# ویژگی‌های کینماتیکی و فضایی– زمانی راه رفتن نابینایان

مهدی مجلسی[1]، نادر فرهپور[2]

مقاله پژوهشی


## چکیده

**مقدمه:** درون‌دادهای بینایی در فرایند پاسخ حرکتی سیستم عصبی- عضلانی مرکزی، در وظایف مختلف حرکتی نقش مهمی دارند. شناسایی اثر فقدان اطلاعات بینایی در افراد نابینا هنگام راه رفتن، می‌تواند در طراحی توان‌بخشی و اصلاح الگوی حرکتی آن‌ها مؤثر باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه ویژگی‌های فضایی- زمانی، تقارن گام‌برداری افراد سالم و نابینا و شناسایی اثر بستن چشم در راه رفتن افراد سالم بود.

**مواد و روش‌ها:** تعداد ۱۰ نفر نابینا و ۱۰ نفر سالم با سن، قد و وزن مشابه در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. متغیرهای کینماتیکی فضایی- زمانی راه رفتن آزمودنی‌ها در شرایط راه رفتن افراد نابینا بدون عصا و راه رفتن افراد سالم با چشم باز و چشم بسته محاسبه گردید. تفاوت بین گروه‌ها و دو موقعیت گام‌برداری با استفاده از روش Repeated measures و با سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ شناسایی شد.

**یافته‌ها:** طول گام و طول قدم و سرعت گام‌برداری در افراد نابینا کمتر از گروه سالم با چشم باز بود ($P < ۰/۰۵۰$). همچنین، طول گام و طول قدم و نیز زمان گام افراد سالم در شرایط چشم بسته، بزرگ‌تر از این مقادیر در افراد نابینا بود. در گروه سالم متغیرهای زمان گام و زمان قدم، زمان حمایت تک اتکایی و زمان نوسان با بستن چشم افزایش و Cadence کاهش یافت. همچنین، شاخص عدم تقارن در افراد سالم با چشم بسته در متغیرهای مدت زمان اتکای یک پا، زمان نوسان و زمان جدا شدن پنجه از زمین، تقارن بیشتری در مقایسه با افراد نابینا داشت.

**نتیجه‌گیری:** نابینایی با کاهش سرعت راه رفتن، طول گام و قدم همراه است. بستن چشم در افراد سالم موجب افزایش زمان گام، زمان حمایت تک اتکایی، زمان نوسان و کاهش Cadence می‌گردد. متغیرهای طول گام و قدم و زمان گام‌برداری در افراد سالم با چشم بسته بزرگ‌تر از این مقادیر در نابینایان بود. به نظر می‌رسد نقش گیرنده‌های حسی- عمقی در نابینایان بیشتر از افراد سالم است.


**کلید واژه‌ها:** راه رفتن، نابینایی، چشم بسته، متغیرهای فضایی- زمانی

**ارجاع:** مجلسی مهدی، فرهپور نادر. **ویژگی‌های کینماتیکی و فضایی- زمانی راه رفتن نابینایان.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۴؛ ۱۱ (۴): ۳۰۰-۲۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۵

## مقدمه

فقدان اطلاعات بینایی، فرد نابینا را با محدودیت‌های شناختی و حرکتی متعددی روبه‌رو می‌سازد. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های حرکتی نابینایان، در راه رفتن آن‌ها مشهود است. حفظ آهنگ طبیعی و پایداری تعادلی در گام‌برداری، توسط سیستم عصبی مرکزی کنترل می‌شود. این سیستم قادر است هماهنگی مناسبی را بین فعالیت عضلانی و محرک‌های درونی و بیرونی فراهم سازد. برای این منظور، اطلاعات کسب شده از سیستم‌های بینایی، حسی- عمقی و دهلیزی، در مغز تجمع می‌گردد و بر اساس این اطلاعات فرمان حرکتی مناسب صادر می‌شود. درون‌دادهای بینایی در همه حرکات، به ویژه در راه رفتن نقش اساسی دارد (۲، ۱). فقدان اطلاعات بینایی می‌تواند تأثیر زیادی در مکانیک راه رفتن داشته باشد. در افراد نابینا فقدان درون‌دادهای بینایی، الگوی حرکتی راه رفتن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳). با توجه به تکرار زیاد سیکل گام‌برداری در فعالیت‌های روزمره، هر نوع اختلال می‌تواند تأثیر معنی‌داری در عملکرد مفاصل، عضلات و تندرستی نابینایان داشته باشد.

الگوی گام‌برداری در نابینایان با ناهنجاری‌هایی همراه است. در افراد نابینا سرعت راه رفتن کمتر، طول گام کوتاه‌تر و زمان اتکا در آن‌ها طولانی‌تر از حد طبیعی است (۴). همچنین، سطح اتکای بیشتر، تمایل پنجه به بیرون (۳) و حالت نگهداری محتاطانه وضعیت بدن از جمله ویژگی‌های راه رفتن در این افراد است (۵). Nakamura پیشنهاد کرد که این تغییرات می‌تواند منعکس کننده استراتژی‌هایی باشد که افراد نابینا برای حفظ پایداری وضعیت بدن اتخاذ می‌کنند (۶). MacGowen نیز نشان داد که طول گام، سرعت راه رفتن، زمان اتکا و زوایای مفاصل در اندام تحتانی کودکان نابینا با کودکان سالم متفاوت است (۷). اختلال بینایی موجب نقص در ثبات وضعیت بدن و تعادل می‌گردد (۱۰-۸، ۲) که یکی از علل اصلی سقوط در افراد نابینا و یا افراد دارای اختلال

۱- دانشجوی دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- استاد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
**نویسنده مسؤول:** نادر فرهپور
Email: naderfarahpour1@gmail.com

بینایی محسوب می‌شود (۱۳-۱۱).

در تعداد محدودی از مطالعات، جنبه‌های کینماتیکی راه رفتن افراد نابینا مورد ارزیابی قرار گرفته است (۱۶-۱۴، ۵، ۲). پژوهش‌های گذشته در این زمینه با محدودیت‌های خاصی مواجه بوده‌اند؛ به طوری که فقط متغیرهای سرعت گام‌برداری، طول گام، طول قدم، زاویه پیشروی، زمان مرحله استقرار و نوسان بررسی شده‌اند. برای درک صحیح کینماتیک راه رفتن شناسایی متغیرهای لحظه تماس پاشنه، لحظه جدا شدن انگشت پا از زمین تا لحظه تماس مجدد پاشنه با زمین برای هر یک از اندام‌های چپ و راست و متغیرهای Cadence، سرعت راه رفتن، طول گام و طول قدم، زمان‌های گام و قدم، زمان استقرار و نوسان، حمایت تک اتکایی و حمایت دو اتکایی، جدا شدن پای مخالف، تماس پای مخالف با زمین و زمان جدا شدن پنجه بر حسب درصدی از طول چرخه راه رفتن نیز ضروری است (۱۷). شناسایی این که از مجموعه وسیع متغیرهای راه رفتن کدام تحت تأثیر نابینایی قرار می‌گیرند، از اهمیت کلینیکی برخوردار است. علاوه بر این، نکته مهم در بررسی‌های کلینیکی راه رفتن، وجود تفاوت بین اندام‌های سمت راست و چپ می‌باشد (۱۸). این موارد در تحقیقات قبلی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. شناسایی همه شاخص‌های کینتیکی و کینماتیکی از جمله متغیرهای فضایی- زمانی و بررسی تفاوت عملکردی در اندام‌های سمت راست و چپ می‌تواند در شناسایی مکانیزم انطباق‌پذیری قامتی در نابینایان برای جبران فقدان درون‌دادهای بینایی مؤثر باشد (۲۰، ۱۹).

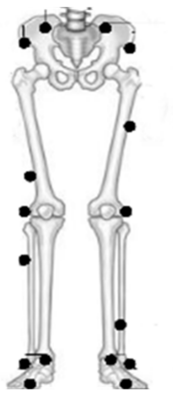
با توجه به ارتباط بین حرکت اندام با پارامترهای بیومکانیکی مثل گشتاور عضلانی، توان و کار مفاصل و عدم تقارن احتمالی در مفاصل می‌تواند به اعمال نیروهای عکس‌العمل نامتقارن در اندام تحتانی منجر شود (۲۱). این نیروهای نامتقارن از طریق لگن به ستون فقرات منتقل می‌گردد. بدیهی است اعمال نیروی نامتقارن یکی از عوامل خطر کمردرد است (۲۲). بنابراین، درک نحوه انطباق‌پذیری قامتی و تحلیل بیومکانیکی گام‌برداری می‌تواند در توسعه اطلاعات مربوط به کنترل حرکات افراد نابینا، مؤثر باشد. از طریق افزایش اطلاعات در مورد الگوی راه رفتن افراد نابینا نسبت به افراد سالم، می‌توان مشکلاتی که نابینایان در راه رفتن با آن روبه‌رو هستند را شناخت و این اطلاعات را به منظور بهبود وسایل کمکی برای راه رفتن و طراحی تمرینات حرکتی و بازتوانی به کار برد (۱۲).

هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه ویژگی‌های فضایی- زمانی گام‌برداری بین افراد سالم و نابینا، شناسایی میزان تفاوت بین دو اندام تحتانی در متغیرهای مورد نظر و شناسایی اثر بستن چشم در راه رفتن افراد سالم بود. بنابراین، با توجه به اهداف پژوهش فرض بر این بود که پارامترهای گام‌برداری بین افراد سالم و نابینا متفاوت می‌باشد، عدم تقارن در افراد نابینا بیشتر است و بستن چشم در افراد بینا موجب افزایش شاخص تقارن می‌شود.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مقطعی (Cross sectional) و نیمه‌تجربی بود که در آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی انجام گرفت. ۱۰ مرد نابینا به عنوان گروه تجربی و ۱۰ مرد سالم به عنوان گروه شاهد به صورت داوطلبانه، از بین دانشجویان دانشگاه‌های شهر همدان در این مطالعه شرکت کردند. آزمودنی‌های گروه آزمایش نابینا متولد شده بودند. افراد هر دو گروه هیچ سابقه ورزشی مداومی در دو سال گذشته نداشتند. افرادی که در طی شش ماه گذشته دارای آسیب در اندام‌های تحتانی و یا بیماری‌های نورولوژیک (بیماری‌های عضلات) و ارتوپدیک (شکستگی استخوان، تاندونیت، اسپرین، استرین و جراحی مفاصل) بودند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. همچنین، آزمودنی‌ها رضایت‌نامه جهت شرکت در آزمون را تکمیل کردند. سپس، مراحل انجام آزمون‌ها، چگونگی اندازه‌گیری متغیرها و شیوه کار به طور کامل برای آزمودنی‌ها تشریح شد. پروتکل این مطالعه در کمیته اخلاق پزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان با شماره ۱۶/۳۵/۹/۵۸۲۷/پ، مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۲۰ مورد تأیید قرار گرفت.

از دستگاه تحلیل حرکتی سه بعدی Vicon (Vicon peak Ltd., Oxford, UK) با چهار دوربین سری T20 و با فرکانس ۱۰۰ هرتز، از مارکرهای متصل شده به اندام تحتانی آزمودنی‌ها، هنگام راه رفتن تصویربرداری شد. مارکرهای مورد استفاده، کروی شکل و به قطر ۱۴ میلی‌متر بودند که با استفاده از چسب دو طرفه نواری و بر اساس مدل مارکرگذاری (Plug-in gait marker set, vicon peak, Oxford, UK)، به نقاط خاص آناتومیک (Land mark) هر دو پای شرکت کنندگان متصل شد. این نقاط شامل خار خاصره قدامی فوقانی و خلفی فوقانی، اپی‌کندیل خارجی زانو، یک سوم پایینی ران، یک سوم پایینی ساق، قوزک خارجی، سر متاتارسال دوم و پشت استخوان پاشنه بود (۲۳) (شکل ۱).



**شکل ۱. نحوه مارکرگذاری مدل Plug in gait از نمای قدامی**

برای این منظور ابتدا دوربین‌ها در یک فضای کالیبراسیون به ابعاد ۱/۵ × ۳ × ۲ متر کالیبره شدند. این فضای کالیبره شده، در نیمه راه یک مسیر پیاده‌روی ۱۲ متری در آزمایشگاه بود. آزمودنی‌ها در مسیر تعیین شده با سرعت عادی راه می‌رفتند. محل شروع گام‌برداری به طور آزمون و خطا به نحوی انتخاب گردید که هر یک از پاها یک گام (استراید) کامل در داخل فضای کالیبره شده داشته باشند. فاصله محل شروع راه رفتن تا فضای کالیبره شده به حدی بود که تا قبل از ورود به این فضا، آزمودنی حداقل ۷ گام برمی‌داشت (۲۴). همچنین، طول مسیر ۱۲ متری، این امکان را فراهم ساخته بود که بعد از فضای کالیبره شده هم حداقل حدود ۷ گام برداشته می‌شد. با این شرایط اثر مربوط به شروع گام‌برداری و توقف، حذف شد.

داده‌های خام پس از پردازش اولیه و تعیین مختصات آن‌ها، با استفاده از فیلتر Butterworth سطح چهار و بدون اختلاف فازی (Fourth-order butterworth low pass filter, zero lag) با فرکانس برش



www.mui.ac.ir

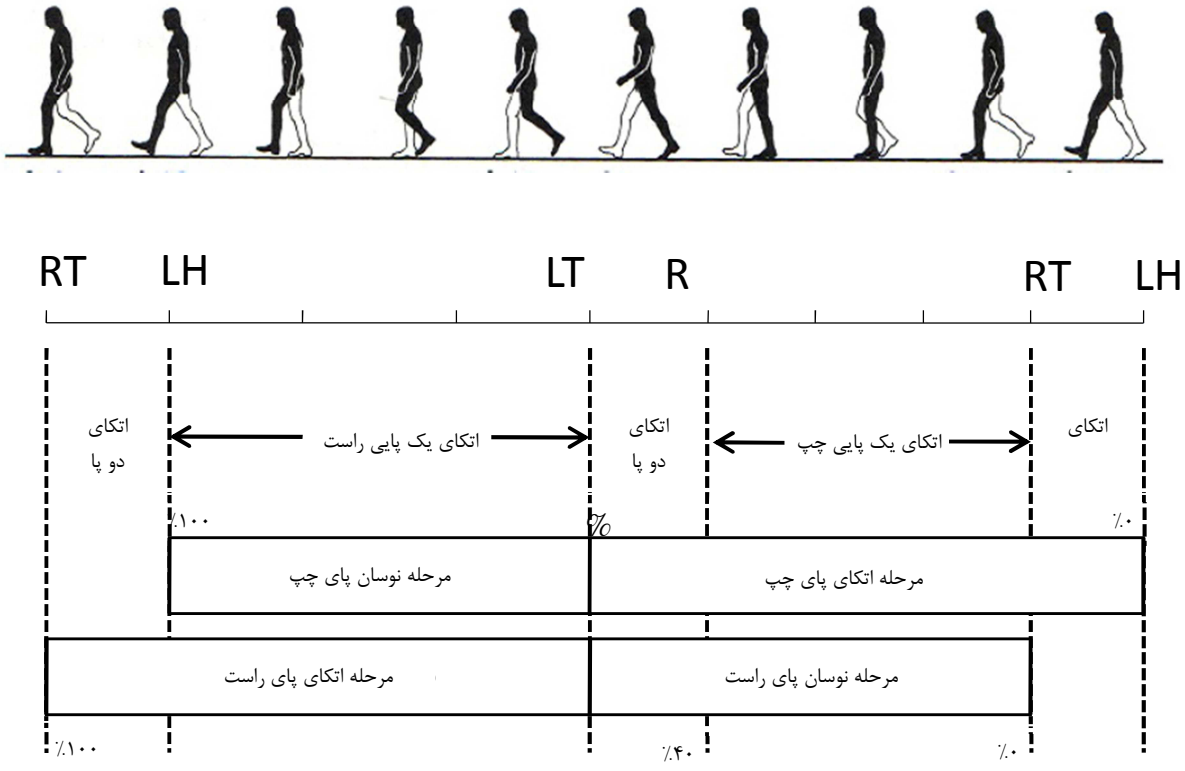
۶ هرتز هموار شد. سپس داده لحظه‌های مربوط به یک گام کامل در هر پا جدا شد و با استفاده از روش Interpolation، طول همه گام‌ها به ۱۰۰ درصد تبدیل گردید. در همه متغیرها، میانگین ۶ تکرار صحیح گام‌برداری برای محاسبات بعدی استفاده شد. اجرای گام‌برداری، زمانی صحیح تلقی گردید که همه مارکرهای اندام تحتانی، طی سیکل گام‌برداری قابل رؤیت باشند. تصاویر مارکرها در حافظه کامپیوتر ذخیره گردید. سپس، با استفاده از این مختصات، لحظات مختلف مراحل گام‌برداری شامل لحظه تماس پاشنه، لحظه جدا شدن انگشت پا از زمین تا لحظه تماس مجدد پاشنه با زمین برای هر یک از اندام‌های چپ و راست ثبت شد و متغیرهای Cadence، سرعت راه رفتن، طول گام و طول قدم، زمان‌های گام و قدم، استقرار، نوسان، حمایت تک اتکایی و حمایت دو اتکایی، جدا شدن پای مخالف، تماس پای مخالف با زمین و زمان جدا شدن پنجه بر حسب درصدی از طول چرخه راه رفتن استخراج گردید (شکل ۲).

راه رفتن در مسیر گام‌برداری، وظیفه حرکتی آزمودنی‌ها در نظر گرفته شد. افراد نابینا این مسیر را بدون کفش و با سرعت عادی و بدون استفاده از عصا طی کردند. آزمودنی‌های گروه سالم تحت دو شرایط بچشم باز و چشم بسته راه رفتند. در هر دو شرایط این آزمودنی‌ها بدون کفش و با سرعت عادی بودند. گروه نابینا با ۶ مرتبه تکرار، آزمون راه رفتن را انجام دادند. افراد گروه سالم نیز در هر یک از شرایط ذکر شده ۶ مرتبه این آزمون را تکرار نمودند. افراد گروه سالم ابتدا تحت شرایط چشم باز و سپس با چشم بسته راه رفتند. هر گروه به مدت ۵ دقیقه برای ایجاد آمادگی و گرم کردن در مسیر گام‌برداری با سرعت دلخواه راه رفتند. در این مرحله افراد نابینا به همراه آزمونگر این مسیر را به طور آزمایشی، برای آمادگی و گرم کردن طی کردند. به این طریق کلیه آزمودنی‌ها آشنایی اولیه از مسیر گام‌برداری را به دست آوردند. هنگام اجرای تست اصلی به افراد نابینا اطمینان داده شده بود که در صورت انحراف از مسیر و یا احتمال هر نوع برخوردی با اشیا، به آن‌ها به طور کلامی هشدار داده شد.

برای تعیین میزان تقارن بین پای راست و چپ در متغیرهای ذکر شده از رابطه ۱، Robinson SI (Robinson symmetry index) استفاده گردید (۲۵). عدد بزرگ‌تر در این شاخص نشانه عدم تقارن بیشتر می‌باشد. برای به دست آوردن زمان اتکا نیز، از رابطه ۲ استفاده شد. همچنین، زمان نوسان در هر پا، مساوی با مرحله اتکای یک پایی در پای مخالف در نظر گرفته شد (۲۶) که از داده‌های استخراج شده از نرم‌افزار Polygon به دست آمد.

$$SI = 2 \times \frac{Xright - Xleft}{Xright + Xleft} \times 100$$ رابطه ۱

$X_{right}$: هر یک از پارامترهای گام‌برداری مورد نظر در پای راست، $X_{left}$: هر یک از پارامترهای گام‌برداری مورد نظر در پای چپ.




**شکل ۲. نمایش توالی رخدادهای گام‌برداری در هر دو پا**

LHC: Left heel contact; RTO: Right toe off; RHC: Right heel contact; LTO: Left toe off



www.mui.ac.ir

**جدول ۱. میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد مطالعه**

| متغیرها | گروه‌ها | | انحراف معیار |
|---|---|---|---|
| | نابینا (میانگین ± انحراف معیار) | سالم (میانگین ± انحراف معیار) | |
| سن (سال) | ۲۴/۷۰ ± ۵/۵۰ | ۲۳/۹۰ ± ۴/۹۰ | ۰/۷۲ |
| قد (متر) | ۱/۷۱ ± ۰/۰۵ | ۱/۷۵ ± ۰/۰۴ | ۰/۱۰ |
| وزن (کیلوگرم) | ۶۸/۱۰ ± ۱۰/۷۰ | ۷۸/۵۰ ± ۷/۵۳ | ۰/۰۹ |
| BMI (کیلوگرم بر مجذور متر) | ۲۳/۳۳ ± ۳/۸۰ | ۲۵/۴۶ ± ۲/۲۸ | ۰/۱۵ |

BMI: Body mass index

رابطه ۲

$$\text{Stance time}_x = \text{Double support time}_x + \text{Single support time}_x$$

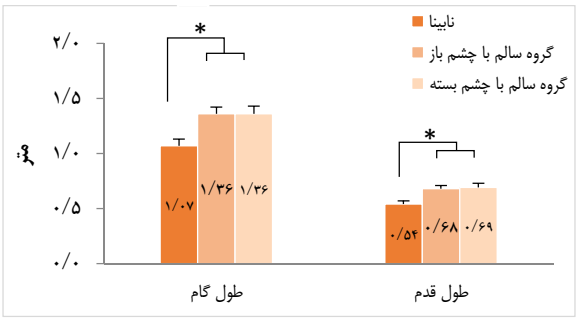
رابطه ۲ محاسبه زمان اتکا در هر پا می‌باشد و x برای پای راست یا چپ به صورت جداگانه استفاده گردید.

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون Shapiro–Wilk استفاده شد. همه داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردار بودند. دو سری مقایسه متغیرهای مختلف راه رفتن، با استفاده از MANOVA بین دو گروه سالم و بیمار انجام گرفت. سری اول مقایسه آماری بین گروهی، شامل مقایسه راه رفتن نابینایان و افراد سالم با چشم باز در متغیرهای فضایی- زمانی و شاخص تقارن بود. در سری دوم مقایسه آماری بین گروهی نیز، راه رفتن افراد سالم با چشم بسته و راه رفتن نابینایان در متغیرهای فوق را مورد مقایسه قرار داد. همچنین، برای مقایسه متغیرهای گام‌برداری در شرایط چشم باز در مقابل چشم بسته در گروه شاهد از آزمون Repeated measures استفاده گردید. کلیه مراحل تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) و با سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ انجام گردید.

## یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات شرکت کنندگان، در جدول ۱ ارایه شده است. افراد سالم از لحاظ ویژگی‌های دموگرافیک با افراد نابینا تفاوت معنی‌داری نداشتند.

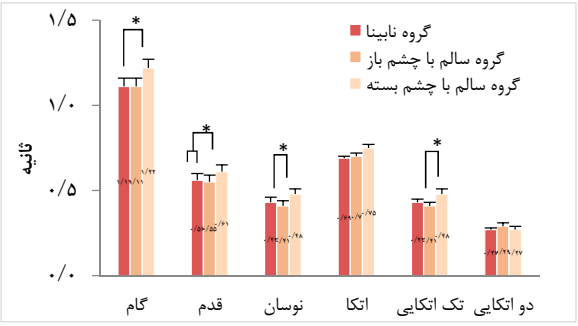
نتایج طول گام و قدم هنگام راه رفتن، برای نابینایان و افراد سالم با چشم باز و چشم بسته در نمودار ۱ نشان داده شده است. به طور میانگین، طول گام و قدم در افراد نابینا حدود ۲۰ درصد ($P < ۰/۰۲۰$) کوچک‌تر از این مقادیر در افراد سالم در هر دو شرایط راه رفتن با چشم باز و چشم بسته بود. طول گام و قدم در افراد سالم در هر دو شرایط چشم باز و بسته یکسان بود.




**نمودار ۱. طول گام و قدم در دو گروه نابینا و سالم**

*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq ۰/۰۵۰$

مدت زمان وقوع متغیرهای فضایی- زمانی راه رفتن برای نابینایان و افراد سالم در دو شرایط چشم باز و بسته در نمودار ۲ نشان داده شده است. در هیچ یک از این متغیرها بین افراد نابینا و افراد سالم با چشم باز و چشم بسته اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. زمان گام‌برداری در افراد نابینا حدود ۹ درصد کوچک‌تر از این مقدار در افراد سالم هنگام راه رفتن با چشم بسته بود ($P = ۰/۰۰۳$). بستن چشم در افراد سالم منجر به افزایش زمان گام، زمان قدم و نیز مدت زمان اتکای یک پایی گردید. زمان نوسان به ترتیب حدود ۹، ۹/۸ و ۱۴/۶ درصد شد ($P = ۰/۰۰۱$).




**نمودار ۲. مدت زمان وقایع مختلف در پارامترهای گام‌برداری در دو گروه سالم و نابینا**

*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq ۰/۰۵۰$

نتایج مربوط به مدت زمان جدا شدن پای مخالف از زمین، تماس پای مخالف با زمین و جدا شدن پنجه پای موافق از زمین، از لحظه تماس پاشنه با زمین (Heel contact) در نمودار ۳ نشان داده شده است. در همه این متغیرها اختلافی بین دو گروه در هیچ یک از شرایط دیده نشد. همچنین، بستن چشم در افراد سالم تغییری در این متغیرها ایجاد نکرد.

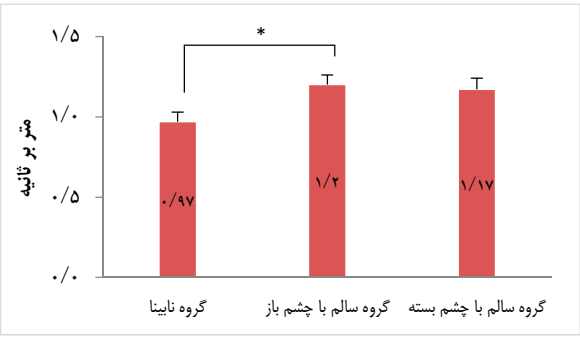
میانگین و انحراف معیار برای متغیر سرعت گام‌برداری در نابینایان و افراد سالم با چشم باز و چشم بسته به ترتیب ۰/۰۶ ± ۰/۹۷، ۰/۰۶ ± ۱/۲۰ و ۰/۰۷ ± ۱/۱۷ بود. سرعت گام‌برداری افراد نابینا حدود ۱۹/۲ درصد از این مقدار در افراد سالم با چشم باز کوچک‌تر بود ($P = ۰/۰۲۰$). همچنین، بستن چشم تأثیری در مقدار سرعت راه رفتن افراد سالم نداشت (نمودار ۴).

متغیر Cadence برای نابینایان، افراد سالم با چشم باز و چشم بسته به ترتیب ۵/۴ ± ۱۱۰/۷، ۵/۴ ± ۱۰۹/۲ و ۵/۱ ± ۹۹/۱ بود. در هیچ یک از شرایط راه رفتن تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد. Cadence افراد سالم در چشم بسته حدود ۹ درصد نسبت به راه رفتن با چشم باز کاهش داشت ($P = ۰/۰۰۲$) (نمودار ۵).



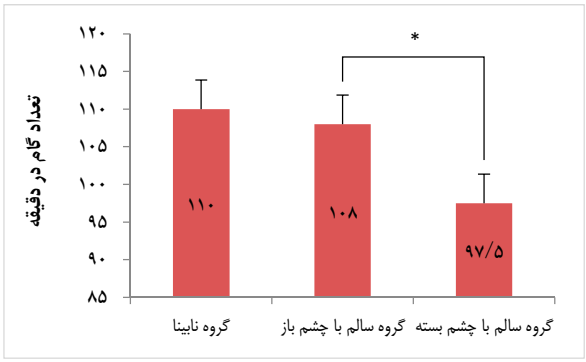
www.mui.ac.ir

**نمودار ۳. درصدی از چرخه گام‌برداری که پنجه پای موافق از زمین جدا می‌شود (Toe off)، پنجه پای مخالف با زمین تماس می‌یابد (Opposite toe contact) و پاشنه پای مخالف از زمین جدا می‌شود (Opposite heel off) در گروه‌ها**




**نمودار ۴. میزان سرعت گام‌برداری در دو گروه سالم و نابینا**

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq ۰/۰۵$




**نمودار ۵. میزان Cadence در دو گروه سالم و نابینا**

*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq ۰/۰۵۰$

جدول ۲ شاخص تقارن در پارامترهای مکانی- زمانی راه رفتن را در دو گروه نابینا و سالم برای پای سمت چپ و راست نشان می‌دهد. مقایسه بین گروه‌ها نشان داد که تقارن بین پای راست و چپ در گروه نابینا با افراد سالم هنگام راه رفتن با چشم باز مشابه بود، اما در متغیرهای زمان حمایت تک اتکایی، زمان نوسان و درصدی از چرخه که در آن پنجه پای موافق از زمین بلند می‌گردد (Foot off)، میزان شاخص تقارن در افراد سالم هنگام راه رفتن با چشم بسته به ترتیب حدود ۵۴/۷ درصد ($P = ۰/۰۳۰$)، ۵۴/۷ درصد ($P = ۰/۰۳۰$) و ۵۱/۹ درصد ($P = ۰/۰۳۰$) بزرگ‌تر از آن در افراد نابینا بود.

## بحث

هدف از انجام این پژوهش، مقایسه پارامترهای فضایی- زمانی راه رفتن افراد نابینا و راه رفتن افراد سالم با چشم باز و بسته بود. فرضیه‌های این پژوهش شامل موارد زیر بود.

**جدول ۲. شاخص تقارن بین پای راست و چپ در گروه‌ها**

| پارامترهای گام‌برداری | گروه نابینا | گروه سالم | | P | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | چشم باز | چشم بسته | گروه نابینا و گروه سالم چشم باز | گروه نابینا و گروه سالم چشم بسته | گروه سالم چشم باز و چشم بسته |
| | میانگین ± انحراف معیار | میانگین ± انحراف معیار | میانگین ± انحراف معیار | | | |
| Cadence | ۲/۰۵ ± ۱/۷۵ | ۲/۱۲ ± ۱/۷۹ | ۱/۵۳ ± ۱/۳۰ | ۰/۹۴ (۰/۰۰۷) | ۰/۴۶ (۰/۵۷) | ۰/۵۰ (۰/۷۰) |
| زمان گام | ۲/۰۵ ± ۱/۷۵ | ۲/۱۲ ± ۱/۷۹ | ۱/۵۳ ± ۱/۳۰ | ۰/۹۳ (۰/۰۰۷) | ۰/۴۵ (۰/۵۷) | ۰/۵۱ (۰/۶۹) |
| زمان قدم | ۱۱/۷۲ ± ۹/۰۷ | ۱۵/۳۷ ± ۱۱/۳۹ | ۸/۲۸ ± ۶/۱۰ | ۰/۴۳ (۰/۶۳) | ۰/۳۳ (۰/۹۹) | ۰/۱۴ (۱/۵۹) |
| زمان اتکا | ۸/۶۰ ± ۵/۰۶ | ۷/۶۴ ± ۵/۵۱ | ۴/۵۷ ± ۲/۸۸ | ۰/۶۹ (۰/۱۶) | ۰/۲۹ (۱/۱۸) | ۰/۱۰ (۱/۸۲) |
| زمان نوسان | ۱۲/۱۱ ± ۸/۴۰ | ۱۱/۸۷ ± ۹/۷۵ | ۵/۴۸ ± ۲/۴۸ | ۰/۹۵ (۰/۰۰۳) | ۰/۰۳ (۵/۷۲)* | ۰/۰۵ (۲/۲۳)* |
| سرعت گام‌برداری | ۳/۳۷ ± ۲/۰۷ | ۳/۴۸ ± ۲/۹۹ | ۵/۷۰ ± ۳/۴۰ | ۰/۹۲ (۰/۰۱) | ۰/۰۸ (۳/۴۳) | ۰/۰۸ (۱/۹۳) |
| حمایت تک اتکایی | ۱۲/۱۱ ± ۸/۴۰ | ۱۱/۸۷ ± ۹/۷۵ | ۵/۴۸ ± ۲/۴۸ | ۰/۹۵ (۰/۰۰۳) | ۰/۰۳ (۴/۹۵)* | ۰/۰۵ (۲/۲۳)* |
| حمایت دو اتکایی | ۱۳/۲۶ ± ۱۲/۴۳ | ۸/۴۸ ± ۶/۲۰ | ۵/۲۵ ± ۶/۴۹ | ۰/۲۹ (۱/۱۸) | ۰/۰۹ (۳/۲۵) | ۰/۳۱ (۱/۰۶) |
| طول گام | ۳/۷۳ ± ۲/۸۴ | ۳/۲۵ ± ۳/۳۹ | ۴/۷۵ ± ۳/۳۹ | ۰/۷۳ (۰/۱۲) | ۰/۴۷ (۰/۵۲) | ۰/۱۲ (۱/۷۳) |
| طول قدم | ۷/۵۱ ± ۵/۹۱ | ۱۱/۸۸ ± ۷/۱۰ | ۹/۹۶ ± ۶/۵۷ | ۰/۲۰ (۱/۷۸) | ۰/۴۵ (۰/۶۲) | ۰/۶۸ (۰/۴۳) |
| لحظه جدا شدن پای مخالف از زمین (درصد) | ۱۳/۵۵ ± ۷/۱۵ | ۲۵/۰۷ ± ۷/۱۴ | ۷/۸۶ ± ۸/۲۷ | ۰/۰۳ (۵/۶۴)* | ۰/۲۸ (۱/۲۷) | ۰/۰۲ (۲/۶۲)* |
| لحظه تماس پای مخالف با زمین (درصد) | ۱۰/۷۰ ± ۸/۳۰ | ۱۴/۸۷ ± ۹/۶۲ | ۷/۷۱ ± ۵/۴۹ | ۰/۳۱ (۱/۰۷) | ۰/۳۵ (۰/۹۰) | ۰/۰۸ (۱/۹۵) |
| لحظه جدا شدن پای موافق از زمین (درصد) | ۸/۰۵ ± ۵/۵۹ | ۷/۳۷ ± ۵/۶۲ | ۳/۸۷ ± ۲/۱۰ | ۰/۷۵ (۰/۰۹) | ۰/۰۴ (۴/۸۹)* | ۰/۰۵ (۲/۲۴)* |

*وجود اختلاف معنی‌دار؛ ارزش عددی صفر نشانه حداکثر تقارن بین دو پای سمت راست و چپ و افزایش مقادیر شاخص تقارن به معنی کاهش تقارن بین دو پای سمت راست و چپ در متغیرهای گام‌برداری است.



www.mui.ac.ir

الف. پارامترهای گام‌برداری بین افراد سالم و نابینا متفاوت است.

ب. عدم تقارن در افراد نابینا بیشتر است.

ج. بستن چشم در افراد بینا موجب افزایش شاخص تقارن می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در افراد نابینا مقادیر طول گام، طول قدم و سرعت گام‌برداری، کوچک‌تر از این مقادیر در افراد سالم هنگام راه رفتن با چشمان باز بود. نتایج ارایه شده توسط MacGowen (۷) با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا بود. MacGowen نشان داد که سرعت گام‌برداری و طول گام‌ها در افراد نابینا کمتر از افراد سالم است (۷). Hallemans و همکاران نیز نتیجه‌گیری کردند که سرعت گام‌برداری، طول گام و مدت زمان حمایت دو اتکایی در افراد نابینا کمتر از افراد سالم می‌باشد (۱۴) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت. Nakamura سرعت راه رفتن پایین‌تر، طول گام کوتاه‌تر و زمان اتکای طولانی‌تری را در افراد نابینا مشاهده کرد (۶). نتایج مطالعه Clark-Carter و همکاران نیز نشان داد که هنگام راه رفتن، افراد نابینا طول گام‌های کوتاه‌تری دارند و با سرعت آهسته‌تری راه می‌روند (۲۷). شاید تغییرات ایجاد شده در متغیرهای زمانی- مکانی راه رفتن افراد نابینا، در اثر نوعی تطابق سیستم عصبی- عضلانی باشد که برای پیشگیری از سقوط و افزایش تعادل دینامیکی رخ می‌دهد. Patla و همکاران چنین تفسیر کردند که سرعت گام‌برداری یکی از نشانه‌های کارایی حرکتی در افراد می‌باشد (۲۸). به همین جهت کاهش سرعت گام‌برداری در افراد نابینا حاکی از پایین بودن کارایی حرکتی مطلوب آن‌ها است. از سوی دیگر کاهش سرعت گام‌برداری، زمان بیشتری را برای ارایه یک پاسخ مناسب‌تر و متعادل‌تر فراهم می‌سازد. کاهش در طول گام و قدم در نابینایان برای حفظ پایداری وضعیت بدن ضروری است. همچنین، طول گام کوتاه‌تر در افراد نابینا تا حدودی به علت تماس کف پا با زمین به جای برخورد پاشنه با زمین در مرحله آغاز فاز اتکا می‌باشد (۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تماس صحیح با پاشنه، عامل مهمی در افزایش طول گام است (۴). شاید بتوان گفت که در راه رفتن با الگوی تماس کف پایی، تعادل بیشتری فراهم می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که طول گام و طول قدم و نیز زمان گام‌برداری افراد سالم در شرایط چشم بسته بزرگ‌تر از این مقادیر در افراد نابینا بود؛ در حالی که مطالعه Hallemans و همکاران نشان داد، فقط Cadence به طور معنی‌داری در گروه نابینا نسبت به افراد سالم در وضعیت چشم بسته کمتر می‌باشد (۴). همچنین، در مطالعه دیگری Hallemans و همکاران گزارش نمودند که افراد نابینا دارای طول گام کوتاه‌تر و زمان حمایت دو اتکایی طولانی‌تری نسبت به افراد سالم هستند (۲۹). طول گام کوتاه‌تر منجر به کاهش سرعت گام‌برداری می‌شود. بنابراین، مطابق با نظر Hallemans و همکاران، افراد سالم به دلیل اتکا به اطلاعات بینایی، برای حفظ الگوی راه رفتن در وضعیت چشم بسته تغییرات بیشتری را نشان داده‌اند (۴) که این نتایج با پژوهش حاضر همسو می‌باشد.

در گروه سالم متغیرهای زمان گام و زمان قدم، زمان حمایت تک اتکایی و زمان نوسان با بستن چشم، افزایش معنی‌داری را نشان داد و Cadence کاهش معنی‌داری داشت. پژوهش‌های زیادی در مورد تأثیر بینایی بر کنترل وضعیت بدن انجام شده است (۳۰، ۵، ۴). این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مختل کردن اطلاعات دریافت شده از چشم‌ها و مسدود کردن بینایی، موجب افزایش زمان گام‌ها می‌شود و بقیه پارامترها تغییر معنی‌داری نداشتند و این نتایج مشابه با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بستن چشم‌ها می‌تواند بر الگوی گام‌برداری تأثیر بگذارد و افراد سالم حتی در شرایط بدون چالش به اطلاعات بینایی وابسته هستند. تغییرات به وجود آمده در راه رفتن با چشمان بسته در افراد سالم، به دلیل عدم تمرین و عدم سازگاری با این شرایط می‌باشد؛ به طوری که متغیرهای Cadence، زمان گام و قدم دچار تغییرات زیادی شدند، تا جایی که حتی این تغییرات بزرگ‌تر از مقدار این متغیرها در افراد نابینا بود. همچنین، ممکن است بتوان گفت که گیرنده‌های حسی- عمقی در افراد نابینا نقش بیشتری در مقایسه با افراد سالم برای کنترل راه رفتن ایفا می‌کنند (۳۱).

نتایج مربوط به عملکرد پای راست در مقایسه با پای چپ نشان داد که عملکرد پاها در پارامترهای راه رفتن در دو گروه نابینا و سالم با چشمان باز متقارن است و تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود ندارد. تقارن در افراد سالم در وضعیت چشم بسته در متغیرهای زمان حمایت تک اتکایی، زمان نوسان و زمان جدا شدن پنجه از زمین نسبت به افراد نابینا به طور معنی‌داری بیشتر بود. به بیان دیگر، افراد سالم در حین راه رفتن با چشم بسته دارای عملکرد متقارنی در دو پا نسبت به گروه نابینا بودند. مطالعه Wuehr و همکاران نشان داد که در افراد سالم، تغییرپذیری در متغیرهای گام‌برداری در وضعیت چشم بسته افزایش می‌یابد و نتیجه‌گیری کردند که افزایش میزان تغییرپذیری با کاهش سرعت گام‌برداری ارتباط معنی‌داری را نشان داده است (۳۲) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت نداشت. نتایج پژوهش‌های ذکر شده نشان داد که سرعت گام‌برداری در افراد سالم در وضعیت چشم بسته در مقایسه با راه رفتن در وضعیت چشم باز کاهش معنی‌داری یافته بود و در نتیجه، راه رفتن با سرعت آهسته موجب افزایش تغییرپذیری می‌گردد. در مطالعه حاضر سرعت گام‌برداری افراد سالم در دو وضعیت راه رفتن با چشم باز و بسته تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، ممکن است علت عدم تغییر تقارن به دلیل تغییر نیافتن سرعت گام‌برداری در افراد سالم در دو وضعیت راه رفتن با چشم باز و بسته باشد.

## نتیجه‌گیری

در افراد نابینا طول گام و قدم و نیز سرعت گام‌برداری کمتر از افراد سالم بود. تقارن همه متغیرهای فضایی- زمانی و کینماتیکی در راه رفتن نابینایان مشابه راه رفتن افراد سالم با چشم باز بود. بستن چشم در افراد سالم موجب کاهش Cadence و افزایش در زمان گام‌برداری و قدم، زمان اتکای یک پا و زمان نوسان شد.

این مطالعه نشان داد که الگوی کلی گام‌برداری در نابینایان دچار ناهنجاری نمی‌شود و کاهش طول گام و سرعت ممکن است به دلیل ترس از برخورد با موانع و یا برای پیشگیری از سقوط ناشی از بروز آشفتگی تعادلی باشد. بر اساس این نتایج، فقدان عامل بینایی مانع یادگیری الگوی حرکتی راه رفتن نشده است. این فرضیه را می‌توان پیشنهاد داد که عامل بینایی در یادگیری و اجرای مهارت حرکتی بسته به ماهیت مهارت اهمیت می‌یابد. کم و کیف تعامل بین عامل بینایی با ویژگی مهارت‌های حرکتی نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

### محدودیت‌ها

تعداد کم آزمودنی‌ها و عدم وجود نابینایان زن در پژوهش حاضر از جمله محدودیت‌های این مطالعه بود و پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده مدنظر قرار گیرد. محدودیت دیگر تحقیق این بود که در شرایط عادی افراد نابینا با عصا راه می‌روند؛ در حالی که هنگام تست، راه رفتن بدون عصا بود و میزان تأثیر این

وسیله کمکی در عملکرد راه رفتن اندازه‌گیری نشده است.

### پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی، کینماتیک راه رفتن افراد نابینا با تأکید بر عملکرد تنه و اندام فوقانی بررسی شود. در این مطالعه به علت محدود بودن تعداد دوربین‌ها فقط کینماتیک اندام تحتانی ارزیابی شد و عملکرد کینماتیکی تنه و اندام فوقانی اندازه‌گیری نشد. همچنین، با توجه به ارتباط عامل تغییرپذیری الگوی گام‌برداری با خطر سقوط در افراد نابینا، پیشنهاد می‌شود در مطالعه‌ای به این موضوع پرداخته شود.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه دکتری مهدی مجلسی، مصوب دانشگاه بوعلی سینا با کد ۱۱۹۹۵۵۵ بود. بدین وسیله نویسندگان از کلیه آزمودنی‌ها که داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند، نهایت قدردانی را به عمل می‌آورند.

## References

1. Nougier V, Bard C, Fleury M, Teasdale N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance. Gait Posture 1997; 5(1): 34-41.
2. Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. Gait Posture 2001; 14(1): 36-43.
3. Rosen S. Kinesiology and sensorimotor function. In: Blasch B, Wiener WR, Welsh RI, editors. Foundations of orientation and mobility. New York, NY: AFB Press; 1997. p. 170-99.
4. Hallemans A, Ortibus E, Meire F, Aerts P. Low vision affects dynamic stability of gait. Gait Posture 2010; 32(4): 547-51.
5. Davarpanah Jazi S, Purrajabi F, Movahedi A, Jalali S. Effect of selected balance exercises on the dynamic balance of children with visual impairments. J Vis Impair Blind 2012; 106(8): 466-74.
6. Nakamura T. Quantitative analysis of gait in the visually impaired. Disabil Rehabil 1997; 19(5): 194-7.
7. MacGowen HE. The kinematic analysis of the walking gait of congenitally blind and sighted children. Minneapolis, MN: University of Minnesota; 1983.
8. Portfors-Yeomans CV, Riach CL. Frequency characteristics of postural control of children with and without visual impairment. Dev Med Child Neurol 1995; 37(5): 456-63.
9. Larsson L, Frandin K. Body awareness and dance-based training for persons with acquired blindness—effects on balance and gait speed. Vis Impair Res 2006; 8(1-2): 25-40.
10. Ramsey V, Blasch B, Kita A. Effects of mobility training on gait and balance. J Vis Impair Blind 2003; 97(11): 720.
11. Lord SR, Dayhew J. Visual risk factors for falls in older people. J Am Geriatr Soc 2001; 49(5): 508-15.
12. Timmis MA, Scarfe AC, Tabrett DR, Pardhan S. Kinematic analysis of step ascent among patients with central visual field loss. Gait Posture 2014; 39(1): 252-7.
13. Patino CM, McKean-Cowdin R, Azen SP, Allison JC, Choudhury F, Varma R. Central and peripheral visual impairment and the risk of falls and falls with injury. Ophthalmology 2010; 117(2): 199-206.
14. Hallemans A, Beccu S, Van LK, Ortibus E, Truijen S, Aerts P. Visual deprivation leads to gait adaptations that are age- and context-specific: II. Kinematic parameters. Gait Posture 2009; 30(3): 307-11.
15. Spaulding SJ, Flanagan J, Elliott D, Rietdyk S, Brown KS. Waterloo vision and mobility study: Normal gait characteristics during dark and light adaptation in individuals with age-related maculopathy. Gait Posture 1995; 3(4): 227-35.
16. Ozdemir RA, Pourmoghaddam A, Paloski WH. Sensorimotor posture control in the blind: superior ankle proprioceptive acuity does not compensate for vision loss. Gait Posture 2013; 38(4): 603-8.
17. Grasso R, Bianchi L, Lacquaniti F. Motor patterns for human gait: backward versus forward locomotion. J Neurophysiol 1998; 80(4): 1868-85.
18. Patterson KK, Mansfield A, Biasin L, Brunton K, Inness EL, McIlroy WE. Longitudinal changes in poststroke spatiotemporal gait asymmetry over inpatient rehabilitation. Neurorehabil Neural Repair 2015; 29(2): 153-62.
19. Hackney ME, Hall CD, Echt KV, Wolf SL. Multimodal exercise benefits mobility in older adults with visual impairment: a preliminary study. J Aging Phys Act 2015; 23(4): 630-9.
20. Hamill J, Knutzen K, Bates B. Ambulatory consistency of the visually impaired. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1985.
21. Su BL, Song R, Guo LY, Yen CW. Characterizing gait asymmetry via frequency sub-band components of the ground reaction force. Biomed Signal Process Control 2015; 18: 56-60.
22. Burnett DR, Campbell-Kyureghyan N, Topp RV, Quesada PM. Biomechanics of lower limbs during walking among candidates for total knee arthroplasty with and without low back pain. Biomed Res Int 2015; 2015: 8.
23. Ferrari A, Benedetti MG, Pavan E, Frigo C, Bettinelli D, Rabuffetti M, et al. Quantitative comparison of five current protocols in gait analysis. Gait Posture 2008; 28(2): 207-16.
24. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons; 2009.
25. Patterson KK, Gage WH, Brooks D, Black SE, McIlroy WE. Evaluation of gait symmetry after stroke: A comparison of current methods and recommendations for standardization. Gait Posture 2010; 31(2): 241-6.
26. Whittle MW. Gait analysis: An introduction. Philadelphia, PA: Elsevier Science; 2014.
27. Clark-Carter DD, Heyes AD, Howarth CI. The gait of visually impaired pedestrians. Hum Mov Sci 1987; 6(3): 277-82.

**28.** Patla AE, Davies TC, Niechwiej E. Obstacle avoidance during locomotion using haptic information in normally sighted humans. Exp Brain Res 2004; 155(2): 173-85.
**29.** Hallemans A, Ortibus E, Truijen S, Meire F. Development of independent locomotion in children with a severe visual impairment. Res Dev Disabil 2011; 32(6): 2069-74.
**30.** Lamoureux EL, Chong E, Wang JJ, Saw SM, Aung T, Mitchell P, et al. Visual impairment, causes of vision loss, and falls: The Singapore Malay eye study. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008; 49(2): 528-33.
**31.** Ozer M, Kaynak H, Atik A, Kacmaz Silil M, Altun M, Akseki D. Comparison of ankle proprioception between blind and healthy athletes. Orthopaedic Journal of Sports Medicine 2014; 2(Suppl 3).
**32.** Wuehr M, Schniepp R, Schlick C, Huth S, Pradhan C, Dieterich M, et al. Sensory loss and walking speed related factors for gait alterations in patients with peripheral neuropathy. Gait Posture 2014; 39(3): 852-8.



www.mui.ac.ir

# Kinematic and Spatio-Temporal Characteristics of Gait in Blind Individuals

Mahdi Majlesi[1], Nader Farahpour[2]

Original Article

## Abstract

**Introduction:** Visual inputs in the neuromuscular response process of the central nerve system have an important role in various motor tasks. The identification of the influence of lack of visual input on gait in blind people may be useful in rehabilitation planning and correction of gait pattern. The aims of this study were to compare spatio-temporal variables and the symmetry index of gait among blind and healthy individuals, and investigate the effects of closing the eyes on kinematics of gait in healthy subjects.

**Materials and Methods:** In the present study, 10 blind and 10 healthy subjects with similar age, height, and mass participated. Spatio-temporal variables of gait were measured in blind subjects without a cane and in normal subjects with and without vision. The differences between the two groups and the two walking conditions were determined through repeated measure and significance level of $P < 0.05$.

**Results:** Stride length, step length, and gait velocity were lower in blind individuals than healthy individuals with vision ($P < 0.05$). Stride length, step length, and stride time in healthy individuals without vision were greater than in blind individuals. In healthy individuals without vision, stride and step time, fluctuation time, and single support time were increased while cadence was decreased. Moreover, the asymmetry index in the healthy group without vision in terms of variables of single support time, fluctuation time, and toe raised off the ground time had greater symmetry than the blind subjects.

**Conclusion:** Blindness is accompanied with reduced walking speed and step and stride length. Lack of vision in healthy subjects, caused increased stride time, single support time, and fluctuation time and decreased cadence. Stride length, step length, and stride time in healthy subjects without vision were greater than in blind individuals. It seems that the role of proprioceptive receptors is more pronounced in blind individuals than normal individuals.

**Keywords:** Gait, Blindness, Without vision, Spatio-temporal variables

**Citation:** Majlesi M, Farahpour N. **Kinematic and Spatio-Temporal Characteristics of Gait in Blind Individuals.** J Res Rehabil Sci 2015; 11(4): 292-300

Received date: 14/04/2015 Accept date: 16/09/2015

1- PhD Student, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
**Corresponding Author:** Nader Farahpour, Email: naderfarahpour1@gmail.com