناتوانی این شبکه در ارایه علت در مورد فرایند تصمیم‌گیری خود می‌باشد. بنابراین، امکان فراهم آوردن توضیحات کافی و مشخص برای علت انتخاب نوع زیره توسط شبکه عصبی مصنوعی وجود ندارد. دومین محدودیت پژوهش، بررسی تنها دو نوع کفش غلتکی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بود.

پیشنهادها

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، آنالیز شبکه عصبی می‌تواند نمای قوس کفش‌های غلتکی را جهت تطابق یافتن با وضعیت هر مفصل پیش‌بینی کند و به تجویز مناسب کفش غلتکی کمک نماید. نتایج مطالعات دیگر نیز بیانگر موفقیت‌آمیز بودن استفاده از این شبکه‌ها در بیومکانیک بالینی می‌باشد (۱۷، ۱۶، ۱۲، ۶، ۵). بنابراین، بهتر است که در مطالعات آینده به بررسی روش‌های پیش‌بینی کننده دیگر پرداخته شود. مطالعه حاضر اولین پژوهش صورت گرفته به منظور دستیابی به سیستم‌های تجویز کننده مناسب زیره کفش‌های غلتکی با استفاده از متغیرهای راه رفتن بود و اطلاعات مفیدی برای انجام مطالعات آینده در اختیار محققان قرار می‌دهد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر اولین مطالعه انجام شده در زمینه تخمین نوع زیره در کفش‌های غلتکی با استفاده از تکنیک هوشمند شبکه عصبی مصنوعی بود. در زمینه مداخلات ارتوزی این فرصت وجود دارد که بتوان با استفاده از نماهای خاص طراحی شده زیره کفش‌های غلتکی و تکنیک‌های هوشمند، ویژگی‌های راه رفتن بیماران استفاده کننده از آن‌ها را به میزان قابل توجهی بهبود داد. بنابراین، بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، امکان استفاده از داده‌های آنالیز راه رفتن بیماران جهت تجویز مناسب کفش‌های غلتکی برای آن‌ها وجود دارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از شورای بالینی و معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان که در اجرای طرح تحقیقاتی حاضر همکاری نمودند و همچنین، از تمامی افراد شرکت کننده در مطالعه تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

نقش نویسندگان

مینا علیخانی آنالیز داده‌ها، طراحی مطالعه، بازبینی دست‌نوشته و ارایه نظرات تخصصی و تأیید نهایی دست‌نوشته جهت ارسال به دفتر مجله، مریم ذکری هدایت علمی پروژه، ارزیابی تخصصی مقاله از نظر مفاهیم علمی، طراحی مطالعه، تفسیر و تحلیل داده‌ها و تأیید نهایی دست‌نوشته جهت ارسال به دفتر مجله، مهسا کاویانی تحلیل و تفسیر نتایج و نگارش مقاله، تنظیم و بازبینی دست‌نوشته با ارایه نظر تخصصی، تأیید نهایی دست‌نوشته جهت ارسال به دفتر

مجله و پاسخگویی به نظرات داوران و سعید فرقانی جمع‌آوری داده‌ها، طراحی مطالعه، هدایت علمی پروژه و ارزیابی تخصصی مقاله از نظر مفاهیم علمی، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته با ارایه نظر تخصصی، پاسخگویی به نظرات داوران، جذب منابع مالی برای انجام مطالعه و تأیید نهایی دست‌نوشته جهت ارسال به دفتر مجله را به عهده داشته‌اند.

منابع مالی

مطالعه حاضر از اعتبار پژوهشی دریافت شده توسط جناب آقای دکتر فرقانی از معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد.

تعارض منافع

هیچ کدام از نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. دکتر سعید فرقانی و سرکار خانم مهسا کاویانی از اعضای گروه ارتوپدی فنی دانشکده علوم توان‌بخشی، دکتر مریم ذکری از اعضای گروه مهندسی برق و کامپیوتر و خانم مینا علیخانی دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه صنعتی اصفهان می‌باشند.

References

1. Forghany S, Nester CJ, Richards B, Hatton AL, Liu A. Rollover footwear affects lower limb biomechanics during walking. Gait Posture 2014; 39(1): 205-12.
2. Pol F, Forghany S, Nester C, Rahimi A. The effect of rollover footwear on head and trunk posture during standing. J Foot Ankle Res 2014; 7(Suppl 1): A21.
3. Hutchins S, Bowker P, Geary N, Richards J. The biomechanics and clinical efficacy of footwear adapted with rocker profiles--evidence in the literature. Foot (Edinb) 2009; 19(3): 165-70.
4. Forghany S, Nester CJ, Richards B. The effect of rollover footwear on the rollover function of walking. J Foot Ankle Res 2013; 6(1): 24.
5. Findlow A, Goulermas JY, Nester C, Howard D, Kenney LP. Predicting lower limb joint kinematics using wearable motion sensors. Gait Posture 2008; 28(1): 120-6.
6. Chapman JD. Improving the design of the curved rocker shoe for people with diabetes [PhD Thesis]. Salford, UK: University of Salford; 2014.
7. Germani M, Mandolini M, Mengoni M, Nester C, Raffaeli R. Tools for design and validation of shoe lasts for diabetic patients. Footwear Science 2012; 4(3): 221-41.
8. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley; 2009.
9. Levenberg K. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. Quart Appl Math 1944; 2(2): 164-8.
10. Marquardt DW. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. SIAM J Appl Math 1963; 11(2): 431-41.
11. Hahn ME, Chou LS. A model for detecting balance impairment and estimating falls risk in the elderly. Ann Biomed Eng 2005; 33(6): 811-20.
12. Oh SE, Choi A, Mun JH. Prediction of ground reaction forces during gait based on kinematics and a neural network model. J Biomech 2013; 46(14): 2372-80.
13. Chan CW, Wang N, Cha KC. A parametric study of artificial neural network as a surrogate model for heel-toe running computation. J Biomech 2007; 40: S565.
14. Lugade V, Lin V, Farley A, Chou LS. An artificial neural network estimation of gait balance control in the elderly using clinical evaluations. PLoS One 2014; 9(5): e97595.
15. Mostafavizadeh M, Sadri AR, Zekri M. Walking pattern classification in children with cerebral palsy: A wavelet network approach. Proceedings of the 16th CSI International Symposium on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP 2012); 2012 May 2-3; Shiraz, Iran. p. 243-9.
16. Barton JG, Lees A. Comparison of shoe insole materials by neural network analysis. Med Biol Eng Comput 1996; 34(6): 453-9.
17. Rupereza MJ, Martin-Guerrerob JD, Monserrat C, Alcaniza M. Artificial neural networks for predicting dorsal pressures on the foot surface while walking. Expert Syst Appl 2012; 39(5): 5349-57.
18. McKee PR, Rivard A. Biopsychosocial approach to orthotic intervention. Hand Ther 2011; 24(2): 155-63.

Prediction of Sagittal Curve Profile of Rollover Footwear Based on Ankle Kinematics while Walking by Applying Neural Network Techniques

Mina Alikhani-Darabi[1], Maryam Zekri[2], Mahsa Kaviani-Boroujeni[3], Saeed Forghany[4]

Original Article

Abstract

Introduction: Sagittal rocker profiles are one of the most commonly prescribed therapeutic footwear interventions to alter or adapt lower limb joints' kinematics and kinetics. However, the prescription criteria for rocker profiles are commonly based on theoretical considerations. Thus, conducting experimental studies and experiment and error may result in their better prescription and use. A complementary approach is to use intelligent technology to predict curve profile to suit a specific joint position. The aim of this study was to predict sagittal curve profile of the rollover footwear from ankle kinematics while walking by applying an artificial neural network (ANN).

Materials and Methods: In the present study, 20 healthy participants (with mean age of 33.1 years) walked on a straight path for 10 meters wearing two different shoes with two different sole curved profiles and ankle kinematic data were collected using reflective markers. The ANN was trained to associate set of ankle sagittal plane motions during stance phase with outsole curve profiles, and then, predict the latter based on the former. The ANN was trained using the data from 13 participants (control group) to obtain the model and the data from the remaining participants (intervention group) was used for the validation of the study purposes.

Results: The achieved accuracy was very satisfactory, since the correlation coefficients between the predicted output and the actual curve profile in the validation data were higher than 0.95 for both types of rollover footwear.

Conclusion: In this study, a novel algorithm was proposed for sole curve profile characterization of rollover footwear using an ANN model. The results of this study may be useful to designers of footwear, lower limb prostheses, orthoses, and walking casts/boots.

Keywords: Rollover footwear, Ankle kinematics, Artificial neural network

Citation: Alikhani-Darabi M, Zekri M, Kaviani-Boroujeni M, Forghany S. **Prediction of Sagittal Curve Profile of Rollover Footwear Based on Ankle Kinematics while Walking by Applying Neural Network Techniques.** J Res Rehabil Sci 2016; 12(4): 221-6.

Received date: 17/07/2016 Accept date: 19/09/2016

1- Musculoskeletal Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Medical Image and Signal Processing Research Center, Isfahan University of Medical Sciences AND Department of Control, School of Electrical and Computer Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
3- Instructor, Musculoskeletal Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Associate Professor, Medical Image and Signal Processing Research Center AND Musculoskeletal Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Saeed Forghany, Email: saeed_forghany@yahoo.co.uk