



# معاونت پژوهشی و فناوری

## گزارش نهایی طرح تحقیقاتی

بررسی اثر ارتز پا بر دامنه و فرکانس نیروهای عکس العمل زمین در

سالمندان طی راه رفتن

## مجری طرح:

دکتر آیدین ولی زاده اورنج

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی

این طرح با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی  
اجرا گردیده است.

شهریور ۹۸

## بررسی اثر ارتوز پا بر دامنه و فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن

### چکیده

**سابقه و هدف:** با افزایش سن الگوی راه رفتن دچار تغییر شده و توانایی فرد برای راه رفتن کاهش می‌یابد. همچنین با شروع فرایند پیری همکاری سیستم‌های بالانس مختل و منجر به بی‌ثباتی می‌شود. تغییر بیومکانیکی کوچک در پا، به عنوان تحتانی‌ترین اندام بدن و تاثیرگذار بر تعادل، بر کنترل پاسچر موثر می‌باشد. استفاده از کفی‌های دارای برجستگی منجر به توانبخشی آسیب‌ها، بهبود کارایی و افزایش راحتی می‌شود. هدف پژوهش حاضر "بررسی اثر استفاده از ارتوز پا بر دامنه و فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن" بود.

**مواد و روش‌ها:** ۲۱ سالمند ( سن  $66/350 \pm 6/226$  سال، قد  $165/651 \pm 9/410$  سانتی‌متر، وزن  $79/100 \pm 15/234$  کیلوگرم) داوطلب شرکت در آزمون شدند. برای ثبت نیروهای عکس‌العمل زمین طی سه شرایط راه رفتن بدون کفی، با کفی بافت‌دار درشت و ریز به صورت آنی از صفحه‌نیروی برتک استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون ANOVA با اندازه‌گیری‌های تکراری استفاده گردید. تمام تحلیل‌ها در سطح معنی‌داری  $0/05$  انجام شد.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد مقدار نیروی قدامی-خلفی در فاز تماس پاشنه طی شرایط با کفی بافت‌دار ریز نسبت به شرایط بدون کفی کاهش ( $p=0/003$ ) و مقدار همین نیرو در این فاز در شرایط کفی بافت‌دار درشت نسبت به شرایط بدون کفی تمایل به کاهش معنی‌داری داشت ( $p=0/056$ ). زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی طی فاز تماس پاشنه در شرایط کفی بافت‌دار درشت نسبت به شرایط بدون کفی، کاهش ( $p=0/048$ ) و طی فاز هل دادن در شرایط کفی بافت‌دار درشت، تمایل به افزایش ( $p=0/053$ ) داشت. علاوه بر این نرخ بارگذاری طی شرایط با کفی بافت‌دار درشت نسبت شرایط بدون کفی تمایل به افزایش معنی‌دار داشت ( $p=0/068$ ). میزان راحتی کفی بافت درشت نسبت به کفی بافت ریز و همچنین شرایط بدون کفی تفاوت معنی‌داری را نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج حاصل شده از بررسی ارتوز بر طیف فرکانس و مولفه‌های نیروهای عکس‌العمل زمین می‌توان به این اشاره کرد که هرچند این کفی‌ها بر تون عضلانی بی‌اثر می‌باشند، اما مقدار لغزش و ناپایداری را تغییر نداده است، در نتیجه به عنوان عامل موثر بر تعادل می‌توان در نظر گرفته شود. استفاده از کفی‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر به دلیل بهبود راحتی فرد طی راه‌رفتن احتمالا می‌تواند مفید باشد.

**واژه‌های کلیدی:** راه رفتن، کینتیک، ارتوز پا، سالمندان

یکی از مهارت‌های اساسی انسان که بخش اعظم فعالیت‌های روزمره را شامل می‌شود، راه رفتن است این مهارت که در سال‌های اولیه زندگی فراگرفته می‌شود در حدود ۷ سالگی به تکامل می‌رسد و تا ۶۰ سالگی در همان سطح باقی خواهد ماند (۱). نیاز اساسی هر فرد برای حرکت از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر با راه رفتن مهیا می‌شود (۲). بخش عظیم فعالیت راه رفتن را اندام تحتانی برعهده دارد چرا که سه نقش مهم جذب نیروهای عکس‌العمل زمین، حفظ تعادل و انتقال نیروهای جلوبرنده را ایفا می‌کند (۳). از اصول تاثیرگذار بر الگوی راه رفتن می‌توان بر تغییرات محدود کننده دامنه حرکتی، تغییرات مربوط به کاهش قدرت و همچنین تغییرات مربوط به عوامل تخریب‌کننده کنترل تعادل اشاره کرد (۴). تمام موجودات زنده از جمله انسان "سالمندی" که یک فرایند زیستی می‌باشد، را تجربه می‌کنند (۵). مقطعی از زندگی که آغازگر تغییرات جسمی و روحی در فرد می‌باشد، تحت عنوان سالمندی یاد می‌شود. در واقع می‌توان گفت سالمندی یک پدیده‌ی بیولوژیکی است که در وضعیت روانی اجتماعی فرد و همچنین نحوه‌ی زیست ارگانسیم در طی زمان ظاهر می‌شود که این تغییرات با کاهش قابلیت انعطاف‌پذیری سالمند در تغییر شرایط ناگهانی و همچنین اختلال در ایجاد تعادل مجدد شروع و رفته‌رفته در ساختمان و اعضا مختلف فرد دگرگونی‌هایی را به وجود می‌آورد (۵). طبق بیانیه‌های معتبر و منابع علمی سن سالمندی از ۶۰ سال شروع می‌شود و فرد بالای ۶۰ سال سالمند خوانده می‌شود (۶). (۷) طبق گزارشات اخیر ۲۶ درصد جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ را افراد سالمند تشکیل خواهند داد (۵). همچنین بیان شده است در سال ۲۰۰۰، حدوداً ۱/۸ جمعیت جهان را افراد بالای ۶۵ سال (جمعیتی بالغ بر ۷۵۰ میلیون نفر) که به عنوان سالمند شناخته می‌شوند، تشکیل داده‌اند (۸). به عبارت دیگر از هر ۳ سالمند بالای ۶۵ سال، یک نفر و از هر دو سالمند بالای ۸۰ سال به طور متوسط یک نفر حداقل یک بار در سال زمین می‌خورد (۹، ۱۰). ششمین عامل مرگ و میر در سالمندان "زمین خوردن" است که همراه با ناتوانی‌ها و بیماری است (۱۱). زمین خوردن صدمات زیادی از جمله ایجاد خونریزی، کبودی، پیچ خوردگی مفاصل، کشیدگی عضلات، شکستگی لگن، تاثیرات روانی و نهایتاً مرگ را بدنبال دارد (۱۲). سالمندی دوره‌ای از زندگی بشر است که ظرفیت‌های فیزیولوژیکی بدن را کاهش و عملکرد حرکتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۲). سالمندی و یا همان "پیری" یک فرآیند بیولوژیکی طبیعی است، نه یک بیماری که این افراد متاثر آن باشند و رنج بکشند (۱۳). این فرآیند زیستی با کاهش نیروی حیاتی و تطابقی همراه است؛ بدین معنا که ظرفیت تطابق‌پذیری فرد با شرایط ناگهانی کاهش می‌یابد و ناتوانی در برقرار کردن تعادل وی مشهود است (۴). با بالا

رفتن سن تغییرات شیمیایی، سلولی و زیست شناختی در سالمندان منجر به ضعف جسمانی می‌شود که متعاقب این ضعف قابلیت‌های حرکتی در آن‌ها تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد (۱۴) و این کاهش به خودی‌خود منجر به بیماری‌هایی می‌شود که می‌تواند بر کیفیت زندگی سالمندان تاثیر بگذارد (۱۳). با شروع روند افزایش سن و فرآیند پیری، سیستم‌های موثر بر تعادل از جمله سماتوسنسوری، بینایی و وستیبولار تحت تاثیر قرار می‌گیرند و دچار اختلال شوند (۳)؛ بنابراین در پاسخ‌های عضلانی سریع و متناسب در جهت اصلاح وضعیت و همچنین تشخیص انحرافات مرکز ثقل دچار مشکل می‌شود (۱۵). از مهمترین عواملی که سلامتی سالمندان را تهدید می‌کند تغییرات بوجود آمده در راه رفتن آن‌هاست (۱۶). محدودیت‌های حرکتی و جسمانی با افزایش سن در سیستم‌های مختلف بدن انسان پدیدار می‌شوند. توانایی حفظ تعادل و راه رفتن برای افراد مسن کاهش می‌یابد و سرعت راه رفتنشان کندتر و طول گام‌های آن‌ها کوتاه‌تر می‌شود (۱۷). الگوی راه رفتن با افزایش سن دستخوش تغییر شده و توانایی سالمند برای راه رفتن شروع به کاهش می‌کند (۱۵). ضعف عضلات اندام تحتانی با بالا رفتن سن کاهش توانایی راه رفتن را ه دنبال دارد (۱۸). کاهش دامنه حرکتی مفاصل، آتروفی عضلانی و تحلیل رفتن عضلات اسکلتی از پیامدهای افزایش سن می‌باشند. به دلیل استفاده بیشتر از اندام تحتانی نسبت به اندام فوقانی در فعالیت‌های روزمره قدرت عضلات در پایین تنه و در اندام تحتانی بیشتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۱۹). با افزایش سن عضلات اسکلتی که از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده در حرکت می‌باشند، دچار تغییر و بدنبال آن کاهش قدرت عضلانی می‌شود (۲۰). از ۵۰ سالگی به بعد قدرت عضلات اندام تحتانی هر ساله ۴ درصد کاهش می‌یابد (۲۱). از علل زمین خوردگی در سالمندان می‌توان به اختلالات تعادلی (۲۲)، (۲۳) و ضعف در عضلات اندام تحتانی (۲۴) اشاره کرد. اطلاعات مربوط به موقعیت فرد توسط عضلات اندام تحتانی از گیرنده‌های مکانیکی در پا، گیرنده‌های مفصلی در کپسول مچ پا و گیرنده‌های حسی-عمقی درون عضلات پا دریافت می‌شود (۲۵).

تحمل وزن، جذب و کاهش ضربات وارد شده هنگام راه رفتن، دویدن، پریدن و همچنین حفظ وضعیت در حالت ایستا و پویا از نقوش مهم اندام تحتانی است (۲۶). اصلی‌ترین راه تعامل بین زمین و بدن انسان، پا است که ساختار و نوع آناتمی آن بر نحوه‌ی راه رفتن عاملی تاثیرگذار است (۲۷). عملکرد پا هنگام تحمل وزن و پیشروی، به دلیل موقعیت و ساختار آناتومیکی و همچنین توزیع نیروی عکس‌العمل زمین متناسب با آن تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۷). مطابق مطالعات گذشته بین وارد شدن فشار بیش از حد به کف پا و شیوع زخم، دفورمیتی‌های پا، پینه، کاهش ضخامت بافت

کف پا و همچنین محدودیت حرکت مفاصل ارتباط مستقیمی وجود دارد (۲۸). پا در فعالیت‌هایی که با تحمل وزن همراه است، به حفظ کنترل پاسچر و تعادل و حمایت مکانیکی بدن، با استفاده از ساختار استخوانی-لیگامنتی قوس‌های کف پای و عملکرد هماهنگ عضلات اندام تحتانی و همچنین با توجه به وضعیت بدن از طریق گیرنده‌های حسی-عمقی و گیرنده‌های فشاری موجود در کف پا کمک می‌کند (۲۹). بنابراین می‌توان ادعا کرد که اختلال و نقص در پاسچر، قدرت یا حس پا و همچنین انعطاف‌پذیری، عملکرد حمایتی را تحت تاثیر قرار داده و در بروز برهم خوردن تعادل دخیل بوده و فرد را مستعد از دست دادن تعادل کند (۳۰-۳۲). با روند پیری کاهش در گیرنده‌های سماتوسنسوری کف پا و همچنین اختلالات عملکردی و نقص ساختاری، باعث بی‌ثباتی پاسچرال، برهم خوردن تعادل و متعاقب آن زمین خوردن در سالمندان می‌شود. افرادی که دقت گیرنده‌های حسی-عمقی آن‌ها مختل و یا کاهش می‌یابد، قادر به تشخیص آنی نوسانات بدن نیستند و در پایداری و تعادل بدن خود، نمی‌توانند واکنش به موقع نشان داده و پاسچر خود را حفظ و کنترل نمایند (۳۳).

حفظ تعادل و یا "کنترل پاسچر" به وضعیتی اطلاق می‌شود که اندام‌ها و قسمت‌های مختلف بدن در راستای بیومکانیکی مناسب قرار داشته و در وضعیت‌های خاص خود را حفظ نماید. به عبارتی دیگر توانایی نگهداری مرکز جرم بدن در محدوده سطح اتکا بیان‌کننده کنترل پاسچر است. تعادل به دو شکل پویا و ایستا وجود دارد. در تعادل پویا قسمت‌های مختلف بدن در حال حرکت‌اند که نیروی مداوم و متعادل برای حفظ تعادل توسط عضلات بر مرکز ثقل بدن اعمال می‌شود (۳۴). حفظ پاسچر و کنترل آن در وضعیت سکون، تعادل ایستا می‌باشد. حفظ حالت عمودی سر و کنترل جهت‌گیری‌های مختلف اندام‌های بدن در فضا در فعالیت‌های مختلف نظیر ایستادن، راه رفتن، دویدن و ... و همچنین حفظ مرکز ثقل روی سطح اتکا، هدف اصلی کنترل پاسچر است (۲۹). اساس عملکرد حرکات بدن کنترل پاسچر است، که برای اکثر حرکات و فعالیت‌های روزانه مورد نیاز و ضروری می‌باشد. این عمل تحت تاثیر سه سیستم بینایی، دهلیزی و حسی-پیکری با تاثیر متقابل سیستم عصبی-مرکزی است (۳۵). برای برقراری کنترلی مناسب در جهت حفظ مرکز بدن در محدوده سطح اتکا، نیازمند اعمال پاسخ‌های مناسب اسکلتی-عضلانی برای برقراری تعادل بین نیروهای ثبات‌دهنده و مغشوش‌کننده، ترکیب اطلاعات حسی-حرکتی توسط سیستم عصبی-مرکزی و همچنین بازبایی حسی حرکات بدن می‌باشد (۳۵، ۳۶). برای برقراری تعادل پاسخ‌های حاصل از بخش‌های مختلف سیستم برقراری تعادل یا همان کنترل پاسچر دائما تحت بررسی بوده و دروندادهای مربوطه از قشر حرکتی ارسال می‌شوند بدین معنا

که همواره بدن در حال حرکت است که از آن به عنوان "نوسان پاسچر" و با "نوسان وضعیتی" یاد می‌کنند (۳۶). اختلالات عصبی-عضلانی، آسیب‌ها، پای غالب، خستگی پدیده‌های روانی و "سالمندی" از مهمترین عوامل موثر بر کنترل پاسچر و برقراری تعادل می‌باشند (۳۷). مطابق گزارشات پیشین، راستای اندام تحتانی می‌تواند بر تعادل موثر باشد (۳۸). افزایش نوسانات پاسچری و لغزش‌های ناشی از عدم تعادل نتیجه‌ی اختلال در سیستم برقرار کننده تعادل و کنترل پاسچر است که این اختلال کاهش ثبات پاسچر را بدنبال دارد (۳۹). با شروع فرآیند سالمندی و پیری نقص ساختاری، عملکردی و کاهش در گیرنده‌های حسی-عمقی کف پا، منجر به عدم تعادل، بی‌ثباتی پاسچرال و بدنبال آن زمین خوردن در سالمندان می‌شود. گزارش شده است که در افراد بالای ۶۵ سال، ۳۰ درصد و در افراد بالای ۸۵ سال، ۵۰ درصد از سالمندان حداقل یک بار زمین خوردگی در سال را تجربه می‌کنند (۴۰) که می‌توان گفت ۴۰ درصد این زمین خوردن‌ها در افراد بالای ۸۵ سال منتهی به مرگ (۴۱) و در افراد بالای ۶۵ سال ۳۱ درصد زمین خوردن‌ها آسیب‌های جدی همچون انواع شکستگی را بدنبال دارد (۴۲). با توجه به آنچه بیان شد می‌توان ادعا نمود تقویت سیستم‌های حسی از جمله لمس کف پا و حس عمقی در افراد دارای کاهش حفظ و کنترل و یا عدم تعادل با استفاده از مداخلات درمانی همچون ارتوز، کفی، کفش و ... می‌تواند بهبود تعادل و کاهش ریسک برهم خوردن تعادل و زمین خوردن را بدنبال داشته باشد (۴۳). پیشگیری از سقوط و یا کاهش احتمال سقوط در سالمندان کمک به سلامت و کیفیت زندگی آن‌ها می‌کند و در کاهش هزینه‌های مراقبت بهداشتی موثر است (۴۴). رایج‌ترین روش درمانی غیرجراحی جهت بهبود عملکرد عضلانی سالمندان جهت جلوگیری و کاهش برهم خوردن تعادل و همچنین زمین خوردن، استفاده از ابزارهای حمایتی، کمکی و انواع ارتوز است. ابزار حمایتی همچون انواع بریس و ارتوز می‌تواند با تحریک گیرنده‌های حسی-عمقی درون عضلات و پوست بهبود عملکرد این گیرنده‌ها و متعاقباً ثبات مفاصل را تثبیت کنند (۴۵). از نظر استاندارد جهانی، دستگاه خارجی که هدف آن اصلاح ساختار و بهبود عملکرد عضو نوروماسکیولار (عصبی-عضلانی) و همچنین سیستم اسکلتی باشد، ارتوز نام دارد (۴۶). از ارتوزها جهت رفع کردن اختلالات اسکلتی-عضلانی، مشکلات مادرزادی، معلولیت‌ها و دیگر مشکلات استفاده می‌شود. هدف ارتوز کاهش بار وارده بر دیستال اندام‌ها، کنترل حرکات غیر نرمال، تقویت حرکات و یا حمایت از مفاصل و قسمت دچار عارضه، تثبیت مفصل ضعیف یا فلج و ... است (۴۶). استفاده از ارتوزها به عنوان عمومی‌ترین تکنیک برای تغییر حرکات در اندام تحتانی یاد شده است (۴۷) - (۴۹). بیان شده است استفاده از نمونه‌ای از ارتوزها به نام کفی‌های بافت‌دار در سالمندان می‌تواند نوسانات میانی-جانبی

آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (۲۲). همچنین در پژوهش هاتون و همکاران که تاثیر سه نوع ارتز با بافت‌های متفاوت بر تعادل سالمندان مورد بررسی قرار گرفت گزارش شد که ارتزهای دارای بافت و طرح‌دار عملکرد تعادل در افراد مسن را بهبود می‌بخشد و مقدار این تاثیر به نوع بافت وابسته است (۲۲). در مطالعه‌ای مشابه که اثر سه کفی با بافت متفاوت بر ثبات قامتی را بررسی کرده بود بیان شده که تغییری در ثبات قامت در ایستادن با استفاده از کفی‌های بافت‌دار مشاهده نشد (۵۰). مطابق مطالعه‌ای که به بررسی تعادل ایستا و طی ۳۰ متر راه رفتن پرداخته شد، هیچگونه بهبودی در قامت و یا ثبات قدم زدن طی یک دوره‌ی ۴ هفته‌ای که آزمودنی‌ها دائماً از کفش‌هایی با کفی‌های بافت‌دار استفاده کردند، مشاهده نشد (۵۱). در مطالعی پالول و همکاران، استفاده از صندل‌های دارای بافت منجر به بهبود تعادل در راستای قدامی-خلفی شد (۳۳).

گزارشات زیادی بیان کرده‌اند پاسچر پا بر کینتیک و کینماتیک مفاصل و عضلات اندام تحتانی در حین راه رفتن موثر است. منظور از کینتیک بررسی عامل نیرو در تحلیل حرکات می‌باشد (۵۲) که نیروهای عکس‌العمل نمونه‌ای از متغیر کینتیکی می‌باشد که از طریق Force Plate یا همان صفحه نیرو اندازه‌گیری می‌شود. صفحه نیرو، نیروی اعمال شده توسط پا روی دستگاه نام‌برده را می‌سنجد، که بر روی زمین قرار می‌گیرد. طبق قانون سوم نیوتون، نیروی عکس‌العمل زمین نیرویی است که در جهت خلاف نیروی اعمال شده عمل می‌کند. همینطور نیروی اعمال شده توسط بدن به زمین، نیروی عکس‌العمل زمین یا GRF نامیده می‌شود که نیرویی برابر اما خلاف جهت را به پا اعمال می‌کند (۵۲). مانند دیگر نیروها، نیروی عکس‌العمل زمین بردار است و قابل تقسیم به مولفه‌هایش می‌باشد که شامل مولفه عمودی Z، مولفه قدامی-خلفی Y و مولفه داخلی-خارجی X می‌باشد؛ هر سه مولفه X، Y و Z بر یکدیگر عمودند (۵۲). مولفه Z در برخی منابع، مولفه داخلی-خارجی و مولفه TY مولفه عمودی عنوان شده است (۵۲). با استفاده از داده‌های صفحه نیرو می‌توان مقادیر نرخ بارگذاری عمودی و گشتاور آزاد را تخمین زد. منظور از نرخ بارگذاری شیب منحنی نیروی عکس‌العمل زمی زمان رسیدن به قله اول می‌باشد (۵۳). مقدار بالاتر از ۷۰ و ۷۲ نیوتون بر کیلوگرم بر ثانیه نرخ بارگذاری با آسیب‌های ناشی از شکستگی‌های فشاری (۵۴، ۵۵) و درد کشکی‌رانی (۵۶) و مقادیر بیشتر از ۱۰ نیوتون بر کیلوگرم بر ثانیه با آسیب نیام کف‌پایی در دونده‌ها در ارتباط می‌باشد. مطابق پژوهشی که در سال ۲۰۰۳ انجام شد گزارش شده است نرخ بارگذاری در دوندگان مرد هنگام دویدن با سرعت ۹ و ۱۰ کیلومتر بر ثانیه نسبت به دوندگان مرد سالم، دارای معنی‌داری بیشتری بود (۵۷). همچنین در پژوهش انجام شده توسط میلنر و همکاران (۲۰۰۶) اعلام شد دوندگان زن دارای



استرس فراكچر تيبيا داراي نرخ بارگذاري بالايي بودند (۵۸). در گزارش تهيه شده‌ي فبر و همكاران (۲۰۰۲)، كه يك گروه از دوندگان مرد و زن داراي استرس فراكچر در مقايسه با دوندگان سالم را مورد بررسي قرار داده بودند بيان شد دوندگان مرد و زن داراي استرس فراكچر نرخ بارگذاري بالاتري داشتند (۵۹). ميزان گشتاور وارد بر پا در محل مركز فشار حول محور عمودي به عنوان "گشتاور آزاد" شناخته مي‌شود (۶۰). ميلنر و همكاران (۲۰۰۶) بيان كردند دوندگان داراي استرس فراكچر در زمان راهرفتن داراي مقادير گشتاور آزاد بالاتري نسبت به دوندگان سالم بودند (۵۸). اخيرا، از گشتاور آزاد به عنوان يك شاخص نيروي پيچشي در اندام تحتاني ياد مي‌شود و بيان شده كه داراي ارتباط نزديكي با استرس فراكچر تيبيا در دوندگان استقامتي مي‌باشد (۵۸). طبق پژوهش يانگ و همكاران (۲۰۱۴) گشتاور آزاد نسبت به نيروي عمودي عكس‌العمل زمين به تغيير شكل پيچشي تيبيا طي راهرفتن بستگي بيشتري دارد (۶۱). پس مي‌توان ادعا نمود با کاهش گشتاور آزاد و نرخ بارگذاري عمودي در زمان راه رفتن، احتمال وقوع آسيب در اندام تحتاني افراد مستعد کاهش مي‌يابد (۵۳). تغيير در نيروهاي عكس‌العمل زمين و نرخ بارگذاري ممكن است با استفاده از كفي و ارتوزهاي پا محيا شود. ميزان اورژن پاشنه و چرخش تيبيا در افراد سالم با استفاده از كفي تحت تاثير قرار مي‌گيرد (۶۲) با اين حال اثر مداخلاتي همچون ارتوزها و كفي‌ها در مقدار تغييرات مؤلفه‌هاي نيروي عكس‌العمل زمين مشخص نيست (۶۳). زمان‌بندي مؤلفه‌هاي نيروي عكس‌العمل كه در بررسي اثرات كفي كمتر مورد توجه قرار گرفته است، از ديگر مولفه‌هاي عكس‌العمل زمين است. زمان‌بندي مؤلفه‌هاي نيروي عكس‌العمل زمين با چگونگي كنترل وظيفه حركتي (۶۴، ۶۵) در ارتباط مي‌باشد. پارامترهاي كينتيكي، همچون نيروهاي عكس‌العمل زمين و طيف فرکانس، تغييرات مكانيكي مربوط به بيماري‌ها و تغييرات اندام تحتاني را بيان مي‌كنند؛ درميان پارامترهاي راهرفتن و دويدن متغيرهاي كينتيكي اهميت ويژه‌اي دارند (۶۶). تجزيه و تحليل طيف فرکانس يا تحليل هارمونيك براي ارزيابي تغييرات مكانيكي در گام‌برداري اندام تحتاني مي‌باشد كه امكان بررسي نه‌تنها نقاط گسسته مثل اوج يا حداقل مقدار زاويه مفصل يا نيرو، بلكه كل سيكل حركات انتقالی را فراهم مي‌كند (۶۷). تحليل طيف فرکانس نيروهاي عكس‌العمل زمين براي ارزيابي عادي و پاتولوژيك راهرفتن استفاده شده است (۶۶). مقدار طيف فرکانس نيروي عكس‌العمل زمين ممكن است از ويژگي‌هاي دامنه فرکانس بسياري از اجزای آناتوميك مانند مفاصل، عضلات و اعصاب در طي راهرفتن باشد (۶۸). از آنجايي كه هر بخش آناتوميكي داراي فرکانس كاري مخصوص مي‌باشد، تحليل دامنه فرکانس نيروهاي عكس‌العمل زمين كمك مي‌كند تا دامنه و توان اين اجزای آناتوميكي را در طيف فرکانس نشان دهيم (۶۸). همچنين، به نظر مي‌رسد كه محتوای فرکانس

نیروهای عکس‌العمل زمین در طی راه رفتن می‌تواند نقش مهمی در درمان‌های بالینی داشته باشد (۶۶). بررسی مولفه‌ها  
نیروهای عکس‌العمل زمین و طیف فرکانس نیروها به ما کمک می‌کند تا تاثیرات استفاده از ارتوز را بیان کنیم.

با توجه به مطالب و توضیحات ارائه شده و همچنین نتایج ضد و نقیض پژوهش‌های اخیر و محدودیت‌های مطالعات  
گذشته، هدف از پژوهش حاضر پاسخگویی بدین سوال است که آیا استفاده از ارتوز پا بر دامنه و فرکانس نیروهای  
عکس‌العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن موثر است؟

## ۱-۲- بیان مساله

همانطور که بیان شد توانایی کنترل مرکز جرم بر سطح تکیه‌گاه در جایی که بدن دارای ثبات است، تعادل نامیده می‌شود. تعادل را به عنوان یک فعالیت چند حسی می‌شناسند (۱۱). برهم خوردن تعادل و کاهش عملکرد حرکتی و حسی که رابطه مستقیم با افزایش سن دارد، می‌تواند بی‌ثباتی را بدنبال داشته و در نهایت منجر به سقوط در سالمندان شود که از عواقب آن می‌توان به جراحت، شکستگی‌ها و آسیب‌هایی که متعاقباً باعث بستری شدن در بیمارستان و در برخی موارد مرگ و میر را سبب گردد. مطابق مطالعات گذشته حدود یک سوم از جمعیت سالمندان بیش از ۶۵ سال، در طول یک سال حداقل یک بار زمین خوردن را تجربه می‌کنند (۶۹). همچنین گزارش شده است دومین علت شایع آسیب در سالمندان، افتادن است (۷۰). از سیستم‌های اثرگذار بر کنترل تعادل سیستم‌های بینایی، دهلیزی و گیرنده‌های حسی-عمقی کف پا نقش مهمتری بر کنترل و تشخیص اختلالات تعادل دارند (۷۱). مختل شدن و کاهش عملکرد گیرنده‌های حسی-عمقی کف پا و دهلیزی عمیقا بر عدم ثبات وضعیتی موثر و اثر منفی بر تعادل درد که نتیجه‌ی آن سقوط در سالمندان است (۷۲). از آنجایی که در زمان راه رفتن اولین نقطه تماس با زمین "پا" می‌باشد، اطلاعات حسی ناشی از انتقال گیرنده‌های کف پای به سیستم عصبی-مرکزی جهت برقراری تعادل، حرکت و ثبات قامتی توسط پا ارسال می‌گردد (۵۱). گزارش شده است در صورت افزایش اطلاعات پوستی مصنوعی نوسان قامت و به دنبال آن ثبات قامتی بهبود می‌یابد (۹). بنابراین توسعه‌ی مداخلات ساده می‌تواند در افزایش بازخوردهای حسی-پیکری از پا و البته کاهش نوسانات کمک کند (۹). مشاهده شده است که نوسانات میانی-جانبی در افراد مسن با ایستادن بر سطوح دارای بافت و طرح‌دار تحت تاثیر قرار گرفته است (۲۲). طبق پژوهش انجام شده توسط کات و همکاران ثبات پاسچر چه در شرایط نعدال پویا و چه در شرایط تعادل ایستا تحت تاثیر پا و نوع سطح برخوردی پا می‌باشد (۷۳).

جهت پیشگیری و درمان از آسیب‌ها مداخلات درمانی متفاوتی استفاده می‌شود که یکی از رایجترین مداخلات مورد استفاده "ارتزهای پا" هستند (۴۸، ۴۹، ۷۴، ۷۵). با وجود گزارشات حاکی از کاهش درد در صورت استفاده از ارتزهای پا (۷۶، ۷۷)، بررسی تایید و یا عدم تایید این گزارش درمورد سالمندان کمتر بررسی شده است. طبق بررسی انجام شده بر روی ۳۳۶ سالمند ۷۵ سال به بالا در طول یک سال، گزارش شد از هر ۹ نفر یک نفر شانس افتادن به دلیل اختلالات تعادلی و راه رفتن را تجربه کرد (۷۸). در گزارش مارجوری و همکاران که به بررسی اثر کفی بافت دار بر تعادل ایستا و پویا در زنان میانسال پرداخته بود بیان شد استفاده از این کفی تاثیری بر تعادل ایستا و پویا نداشت (۷۹). همچنین مالفورد و همکاران بیان کردند استفاده از نوعی حمایت کننده قوس کف پا در سالمندان، منجر به کاهش درد در اندام تحتانی و تعادل سالمندان شد (۸۰). پژوهشی که تاثیر کفی بافت‌دار بر تعادل سالمندان را سنجیده بود اظهار داشت که کفی دارای تراکم بیشتر بافتی منجر به بهبود تعادل در افراد مسن شد و تحریک بیشتر گیرنده‌های کف پای را بدنبال داشت (۸۱). تاثیر پاسچر پرونیوتوری پا و ارتوز گوه داخلی پاسنه و کف پای بر بالانس استاتیک سالمندان مورد مطالعه قرار گرفت و نتیجه بدین گونه گزارش شد که ارتز گوه داخلی تاثیری بر تعادل افراد با پای پرونیوتور نداشت اما می‌توان از آن برای بهبود عملکرد پا و مچ بدون ترس از ایجاد اختلال بر تعادل استفاده کرد (۸۲). طبق پژوهش استل و همکاران استفاده از کفی‌های دارای برجستگی باعث تقویت گیرنده‌های حسی-عمقی و البته بهبود تهادل و ثبات قامتی در سالمندان می‌شود (۸۳).

با بررسی مطالعات گذشته مشخص می‌شود بدلیل گزارشات ضد و نقیض، نیاز به بررسی‌های دقیقتر در مورد اثرات استفاده از ارتزهای پا می‌باشد. با توجه به اهمیت این موضوع، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر ارتوز بافت‌دار بر طیف فرکانس و متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین بر عضلات اندام تحتانی در سالمندان طی راه رفتن می‌باشد.

### ۳-۱- ضرورت و اهمیت پژوهش

تقریباً ۳۰ درصد افراد بیشتر از ۶۵ سال در هر سال با خطر افتادن را روبه‌رو می‌شوند (۷۸) و حدود ۱۱ تا ۱۶ درصد این سقوطها آسیب‌های جدی به دنبال دارند که نیازمند مراقبت‌های پزشکی است (۸۴، ۸۵). از عوارض سقوط سالمندان می‌توان به از دست دادن حس اعتماد و آمادگی جسمانی، ضعف عضلانی، عدم بالا رفتن از پله بدون کمک، عدم استقلال و افزایش

اتکا به دیگران، ترس از افتادن مجدد و برآورد هزینه درمان سالانه ۳ میلیارد دلار برای تقریباً ۱۱ روز بستری هر فرد در استرالیا اشاره کرد (۸۶، ۸۷). با توجه به این که یکی از فاکتورهای اساسی و مهم برای سلامت سالمندان "حفظ تعادل" و "کنترل پاسچر" می باشد از دو طریق استفاده از تجهیزات خارجی (کفش، ارتوزهای کف پایی، عصا و دیگر وسایل کمکی که سطح اتکا را تغییر دهند) و تقویت عضلات اندام تحتانی می توان آن را به سمت بهبودی پیش برد (۸۸). کفی یا ارتوز پا قادرست با دو اثر مثبت و منفی، گیرنده های حسی-عمقی کف پا را تحت تاثیر قرار دهند. ارتوزهای دارای بافت نرم که توزیع فشار در کف پا را به همراه دارد می تواند اثری مثبت بر درد بگذارد، اما اما بدتر شدن تغییرات فشاری در زیر کف پا را به همراه دارد که این را می توان از تاثیرات منفی آن دانست (۸۹). همچنین طبق بررسی های انجام شده ارتوزهای دارای لایه های محکم و همراه با تیوب هایی در کنار کف پا بهبود تعادل گزارش شده است (۹۰). محققین تاثیر کفی های مغناطیسی و ویبره-دار را سنجیده و افزایش بازخورد گیرنده های حسی-حرکتی را بیان کردند که این افزایش باعث بهبود تعادل می شود (۹۱). اثر کفش نیز بر تعادل سالمندان بررسی شده است (۹۲)، با این حال پژوهشی که به بررسی استفاده از دو نوع ارتوز با تنوع بافتی که تعادل را در سالمندان سنجیده باشد، یافت نشد و ضرورت انجام این پژوهش را بر ما واجب کرد.

#### ۴-۱- فرضیات و سوالات تحقیق

##### فرضیه اول

استفاده آنی از ارتوز سبب تغییر اوج مولفه های نیروی عکس العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن می گردد.

##### فرضیه دوم

استفاده آنی از ارتوز باعث تغییر در زمان رسیدن به اوج مولفه های نیروی عکس العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن می شود.

##### فرضیه سوم

استفاده آنی از اورتز باعث تغییر در مقادیر گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری در سالمندان طی راه رفتن می گردد.

##### فرضیه چهارم

استفاده آنی از ارتوز باعث تغییر در طیف فرکانس نیروهای عکس العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن می شود. می گردد.

## ۵-۱- هدف کلی

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر استفاده از ارتوز پا بر طیف فرکانس و مولفه‌های نیروی عکس‌العمل در سالمندان طی راه رفتن می‌باشد.

## اهداف اختصاصی

- ارزیابی اثرات استفاده از ارتز پا بر مولفه‌های طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در سالمندان طی راه رفتن  
- ارزیابی اثرات استفاده از ارتز پا بر مقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین، نرخ بارگذاری و گشتاور آزاد در سالمندان طی راه رفتن

- ارزیابی اثرات استفاده از ارتز پا بر گشتاور آزاد سالمندان طی راه رفتن

- ارزیابی اثرات استفاده از ارتز پا بر نرخ بارگذاری سالمندان طی راه رفتن

## ۶-۱- مبانی نظری:

سیستم‌های مختلفی کنترل تعادل بدن را برعهده دارند از جمله این سیستم‌ها می‌توان به سیستم حسی، سیستم اسکلتی-عضلانی و سیستم عصبی-مرکزی اشاره کرد.

سیستم حسی، اطلاعات محیطی را از گیرنده‌های حسی کف پا دریافت می‌کند، سیستم اسکلتی-عضلانی اطلاعات محیط را از گیرنده‌ها دریافت و به سیستم عصبی-مرکزی منتقل می‌کند و با استفاده از اطلاعات دریافت شده تعادل را برقرار می‌کند. عضلات اندام تحتانی از آنجایی که وظیفه انتقال اطلاعات را دارند در برقراری تعادل نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. همچنین در برقراری تعادل، آناتومی و ساختار مکانیکی مفاصل و استخوان‌های ناحیه میچ پا از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد که در ادامه با نگاهی اجمالی به بررسی خواهیم پرداخت.

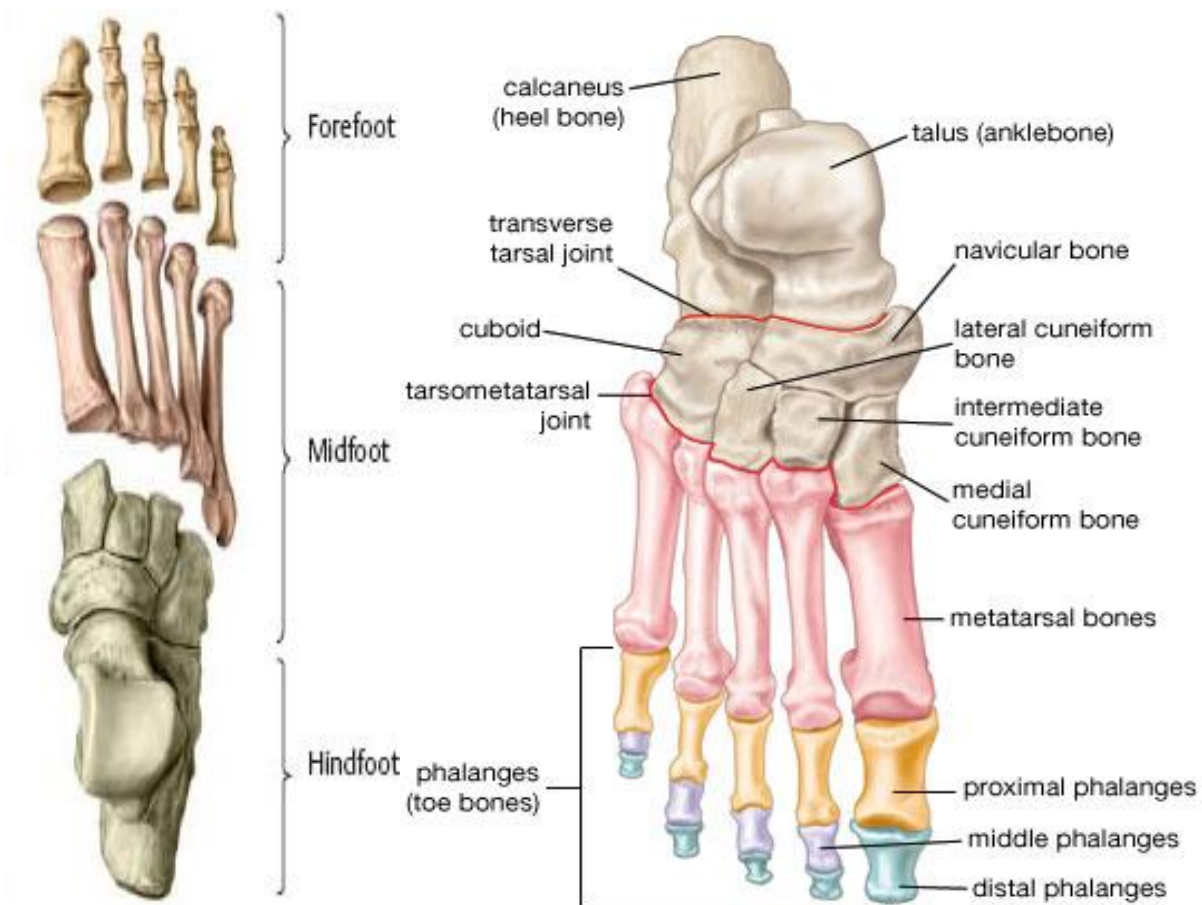
## ساختار مکانیکی مچ پا

۲۶ استخوان اسکتی شامل ۷ استخوان مچ پای، ۵ استخوان کف پای و ۱۴ استخوان مربوط به انگشتان تشکیل دهنده ساختار استخوانی پا می‌باشد که لیگامنت‌ها و قوس‌های کف پای یک بازوی اهرمی مکانیکی محکمی را برای کنترل و برقراری تعادل چه در حالت سکون و چه در حالت ایستا تشکیل می‌دهند و در کنترل پاسچر ایفای نقش می‌کنند (شکل ۱-۱).

استخوان‌های تالوس Talus و پاشنه Calcaneous که در پشت پا قرار دارند، هیندفوت Hindfoot به معنای پشت پا نامیده می‌شوند.

مقابل این دو استخوان یعنی کمی جلوتر از آن‌ها، ۵ استخوان کوچک به نام‌های کوبوئید Coboid (جلوی پاشنه در خارج کف پا)، ناویکولار Navicular (جلوی تالوس و داخل کف پا)، کونیفرم Cuneiform (سه استخوان کونیفرم داخلی Medial، خارجی Lateral و میانی Intermediate که در جلوی ناویکولار قرار دارند) قرار دارند که استخوان‌های تارسال Tarsal bones خوانده می‌شوند. این پنج استخوان را مجموعاً میدفوت Midfoot یا پای میانی نیز می‌نامند.

پنج استخوان دراز به نام متاتارسال Matatarsals، جلوتر از استخوان تارسال قرار دارد که کف پا را می‌سازند. انگشتان پا در قسمت جلویی متاتارسال‌ها هستند که هر کدام، به استثنای شست که دو بند دارد، دارای سه بند می‌باشند. مجموعاً این بخش را فورفوت Forefoot یا قسمت جلویی پا می‌خوانند.



شکل ۱-۱. آناتومی استخوان‌های کف پا

## مفاصل

مفاصل تشکیل دهنده پا به شرح زیر می‌باشد:

مفصل مچ پا Ankle joint

مفاصل بین استخوان‌های مچ پا Intertarsal Joints

مفاصل بین استخوان‌های کف پا و مچ پا Tarsometatarsal joints

مفاصل بین و بند اول انگشتان و استخوان‌های کف پا Metatarsophalangeal joints

مفاصل بین استخوان‌های کف پا Intermetatarsal joints

مفاصل بین بندهای انگشتان با یکدیگر Interphalangeal joints

## عضلات

عضلات، تاندون‌ها و لیگامنت‌های پا کنترل حرکات و پایداری پا را بر عهده دارند که در طبقه بندی بافت نرم قرار می‌گیرند و تعداد آن‌ها بالغ بر بیش از ۱۰۰ نوع می‌باشد. آخرین بخش از یک زنجیره حرکتی در اندام تحتانی این پا است که با زمین در تماس است. در نتیجه مشخص است که مچ پا و مکانیسم طبیعی آن در تقویت و یا تضعیف نیروی عکس‌العمل می‌تواند موثر باشد.

عضلاتی که حرکات مفاصل کف پا را بر عهده درند به دو دسته تقسیم می‌شوند:

### ۱. عضلات قرار گرفته در محدوده ساق پا

این عضلات به همراه تاندون‌های عبوری از مچ که به استخوان‌های پا وصل شدند، عضلات خارجی پا و یا اکسترنسیک Extrinsic muscles نام دارند

### ۲. عضلات قرار گرفته در داخل، کف و یا پشت پا

که عضلات داخلی و یا اینترنسیک Intrinsic muscles نام گرفته‌اند.

### عضلات اکسترنسیک (خارجی پا)

در محدوده ساق پا عضلات به سه بخش خلفی، قدامی و جانبی ساق تقسیم‌بندی می‌شوند.



## عضلات بخش خلفی ساق پا

در این بخش عضلات نعلی، دوقلو، رکیبی، ساقی خلفی و کف پایی قرار گرفته‌اند.

۱. **عضله نعلی:** یکی از عضلات حجیم پا، عضله نعلی می‌باشد که در قسمت قدام عضله دوقلو قرار گرفته و از سطح پروگزیمال و بخش میانی درشت نی شروع و توسط تاندون آشیل به قسمت خلفی پاشنه می‌چسبد. از اتصال تاندون-های تحتانی عضلات دوقلو و نعلی تاندون آشیل، که ضخیم‌ترین تاندون بدن است، بوجود آمده است.
۲. **عضله دوقلو:** از دیگر عضلات حجیم که در سطحی‌ترین ناحیه خلفی ساق قرار گرفته است و از قسمت پایینی استخوان ران شروع می‌شود. این عضله توسط تاندون آشیل به قسمت خلفی پاشنه متصل می‌شود.
۳. **رکیبی:** عضله ای کوتاه که در پشت زانو قرار گرفته و از بخش خارجی کندیدل استخوان ران شروع و به سطح خلفی در قسمت پروگزیمال استخوان درشت نی به صورت مورب متصل می‌شود.
۴. **ساقی خلفی:** از داخلی فوقانی نازک نی و پروگزیمال خلفی درشت نی شروع و به قسمت داخلی برجستگی ناوی، قاعده استخوان‌های ۲-۴ کف پایی و سطح استخوان تاسی اتصال می‌یابد.
۵. **کف پایی:** عضله‌ای کوچک که از انتهای دیستال خارجی استخوان ران شروع و با استفاده از یک تاندون بلند از بین دوقلو و نعلی عبور و به انتهای آشیل می‌چسبد.

# **The effect of long term use of longitudinal arch supporting foot orthoses on the kinematic and kinetic variables lower limb joints in children with flat feet during walking**

**Aydin ValizadeOranj<sup>1</sup>**

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

## **Abstract**

**Background & Purpose:** With aging, the pattern of walking is altered and the person's ability to walk decrease. Also, with the onset of the aging process, the postural control system become unstable. A small biomechanical change in the leg, as the lower limb and affecting balance, is effective on postural control. The use of textured foot orthoses leads to rehabilitation of injuries, improved efficiency and increased comfort. The purpose of this study was to investigate the effect of textured foot orthoses on ground reaction force components and frequency spectrom of ground ground reaction forces in the older adults during walking.

**Methodology:** 21 older adults (age  $66.65 \pm 6.62$  years, height  $165.15 \pm 9.41$  cm, weight  $79.15 \pm 15.24$  kg) were volunteered to participate in this study. Ground reaction force data was recorded by the Beretc force plates (Beretc CorporationColumbus, OH). ANOVA test with repeated measures was used for statistical analysis. All analyzes were performed at the significance level of 0.05.

**Results:** The results showed that the amount of anterior-posterior force in the heel contact phase in conditions with a small insufficiency was reduced compared to unaffected conditions and the amount of this force in this phase in the large inferior to the conditions without foot orthoses tended to decrease significantly. The time to peak vertical force during the heel contact phase was decreased in the large inferior to submerged conditions and tended to increase during the push off phase in the large undercoat. In addition, the loading rate under conditions with a large texture tended to increase significantly without contamination. The comfort level during wearing of large texture insole condition significantly increased compared to other conditions.

**Conclusion:** According to the results of the foot orthoses study on the frequency spectrum and components of ground reaction forces, it can be pointed out that although these orthoses

are ineffective on muscle tone, they change the amount of slip and instability. Therefore, it can be considered as an effective factor on equilibrium. Using the orthoses used in the present study may be useful for improving one's comfort during walking.

**Key Words:** walking, kinetic, orthoses of foot, older adult



# **University of Mohaghegh Ardabili**

## ***Final Report of Research Project***

**Effect of foot orthoses on frequency and amplitude of ground reaction forces in older adults during walking**

***Aydin Valizadeorang***

***Department of Sports Sciences***

**Faculty of Educational Sciences and Psychology**

**This Research Project Has Been Financially Supported by the Office of Vice Chancellor for Research**

**September 2019**