

Original Article



Immediate Effect of Posterior Leaf Spring Orthosis on Postural Balance and Gait Performance in Patients with Post-stroke Hemiplegia

Soulmaz Rahbar¹ , Ensieh Pourhoseingholi², Mohamad Javad Nouri^{2*} , Parinaz Hoseini³,
Seyedeh Fatemeh Asgharian³, Mohammad Mahdi Piri³, Somayeh Mohamadi⁴

¹ Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

³ School of Rehabilitation Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

⁴ Neuromusculoskeletal Rehabilitation Research Center, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Article history:

Received: 24 August 2025

Revised: 09 October 2025

Accepted: 10 November 2025

ePublished: 16 December 2025

***Corresponding author:** Mohamad Javad Nouri, Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

E-mail: mjnoori@gmail.com

Background and Objective: Foot drop in hemiplegic stroke survivors often impairs balance and gait; posterior leaf-spring ankle-foot orthoses (AFOs) are designed to mitigate these deficits. This study aimed to examine the immediate effects of a posterior leaf spring AFO on postural balance and gait performance in individuals with post-stroke hemiplegia.

Materials and Methods: In this pre-post quasi-experimental study, 20 individuals with chronic stroke and foot drop (mean age: 58.23 ± 5.23 years) were recruited using convenience sampling based on inclusion and exclusion criteria. The center of pressure displacement and velocity were measured via a force platform during standing, with and without an AFO, under eyes-open and eyes-closed conditions. Functional balance was evaluated using the Timed Up and Go (TUG) test. Data were analyzed using a two-way repeated-measures analysis of variance ($\alpha = 0.05$).

Results: Wearing the posterior leaf spring AFO resulted in significant improvements in center of pressure displacement and velocity ($P < 0.05$). Furthermore, the TUG test was significantly reduced when the participants used the orthosis ($P = 0.02$).

Conclusion: The posterior leaf spring AFO produces immediate improvements in postural balance and gait performance in individuals with post-stroke hemiplegia. This orthotic intervention may serve as an effective rehabilitative tool to enhance safety and quality of life in this population.

Keywords: Ankle Foot Orthosis, Balance, Foot Drop, Stroke

Please cite this article as follows: Rahbar S, Pourhoseingholi E, Nouri MJ, Hoseini P, Asgharian SF, Piri MM, Mohamadi S. Immediate Effect of Posterior Leaf Spring Orthosis on Postural Balance and Gait Performance in Patients with Post-stroke Hemiplegia. Avicenna J Clin Med. 2025; 32(3): 164-171 DOI: 10.53208/ajcm.32.3.164



مقاله پژوهشی

تأثیر فوری ارتوز مچ پایي مخصوص افتادگی مچ پا در تعادل ایستایی و عملکرد راه رفتن افراد مبتلا به سکنه مغزی همی پلژی

سولماز رهبر^۱ ID، انسبه پور حسینقلی^۲، محمدجواد نوری^{۳*} ID، پریناز حسینی^۳، سیده فاطمه اصغریان^۳، محمد مهدی پیری^۳، سمیه محمدی^۴

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشکده توان بخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. گروه ارتوز و پروتز، دانشکده توان بخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. دانشکده علوم توان بخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۴. مرکز تحقیقات توان بخشی اسکلتی - عضلانی - عصبی، دانشگاه علوم توان بخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۲
ویرایش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۷
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۹
انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: محمدجواد نوری، گروه ارتوز و پروتز، دانشکده توان بخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

ایمیل: mjnoori@gmail.com

سابقه و هدف: بیماران مبتلا به سکنه مغزی همی پلژی اغلب به دلیل افتادگی مچ پا، دچار اختلال در تعادل ایستایی و عملکرد راه رفتن می شوند. ارتوز مچ پایي مخصوص دراپ فوت با هدف بهبود این نواقص طراحی شده است. هدف مطالعه حاضر، بررسی آثار فوری این ارتوز بر تعادل ایستایی و عملکرد راه رفتن در افراد مبتلا به همی پلژی پس از سکنه مغزی بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه نیمه تجربی قبل و بعد، بیست بیمار مبتلا به سکنه مغزی مزمن و افتادگی مچ پا (میانگین سنی: $5/23 \pm 58/23$) براساس معیارهای ورود و خروج و به روش نمونه گیری در دسترس انتخاب شدند. جابه جایی و سرعت مرکز فشار با استفاده از صفحه نیرو در حالت ایستاده، با و بدون ارتوز و در شرایط چشم باز و چشم بسته اندازه گیری شد. تعادل عملکردی با آزمون برخاستن و رفتن زمان دار ارزیابی شد. داده ها با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه با اندازه گیری های مکرر و سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شدند.

یافته ها: نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از ارتوز مچ پایي پوسترپور لیف اسپرینگ باعث بهبود معنادار در جابه جایی و سرعت حرکت مرکز فشار شد ($P < 0/05$). علاوه بر این، آزمون برخاستن و رفتن زماندار تحت تأثیر استفاده از این ارتوز، کاهش معناداری را نشان داد ($P = 0/02$).

نتیجه گیری: ارتوز مچ پایي پوسترپور لیف اسپرینگ برای دراپ فوت باعث بهبود فوری تعادل ایستایی و عملکرد راه رفتن در بیماران پس از سکنه مغزی می شود. این وسیله کمکی می تواند ابزار توان بخشی مؤثری برای افزایش ایمنی و کیفیت زندگی این بیماران باشد.

واژگان کلیدی: ارتوز مچ پا، افتادگی پا، تعادل، سکنه مغزی

استناد: رهبر، سولماز؛ پور حسینقلی، انسبه؛ نوری، محمدجواد؛ حسینی، پریناز؛ اصغریان، سیده فاطمه؛ پیری، محمد مهدی؛ محمدی، سمیه. تأثیر فوری ارتوز مچ پایي مخصوص افتادگی مچ پا در تعادل ایستایی و عملکرد راه رفتن افراد مبتلا به سکنه مغزی همی پلژی. مجله پزشکی بالینی ابن سینا، پاییز ۱۴۰۴؛ ۳۲(۳): ۱۷۱-۱۶۴

مقدمه

با عمدتاً به دلیل ضعف یا از دست رفتن کنترل ارادی عضلات دورسی فلکسور ایجاد می شود که علاوه بر کاهش عملکرد دورسی فلکشن، توانایی تماس مناسب پاشنه با زمین در فاز ابتدایی (Initial Contact) ایستایی و بالابردن سرپنجه در فاز نوسان (Swing) را مختل می کند [۴، ۵]. کاهش وزن گذاری روی اندام آسیب دیده، تقارن نداشتن در الگوی راه رفتن، افزایش حرکات جبرانی و کاهش سرعت حرکت فرد مبتلا از نتایج این مشکلات

سکنه مغزی یکی از اصلی ترین دلایل ناتوانی در بزرگسالان است که به علت آسیب و اختلال در عملکرد عروق مغزی رخ می دهد. این عارضه می تواند سبب بروز مشکلات شناختی، ادراکی و ارتباطی و همچنین همی پلژی شود [۱]. تقریباً نیمی از افراد مبتلا به سکنه مغزی با محدودیت شدید حرکتی روبه رو هستند و افتادگی مچ پا و ناتوانی در تماس مناسب پا با زمین هنگام راه رفتن، از مشکلات رایج این بیماران به شمار می آید [۲، ۳]. افتادگی مچ

این مطالعات نیز به دلیل تفاوت در طراحی ارتوزها، شدت بیماری و تست‌های کلینیکی عملکردی یا کیفی مورد استفاده مانند شاخص تعادل برگ (Berg Balance Scale: BBS) و تست بلندشدن و راه رفتن زمان‌دار (Time Up and Go: TUG)، متناقض و مبهم بوده‌اند و کمتر به تأثیر ارتوزهای مچ پای در مرکز فشار توجه کرده‌اند [۱۶-۱۸].

با توجه به شیوع زیاد افتادگی مچ پا در بیماران سکتۀ مغزی و تجویز رایج ارتوز مچ پای «پی‌ال‌اس» به منظور حفظ تعادل و کنترل پوسچر در جلوگیری از زمین خوردن و عوارض ناشی از آن، بررسی تأثیر مداخلات ارتوزی در بهبود تعادل و ثبات پوسچر این بیماران ضروری است. به همین منظور این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر ارتوز «پوستریور لیف اسپرینگ» در پارامترهای تعادل استاتیک و همچنین تعادل عملکردی افراد مبتلا به سکتۀ مغزی همی‌پلژی با استفاده از تغییرات مرکز فشار انجام شد.

روش کار

این مطالعه نیمه تجربی مداخله‌ای قبل و بعد و با روش نمونه‌گیری در دسترس است که در آن بیست نفر از بزرگسالانی که سکتۀ مغزی آن‌ها را متخصص نورولوژی یا جراح مغز و اعصاب تأیید کرده بود و به علت افتادگی مچ پا برای دریافت ارتوز به یکی از کلینیک‌های ارتوز - پروتز شهر تهران ارجاع شده بودند، براساس معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند.

معیارهای انتخاب نمونه‌ها عبارت بودند از: سن بین ۴۰ تا ۶۵، حداقل دامنه حرکتی ۵ درجه در دورسی فلکشن و حداکثر قدرت درجه ۲ در عضلات دورسی‌فلکسور مچ براساس معیار تست دستی عضلات [۱۹]، حداکثر درجه ۲ اسپاستیسیته عضلات پلانتارفلکسور براساس معیار اشوورد [۲۰]، گذشت حداقل شش ماه از سکتۀ مغزی، درگیر نبودن اندام مقابل، توانایی راه رفتن مستقل بدون کمک دیگران، استفاده نکردن از عصا هنگام راه رفتن و توانایی پاسخ به دستورهای آزمونگر. چنانچه در بررسی‌های بعدی، نمونه‌ها یکی از شرایط استفاده قبلی از ارتوز مورد مطالعه، سابقۀ بیماری قلبی - عروقی یا ریوی، زمین خوردن‌های مکرر، کنتراکچر در مفاصل مچ، هیپ یا زانو، وجود انگشتان چکشی، ضعف شدید بینایی، یا جراحی ارتوپدی در یک سال گذشته را داشتند، از مطالعه کنار گذاشته می‌شدند.

ابتدا، پیش از انجام آزمون‌ها اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان ثبت شد. در مرحله بعد، ضمن توضیح نحوه جمع‌آوری داده‌ها، به منظور آشنایی آن‌ها با فرایند تست‌ها، مراحل به‌طور آزمایشی چند بار تمرین شدند. در این مطالعه، برای هریک از افراد انتخاب‌شده یک ارتوز مچ پای «پی‌ال‌اس» از پیش ساخته‌شده براساس ابعاد پای مبتلا توسط یک ارتوتیست مجرب تهیه و فیت شد. این ارتوز، که از جنس ورق ترموپلاستیک پلی پروپیلن با ضخامت سه میلی‌متر ساخته می‌شود، در ناحیۀ ساق

است. همچنین اختلالات تعادلی در کنترل حرکات و افزایش خطر زمین خوردن از دیگر پیامدهای این عارضه عنوان شده است [۶، ۷]. از مداخلات مؤثر در درمان افتادگی مچ پا می‌توان به ارتوزهای داینامیک غیرفعال مانند پوستریور لیف اسپرینگ (پی‌ال‌اس) (Posterior Leaf Spring: PLS) اشاره کرد. این ارتوزها با قراردادن مچ پا در حالت نوترال یا کمی دورسی‌فلکشن، عملکرد عضلات ضعیف را جبران می‌کنند و سرعت راه رفتن را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، با ایجاد فاصلۀ مناسب بین سرپنجه و زمین در فاز نوسان، به تقارن در راه رفتن، کاهش مصرف انرژی، بهبود تعادل و کنترل پوسچر کمک می‌کنند [۸، ۹].

در دهه‌های اخیر، مطالعات متعددی تأثیر ارتوزهای مچ پای را در عملکرد راه رفتن و تعادل بیماران سکتۀ مغزی بررسی کرده‌اند. برای نمونه، Chern و همکاران نشان دادند که ارتوزهای استاتیک مچ پا به بهبود تعادل استاتیک و عملکرد گام کمک می‌کنند، با این حال تفاوت‌های فردی و نوع ارتوز هنوز نیازمند بررسی بیشتر است [۱۰]. در سال ۲۰۱۷ نیز Kesikburun و همکاران گزارش کردند که ارتوزهای «پی‌ال‌اس» به بهبود تعادل عملکردی و کاهش خطر سقوط منجر می‌شوند [۱۱]. همچنین Tyson و همکاران در مروری سیستماتیک گزارش کردند که استفاده از ارتوزهای مچ پا می‌تواند تعادل و سرعت راه رفتن بیماران سکتۀ مغزی را بهبود بخشد، باوجوداین، شواهد کمی درباره آثار آن در پارامترهای مرکز فشار (Center of Pressure: COP) وجود دارد [۱۲].

کنترل پوسچر فرایند پیچیده‌ای است که از طریق تعامل سیستم‌های اسکلتی - عضلانی - عصبی، مفاصل مچ پا، زانو و لگن را به‌ویژه در حرکات چندجهته هماهنگ می‌کند. عملکرد بهینه این سیستم در فعالیت‌های روزمره اهمیت زیادی دارد، به‌گونه‌ای که وضعیت پوسچر با دستیابی هم‌زمان به ثبات و جهت‌گیری بدن، کنترل می‌شود [۹]. در افراد سالم، این فرایند به‌صورت خودکار انجام می‌شود، اما در افراد مبتلا به سکتۀ مغزی، ضعف عضلانی، اختلالات حسی - حرکتی، کاهش دامنه حرکتی مفاصل، نقص در پردازش عصبی، مشکلات بینایی و افزایش جابه‌جایی مرکز فشار (COP)، چالش‌های عمده‌ای در کنترل پوسچر ایجاد می‌کنند. این مشکلات باعث بی‌تعادلی در تحمل وزن و توزیع نامتقارن آن روی دو اندام تحتانی می‌شوند و خطر سقوط و آسیب را افزایش می‌دهند [۱۳، ۱۴]. یکی از روش‌های ارزیابی ثبات پوسچرال، بررسی پارامترهای مرکز فشار است که نشان‌دهندۀ کنترل سیستم عصبی - عضلانی بر مرکز جرم در هنگام حرکت است. تغییرات نابهنجار در مؤلفه‌های حرکتی جلو - عقب و داخل - خارج یا سرعت مرکز فشار، نشان‌دهندۀ بی‌ثبات یا بی‌تعادلی در انتقال وزن است که می‌تواند به افزایش خطر سقوط و اختلال در عملکردهای روزمره منجر شود [۱۵].

باوجود شیوع سکتۀ مغزی در سالمندان و مشکلات ناشی از آن در تعادل و پوسچر، مطالعات اندکی در زمینه تأثیر ارتوزهای مچ پای در تعادل و پارامترهای کنترل پوسچر انجام شده است. نتایج

و یک بار بدون ارتوز انجام شد. به منظور پیشگیری از تأثیر یادگیری، نحوه انجام این دو حالت به صورت تصادفی انتخاب شدند.

پارامترهای اصلی این مطالعه میزان جابه‌جایی و میانگین سرعت جابه‌جایی مرکز فشار در محورهای قدامی - خلفی و داخلی - خارجی [۱۲، ۱۵] بود. همچنین پارامتر دوم این مطالعه مدت زمان انجام تست برخاستن و رفتن زماندار [۱۶، ۲۲] مدنظر قرار گرفت.

داده‌های تعادل با استفاده از یک صفحه نیروی کیستلر (مدل AA۹۲۶۰ ساخت سوئیس) با فرکانس ۱۰۰ هرتز جمع‌آوری و ثبت شدند. سپس داده‌ها با نرم‌افزار MATLAB نسخه (R2013a) آنالیز و بررسی شدند. برای پردازش، فیلتر پایین‌گذر باتروورت با فرکانس قطع ۱۰ هرتز به کار رفت و میانگین داده‌های ده ثانیه میانی محاسبه شد.

برای تحلیل آماری، نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده شد. نرمالیتی داده‌ها با آزمون شاپیرو - ویلک بررسی شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، از تحلیل واریانس دوبعدی با اندازه‌گیری‌های مکرر (Two-way mixed repeated-measures ANCOVA) با سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه ۲۰ بیمار مبتلا به سکتة مغزی همی‌پلژی براساس معیارهای ورود و خروج انتخاب و بررسی شدند که ۱۳ نفر (۶۵ درصد) آن‌ها مرد بودند و در ۱۴ نفر آن‌ها، سمت چپ دچار آسیب شده بود. همه شرکت‌کنندگان تمام آزمون‌ها را انجام دادند و هیچ‌گونه اثر منفی طی آن ایجاد نشد. جدول ۱ اطلاعات دموگرافیک آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲ تأثیر فوری استفاده از ارتوز «پی‌ال‌اس» بر روی میانگین و انحراف معیار پارامترهای تعادل در حالت ایستادن روی صفحه نیرو با چشم باز و چشم بسته و همچنین عملکرد تعادلی طی راه رفتن را در افراد مبتلا به سکتة مغزی همی‌پلژی نشان می‌دهد.

جدول ۱. خصوصیات دموگرافیک شرکت‌کنندگان در مطالعه

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
سن (سال)	۵/۲۳ $\pm$ ۵۸/۲۳
قد (سانتی‌متر)	۴/۲۳ $\pm$ ۱۷۸
وزن (کیلوگرم)	۳/۴ $\pm$ ۷۶
BMI (کیلوگرم / مترمربع)	۱/۵۴ $\pm$ ۲۴/۳

جدول ۲. میانگین $\pm$ انحراف معیار متغیرهای مرتبط با کنترل پوسچرال براساس مؤلفه‌های مرکز فشار در حالت‌های با و بدون ارتوز «پی‌ال‌اس»

متغیر	وضعیت بینایی	جهت	بدون ارتوز	با ارتوز	ارزش P	توان آماری	اندازه اثر
جابه‌جایی مرکز	چشم باز	قدامی - خلفی	۷ $\pm$ ۲۵	۰۶ $\pm$ ۱۶	۰/۰۱	۰/۵۹	۰/۶۳
فشار	چشم باز	داخلی - خارجی	۸ $\pm$ ۳۱	۰۶ $\pm$ ۱۵	۰/۰۱	۰/۶۷	۰/۷۵
(میلی‌متر)	چشم بسته	قدامی - خلفی	۱۱ $\pm$ ۲۳	۵ $\pm$ ۱۸	۰/۰۱	۰/۸۱	۰/۸۶

تا ۵ سانتی‌متر زیر سر فیولا و در انتهای دیستال تا انتهای نوک انگشتان پا امتداد پیدا می‌کند و لبه‌های این ارتوز در پشت قوزک‌ها بریده می‌شوند.

به منظور انطباق شرکت‌کنندگان به آن‌ها اجازه داده شد که پس از فیت کردن وسیله، به مدت بیست دقیقه با آن در محیط آزمایشگاه راه بروند. برای ارزیابی تعادل استاتیک، از نمونه‌ها خواسته شد روی یک صفحه نیرو (Force Plate) بایستند و پاها را خود را روی محلی قرار دهند که از قبل تعیین شده بود. آزمون‌های تعادل در دو حالت با ارتوز و بدون ارتوز اندازه‌گیری و ثبت شدند. همچنین، به منظور بررسی تأثیر تغییر در فیدبک‌های بینایی، آزمون‌ها برای هر حالت در دو شرایط چشم باز و چشم بسته تکرار شدند. در آزمون‌های چشم باز به منظور کنترل عوامل مداخله‌گر، شرکت‌کنندگان به یک صفحه کاغذ سفید، که ۲ متر دورتر و در سطح چشم آن‌ها نصب شده بود، نگاه می‌کردند و در حالت چشم بسته از چشم‌بند استفاده شد.

در هر بار آزمون، شرکت‌کنندگان باید به مدت شصت ثانیه وزن خود را بین دو پا تقسیم و از حرکت یا صحبت خودداری می‌کردند. هر آزمون سه بار تکرار و بین هر تکرار دو تا پنج دقیقه زمان استراحت در نظر گرفته شد. همچنین، فاصله زمانی بین آزمون‌های با و بدون ارتوز یک ساعت بود. به منظور تحلیل وضعیت تعادل، میانگین داده‌های ده ثانیه میانی تکرارها در هر آزمون انتخاب شدند. تصادفی بودن بین تمام حالات از طریق قرعه‌کشی و با نظارت آزمونگر صورت گرفت.

در این مطالعه، علاوه بر تعادل استاتیک، تعادل عملکردی افراد انتخاب شده با استفاده از آزمون برخاستن و رفتن زماندار ارزیابی شد. برای این آزمون از یک صندلی استاندارد دسته‌دار با ارتفاع نشیمن ۴۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۵ سانتی‌متر استفاده شد [۲۱]. هریک از شرکت‌کنندگان باید ابتدا روی این صندلی می‌نشستند و با اشاره آزمونگر از روی صندلی بلند می‌شدند، مسیری ۳ متری خط کشی شده را به صورت رفت و برگشتی طی می‌کردند و مجدداً روی صندلی می‌نشستند. آزمونگر مدت زمان طی شده را با استفاده از کرنومتر دیجیتالی اندازه‌گیری می‌کرد. این آزمون یکبار با ارتوز

۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۰۲	۹±۲۱	۱۳±۲۸	داخلی - خارجی		
۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۰۱	۵±۲۵	۱۷±۳۲	قدامی - خلفی	چشم باز	سرعت نوسان
۰/۷۲	۰/۶۵	۰/۰۴	۳±۲۱	۵±۲۶	داخلی - خارجی		مرکز فشار
۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۰۲	۴±۲۱	۸±۲۳	قدامی - خلفی	چشم بسته	(میلی متر/ ثانیه)
۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۰۳	۶±۲۸	۸±۳۳	داخلی - خارجی		برخاستن و رفتن
۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۰۲	۲/۱۱±۱۳/۳۴	۱/۱۴±۱۰/۹	-	-	زمان دار (ثانیه)

تلاش‌های بدن برای حفظ مرکز جرم در محدوده پایدار (Margin of Stability) است و سرعت مرکز فشار نمایانگر میزان اصلاحات حرکتی و پاسخ‌های عصبی - عضلانی به ناپایداری‌های پوسچرال است [۲۷، ۲۸].

ارتوز «پی‌ال‌اس» با طراحی خاص خود، که شامل یک بخش پشتی فنری شکل و انعطاف‌پذیر است، علاوه بر محدود کردن حرکات غیرضروری و ناخواسته در مفصل مچ پا و فراهم آوردن پایداری مکانیکی، با تحریک گیرنده‌های حس عمقی در اطراف مفصل، نقش دوگانه‌ای (کنترل مکانیکی و تقویت حس عمقی) در بهبود کنترل پوسچر ایفا می‌کند. تحریک گیرنده‌های عمقی شامل عضلات، تاندون‌ها، لیگامان‌ها و پوست اطراف مچ پا، موجب افزایش دقت و کیفیت بازخورد حسی به سیستم عصبی مرکزی می‌شود و در نتیجه، هماهنگی و پاسخ‌های عضلانی بهبود می‌یابد [۱۰، ۲۵].

از سوی دیگر، این ارتوز با محدودسازی حرکات بی‌هدف مچ پا در جهت قدامی - خلفی و بهبود ثبات جانبی در جهت داخلی - خارجی، به سیستم عصبی مرکزی امکان می‌دهد تا تنظیمات پوسچرال خود را با دقت بیشتر و کارآمدتر انجام دهد؛ به‌ویژه در شرایط چشم بسته، که ورودی بینایی حذف می‌شود و سیستم عصبی بیشتر به ورودی‌های حس عمقی و وستیبولار وابسته است، ارتوز «پی‌ال‌اس» می‌تواند نقش جبران‌کننده‌ای ایفا کند و نوسانات ناخواسته مرکز فشار را کاهش دهد. به عبارت دیگر، حرکات بدن آرام‌تر، هماهنگ‌تر و با مصرف انرژی کمتری انجام می‌شوند که این موضوع برای بیماران نورولوژیک از منظر عملکردی و توان‌بخشی بسیار سودمند است [۲۹، ۳۰].

در بیماران مبتلا به سکتۀ مغزی ضعف عضلانی، اختلال در ورودی‌های حسی و کاهش هماهنگی عصبی - عضلانی به ناپایداری پوسچرال منجر می‌شود که با افزایش دامنه و سرعت حرکت مرکز فشار نمایان می‌شود. ارتوز «پی‌ال‌اس» با ایجاد تعادل میان ثبات مکانیکی و تقویت بازخوردهای حس عمقی، به کاهش این ناپایداری کمک می‌کند و شرایطی فراهم می‌آورد که سیستم عصبی بتواند پاسخ‌های اصلاحی خود را بهینه‌تر اجرا کند [۳۱]. علاوه بر این، ارتوز «پی‌ال‌اس» با فراهم‌سازی ثبات بیشتر در سمت مبتلا، سبب می‌شود که بیمار بتواند وزن خود را به‌صورت ایمن‌تری به آن سمت منتقل کند و از اتکای بیش از حد به سمت سالم بکاهد. این تقارن مجدد در بارگذاری اندام‌ها، از طریق اثر مستقیم بر جابه‌جایی مرکز

براساس نتایج به‌دست‌آمده، پوشیدن ارتوز «پی‌ال‌اس» روی اندام مبتلا به افتادگی مچ پا در مقایسه با وضعیت بدون ارتوز می‌تواند میانگین مؤلفه‌های جلو - عقب و داخل - خارج جابه‌جایی مرکز فشار را به‌صورت معناداری تغییر دهد ($P < 0.05$). علاوه بر این، ارتوز مورد ارزیابی نسبت به پای برهنه توانست میانگین سرعت جابه‌جایی مرکز فشار را در جهت جلو - عقب و داخل - خارج به‌صورت معناداری تغییر دهد ($P < 0.05$). اندازه‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد در همه پارامترها، میانگین به‌طور معناداری کاهش یافته است.

همچنین، بررسی نتایج نشان داد پوشیدن ارتوز در شرایطی که اطلاعات بینایی دستخوش تغییرات شدند، نسبت به عدم استفاده آن روی اندام، سبب بهبود معنادار پارامترهای تعادلی شدند، به‌نحوی که میانگین جابه‌جایی مرکز فشار در حالت با ارتوز و در حالت چشمان بسته در جهت قدامی - خلفی و داخلی - خارجی به‌ترتیب ۵ و ۷ میلی‌متر کاهش معنادار را نشان می‌دهد ($P < 0.05$). این اثر در میانگین سرعت جابه‌جایی مرکز فشار در حالت چشم بسته نیز سبب بهبود معنادار وضعیت شده است، اما نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که میانگین تغییرات صورت گرفته در حالات چشم باز در مقایسه با چشم بسته، کاهش بیشتر داشته است.

علاوه بر این ارتوز «پی‌ال‌اس» توانست میانگین زمان برخاستن و راه رفتن را در مقایسه با پای برهنه به‌صورت معناداری ۳ ثانیه کاهش دهد ($P = 0.02$).

بحث

هدف این مطالعه بررسی تأثیر ارتوز مچ پای «پی‌ال‌اس» در تغییرات مرکز فشار و پارامترهای مرتبط با آن به‌عنوان شاخص‌هایی از تعادل و ثبات پوسچرال در افراد مبتلا به افتادگی پای ناشی از سکتۀ مغزی بود.

نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از ارتوز «پی‌ال‌اس» به کاهش معنادار میزان جابه‌جایی و سرعت حرکت مرکز فشار در دو جهت قدامی - خلفی و داخلی - خارجی، هم در شرایط چشم باز و هم در شرایط چشم بسته، منجر شد. این تغییرات نشانه بهبود قابل توجه در عملکرد سیستم کنترل پوسچر و ثبات تعادلی افراد مبتلا به سکتۀ مغزی است [۲۳] و با مطالعات قبلی، که به اثر مثبت مداخلات ارتوزی بر کنترل پوسچر در بیماران نورولوژیک پرداخته‌اند، همسو است [۲۴-۲۶]. جابه‌جایی مرکز فشار بازتاب

فشار در جهت داخلی - خارجی، به پوسچر پایدارتر و کاهش خطر سقوط منجر می‌شود [۲۳].

به‌طور کلی، ترکیب کنترل مکانیکی ارتوز و افزایش ورودی‌های حسی موجب می‌شود تا جابه‌جایی و سرعت حرکت مرکز فشار کاهش یابد، به این معنی که بدن کمتر دچار نوسانات ناگهانی و بزرگ می‌شود و نیاز به اصلاحات سریع و مکرر کاهش می‌یابد [۲۳]. این شرایط به بهبود پایداری پوسچر و افزایش تعادل وضعیتی منجر می‌شود و کیفیت زندگی بیماران را در فعالیت‌های روزمره به‌طور قابل توجهی ارتقا می‌دهد. به‌طور خاص، کاهش نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی اغلب با بهبود کنترل مچ پا و کاهش حرکت‌های اصلاحی در محور عمودی بدن مرتبط است.

از سوی دیگر، کاهش جابه‌جایی این پارامتر در جهت داخلی - خلفی، که معمولاً چالش‌برانگیزتر است، نشان‌دهنده بهبود عملکرد عضلات تثبیت‌کننده لگن و تنه و نیز افزایش تقارن وزن‌گذاری است. از آنجا که ناپایداری در جهت داخلی - خارجی به‌طور مستقیم با افزایش ریسک افتادن مرتبط است، این بهبود از نظر بالینی اهمیت زیادی دارد [۲۷، ۳۲].

در مجموع، کاهش دامنه و سرعت حرکت مرکز فشار طی تعادل ایستایی در هر دو جهت، چه در حضور بینایی (چشم باز) و چه در غیاب آن (چشم بسته)، نشان‌دهنده آن است که ارتوز «پی‌ال‌اس» نه تنها در شرایط معمول، بلکه در موقعیت‌های چالش‌برانگیز نیز موجب تقویت عملکرد کنترلی سیستم عصبی - عضلانی و بهبود یکپارچگی پاسخ‌های حسی - حرکتی در افراد سکتۀ مغزی می‌شود. هرچند در شرایط چشم باز ورودی‌های بینایی با فراهم‌سازی بازخورد دقیق فضایی، تنظیم پاسخ‌های حرکتی را تسهیل می‌کنند و موجب کاهش نوسانات مرکز فشار بدن می‌شوند. یافته‌های این مطالعه نیز نشان داد در شرایط چشم بسته، که وابستگی به بینایی حذف می‌شود و عملکرد سیستم حس عمقی و دهلیزی برای حفظ تعادل حیاتی می‌شود، پوشیدن ارتوز سبب بهبود وضعیت تعادل شده است. در این شرایط، ارتوز «پی‌ال‌اس» با افزایش تحریک حس عمقی، نقش جبرانی مهمی برای غیاب بینایی ایفا می‌کند [۳۰].

به‌علاوه مطالعه حاضر نشان داد که ارتوز پوستریور لیف اسپرینگ باعث کاهش معنی‌دار زمان آزمون برخاستن و راه‌رفتن زماندار در این بیماران شد. به عقیده نویسندگان، در بیماران سکتۀ مغزی، ضعف و اسپاسم عضلات کنترل‌کننده مچ پا باعث می‌شود که حرکت طبیعی پا دچار اختلال شود و این موضوع خطر زمین‌خوردن را افزایش می‌دهد. استفاده ارتوز با تثبیت و حمایت مکانیکی مچ پا، از حرکات غیرطبیعی، مانند افتادن پا، جلوگیری می‌کند و به‌این‌ترتیب، تعادل بیمار بهبود می‌یابد. این افزایش پایداری مچ پا موجب می‌شود الگوی راه‌رفتن طبیعی‌تر و هماهنگ‌تر شود و فرد بتواند با اطمینان بیشتری حرکت کند. افزایش اعتمادبه‌نفس بیمار در هنگام راه‌رفتن نیز در بهبود عملکرد حرکتی و کاهش خطر سقوط نقش مهمی دارد و در نهایت، سبب افزایش

استقلال بیماران سکتۀ مغزی می‌شود [۲۴].

این مطالعه چندین محدودیت داشت که ممکن است در تفسیر و تعمیم‌پذیری یافته‌ها تأثیرگذار باشد. حجم نمونه نسبتاً کم، تعمیم نتایج به جمعیت‌های وسیع‌تر بیماران سکتۀ مغزی را محدود می‌کند و احتمال سوگیری نمونه‌گیری، به دلیل تفاوت‌های فردی در شدت سکتۀ، محل ضایعه و زمان سپری‌شده از بروز سکتۀ، ممکن است در نتایج تأثیرگذار باشد. علاوه بر این، پارامترهای غیرخطی مرکز فشار مانند آنترویی، نماگر لیاپانوف یا تحلیل‌های فراکتالی، که بینش‌های عمیق‌تری از پیچیدگی کنترل تعادل ارائه می‌دهند، در این مطالعه بررسی نشده‌اند.

همچنین این مطالعه بیشتر بر خروجی‌های مکانیکی تمرکز داشت و هماهنگی عصبی - عضلانی در کنترل تعادل بررسی نشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی ضمن بررسی پارامترهای غیرخطی، از روش‌هایی مانند الکترومیوگرافی سطحی، تحلیل هم‌زمان فعالیت‌های عضلانی و تصویربرداری عصبی استفاده شود تا تعامل بین فعالیت عضلانی، کنترل مرکزی و شاخص‌های پایداری پوسچرال در بیماران مبتلا به سکتۀ مغزی به‌صورت یکپارچه بررسی شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که ارتوز مچ پای «پی‌ال‌اس» موجب کاهش معنادار جابه‌جایی و سرعت حرکت مرکز فشار در جهت‌های قدامی - خلفی و داخلی - خارجی در بیماران مبتلا به افتادگی پا ناشی از سکتۀ مغزی می‌شود که بهبود عملکرد سیستم کنترل پوسچر و افزایش تعادل را نشان می‌دهد. طراحی خاص این ارتوز با ترکیب کنترل مکانیکی و تحریک گیرنده‌های حس عمقی، حرکات ناخواسته مچ پا را محدود و بازخوردهای حسی را تقویت می‌کند. همچنین، ارتوز با افزایش ثبات سمت مبتلا و بهبود تقارن بارگذاری وزن، ریسک سقوط را کاهش می‌دهد و عملکرد حرکتی و اعتمادبه‌نفس بیماران را ارتقا می‌بخشد. در مجموع، ارتوز «پی‌ال‌اس» ابزاری مؤثر در بهبود تعادل و کیفیت حرکت بیماران سکتۀ مغزی است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه برگرفته از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان با شماره ۱۴۰۲۰۸۳۰۷۲۹۰ است. نویسندگان از همه کسانی که در جهت انجام آن همکاری کرده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ تضاد منافع مرتبط با نتایج این مطالعه ندارند.

ملاحظات اخلاقی

کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان این طرح را با

ایده پردازی و تدوین چهارچوب اصلی طرح، جمع آوری و استخراج داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، نگارش اولیه مقاله (۳۰ درصد)؛ نویسنده سوم (پژوهشگر همکار): مسئول مکاتبات مشارکت در نگارش پروپوزال، مشارکت در تجزیه و تحلیل داده‌ها، مشارکت در نگارش مقاله (۳۰ درصد)؛ نویسندگان چهارم تا هفتم (پژوهشگران همکار): مشارکت در انجام مطالعات مقدماتی، مشارکت در تهیه پروپوزال و همکاری در انتخاب نمونه‌ها (هر کدام ۲/۵ درصد).

حمایت مالی

دانشگاه علوم پزشکی همدان از این طرح حمایت مالی کرده است.

سهم نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر همکار): مشارکت در مطالعات مقدماتی و ایده پردازی موضوع، مشارکت در تهیه و تدوین بخش‌های مختلف طرح، نظارت بر اجرا (۳۰ درصد)؛ نویسنده دوم (پژوهشگر اصلی):

شناسه IR.UMSHA.REC.1402.280 تأیید کرده است. همچنین، در مرکز کارآزمایی‌های بالینی کشور با کد IRCT20190919044818N3 ثبت شده است. پس از انتخاب شرکت‌کنندگان و توضیح کامل مراحل مطالعه و آزمون‌ها توسط یکی از محققان، فرم رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از آن‌ها اخذ و به آن‌ها اطمینان داده شد که اطلاعاتشان محرمانه باقی خواهد ماند و در هر مرحله از مطالعه می‌توانند از ادامه آن انصراف دهند.

REFERENCES

- Ahmed Z, Chaudhary F, Agrawal DK. Epidemiology, pathophysiology and current treatment strategies in stroke. *Cardiol Cardiovasc Med*. 2024;8(4):389-404. PMID: 39301121 DOI: 10.26502/fccm.92920399
- Jonsdottir J, Ferrarin M. Gait disorders in persons after stroke. In: Handbook of human motion. 2nd ed. Springer; 2018. p. 1205-16. DOI: 10.1007/978-3-319-14418-4_61
- Choo YJ, Chang MC. Effectiveness of an ankle-foot orthosis on walking in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021;11(1):15879. PMID: 34354172 DOI: 10.1038/s41598-021-95449-x
- Schifino G, Cimolin V, Pau M, da Cunha MJ, Leban B, Porta M, et al. Functional electrical stimulation for foot drop in post-stroke people: quantitative effects on step-to-step symmetry of gait using a wearable inertial sensor. *Sensors (Basel)*. 2021;21(3):921. PMID: 33573046 DOI: 10.3390/s21030921
- Alnajjar F, Zaier R, Khalid S, Gochoo M. Trends and technologies in rehabilitation of foot drop: a systematic review. *Expert Rev Med Devices*. 2021;18(1):31-46. PMID: 33249938 DOI: 10.1080/17434440.2021.1857729
- He W, Yaning L, Shaohong Y. Effect of electrical stimulation in the treatment of patients with foot drop after stroke: a systematic review and network meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2025;34(5):108279. PMID: 40057253 DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2025.108279
- Daryabor A, Arazpour M, Aminian G. Effect of different designs of ankle-foot orthoses on gait in patients with stroke: a systematic review. *Gait Posture*. 2018;62:268-79. PMID: 29587246 DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.03.026
- Rahbar S, Pourhoseingholi E, Hoseini P, Asgharian SF, Nouri MJ, Mohamadi S, et al. The kinetic and kinematic efficacy of posterior leaf spring ankle-foot orthosis in patients with drop foot. *Curr Orthop Pract*. 2022;33:10.1097. DOI: 10.1097/bco.0000000000001284
- Pourhoseingholi E, Saeedi H. Role of the newly designed ankle-foot orthosis on balance-related parameters in drop foot post-stroke patients. *J Bodyw Mov Ther*. 2021;26:501-4. PMID: 33992288 DOI: 10.1016/j.jbmt.2020.11.022
- Chang H-S, Chern J-S. The effects of anterior and posterior ankle-foot orthoses on sit-to-stand transfer performance in stroke patients. *Gait Posture*. 2022;98:248-54. PMID: 36201926 DOI: 10.1016/j.gaitpost.2022.09.081
- Kesikburun S, Yavuz F, Güzelküçük Ü, Yaşar E, Balaban B. Effect of ankle-foot orthosis on gait parameters and functional ambulation in patients with stroke. *Turk J Phys Med Rehabil*. 2017;63(2):143-9. PMID: 31453442 DOI: 10.5606/tftrd.2017.129
- Tyson S, Sadeghi-Demneh E, Nester C. A systematic review and meta-analysis of the effect of an ankle-foot orthosis on gait biomechanics after stroke. *Clin Rehabil*. 2013;27(10):879-91. PMID: 23798747 DOI: 10.1177/0269215513486497
- Bensoussan L, Viton J-M, Schieppati M, Collado H, de Bovis VM, Mesure S, et al. Changes in postural control in hemiplegic patients after stroke performing a dual task. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(8):1009-15. PMID: 17678663 DOI: 10.1016/j.apmr.2007.05.009
- Chen I, Cheng P, Hu A, Liaw M, Chen L, Hong W, et al. Balance evaluation in hemiplegic stroke patients. *Chang Gung Med J*. 2000;23(6):339-47. PMID: 10958036
- Nolan KJ, Yarossi M, McLaughlin P. Changes in center of pressure displacement with the use of a foot drop stimulator in individuals with stroke. *Clin Biomech*. 2015;30(7):755-61. PMID: 26003198 DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2015.03.016
- Pradhan D, Mohanty RK. Impact of plantar flexion resistive moment of dynamic ankle-foot orthosis on measures of center of pressure and clinical gait outcomes in individuals with post-stroke hemiparesis. *Gait Posture*. 2024;113:58-66. PMID: 38850851 DOI: 10.1016/j.gaitpost.2024.05.024
- Chen C-L, Yeung K-T, Wang C-H, Chu H-T, Yeh C-Y. Anterior ankle-foot orthosis effects on postural stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(12):1587-92. PMID: 10597811 DOI: 10.1016/s0003-9993(99)90335-0
- Ferencz DC, Jin Z, Chizeck HJ. Estimation of center-of-pressure during gait using an instrumented ankle-foot orthosis. In: Proceedings of the 15th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE. 1993. DOI: 10.1109/IEMBS.1993.978965
- Choo YJ, Kim JK, Kim JH, Chang MC, Park D. Machine learning analysis to predict the need for ankle-foot orthosis in patients with stroke. *Sci Rep*. 2021;11(1):8499. PMID: 33875716 DOI: 10.1038/s41598-021-87826-3
- Chen CP, Suputtitad A, Chatkungwanson W, Seehaboot K. Anterior or posterior ankle-foot orthoses for ankle spasticity: which one is better? *Brain Sci*. 2022;12(4):454. PMID: 35447984 DOI: 10.3390/brainsci12040454
- Aslankhani MA, Farsi A, Fathirezaie Z, Zamani Sani SH, Aghdasi MT. Validity and reliability of the timed up and go and the anterior functional reach tests in evaluating fall risk in the elderly. *Iran J Ageing*. 2015;10(1):16-25. Link
- Kang N, Da Lee R, Lee JH, Hwang MH. Functional balance and postural control improvements in patients with stroke after noninvasive brain stimulation: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(1):141-53. PMID: 31568760 DOI: 10.1016/j.apmr.2019.09.003
- Tyson SF, Kent RM. Effects of an ankle-foot orthosis on balance and walking after stroke: a systematic review and pooled meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*.

- 2013;**94**(7):1377-85. [PMID: 23416220](#) [DOI: 10.1016/j.apmr.2012.12.025](#)
24. Chen C-L, Teng Y-L, Lou S-Z, Chang H-Y, Chen F-F, Yeung K-T. Effects of an anterior ankle-foot orthosis on walking mobility in stroke patients: get up and go and stair walking. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;**95**(11):2167-71. [PMID: 25128000](#) [DOI: 10.1016/j.apmr.2014.07.408](#)
 25. Msechu ZB, Zaheer Qureshi A, Drew T. Effect of posterior leaf spring and carbon composite ankle-foot orthosis on gait and functional mobility of stroke survivors with hemiplegia: a randomized clinical trial. *Internet J Allied Health Sci Pract*. 2023;**21**(4):18. [DOI: 10.46743/1540-580X/2023.2242](#)
 26. Lee J-H, Choi I-R, Choi H-S. Immediate effects of ankle-foot orthosis using wire on static balance of patients with stroke with foot drop: a cross-over study. *Healthcare (Basel)*. 2020;**8**(2):116. [PMID: 32354201](#) [DOI: 10.3390/healthcare8020116](#)
 27. Padilla MG, Rueda FM, Diego IA. Effect of ankle-foot orthosis on postural control after stroke: a systematic review. *Neurologia (Engl Ed)*. 2014;**29**(7):423-32. [PMID: 22178049](#) [DOI: 10.1016/j.nrl.2011.10.003](#)
 28. Jagroop D, Aryan R, Schinkel-Ivy A, Mansfield A. Reliability of novel centre of pressure measures of quiet standing balance in people with chronic stroke. *medRxiv*. 2022. [DOI: 10.1101/2022.11.29.22282901](#)
 29. Jor A, Lai CH, Khan MJ, He Y, Lam W-K, Winsor SJ, et al. Effects of somatosensory-stimulating foot orthoses on postural balance in older adults: a computerized dynamic posturography analysis. *Gait Posture*. 2025;**119**:189-96. [PMID: 40147271](#) [DOI: 10.1016/j.gaitpost.2025.03.016](#)
 30. Sung PS, Lee D. Effects of visual input on postural stability and compensatory strategies in adults with chronic low back pain. *Vision*. 2025;**9**(1):14. [PMID: 40137926](#) [DOI: 10.3390/vision9010014](#)
 31. Krishnamoorthy V, Hsu W-L, Kesar TM, Benoit DL, Banala SK, Perumal R, et al. Gait training after stroke: a pilot study combining a gravity-balanced orthosis, functional electrical stimulation and visual feedback. *J Neurol Phys Ther*. 2008;**32**(4):192-202. [PMID: 19265761](#) [DOI: 10.1097/npt.0b013e31818e8fc2](#)
 32. Ortega-Bastidas P, Gómez B, Barriga K, Saavedra F, Aqueveque P. Post-stroke balance impairments assessment: clinical scales and current technologies. In: Post-stroke rehabilitation. IntechOpen. 2022. [Link](#)