

Research Paper

Comparing Frequency Spectrum of Ground Reaction Forces in Blind and Healthy Participants With Open and Closed Eyes During Walking



\*Mohsen Barghamadi<sup>1</sup> , Hadi Allahverdidost<sup>1</sup> , Hadi Panahi<sup>1</sup>

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.



**Citation** Barghamadi M, Allahverdidost H, Panahi H. [Comparing Frequency Spectrum of Ground Reaction Forces in Blind and Healthy Participants With Open and Closed Eyes During Walking (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(1):48-61. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.2>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.2>

ABSTRACT

**Background and Aims** This study aimed to compare the frequency spectrum of ground reaction forces in blind and healthy participants with open and closed eyes during walking.

**Methods** This study was quasi-experimental. The statistic samples comprised 15 blind men with a mean age of  $25.22 \pm 6.33$  years and 15 healthy men with a mean age of  $27.22 \pm 5.31$  years. They were selected by available sampling. A foot scan (RS Scan International, Belgium) device was used to measure the foot pressure values while walking. Variables of foot pressure were recorded at a sampling frequency of 300 Hz. For data analysis, we used the paired t test to compare the within-group means and the independent t test to compare the between-group means in SPSS software, version 24.

**Results** The results showed that the frequency content with 99.5% power was greater in the blind group than in the healthy group with open eyes in the vertical direction, first metatarsal, and lateral and medial heel parts ( $P < 0.05$ ). Also, the frequency content with 99.5% power was greater in the healthy group with closed eyes than those healthy ones with open eyes ( $P < 0.05$ ). The frequency content with 99.5% power ( $P = 0.004$ ) and numbers of essential harmonics ( $P = 0.003$ ) in the vertical direction in the blind group were respectively 9.84% and 13.51% less than the healthy group with closed eyes. The number of essential harmonics ( $P = 0.002$ ) in the vertical direction in the healthy group with closed eyes was 20.61% greater than those healthy ones with open eyes. The frequency content with 99.5% power in the vertical direction in the blind group was less than that of the healthy group with closed eyes ( $P = 0.023$ ).

**Conclusion** Considering the increase in frequency with 99.5% power and the number of essential harmonics in different areas of the soles of the foot in the blind group and healthy group with closed eye, it is recommended that physiotherapists, motion analysts, and rehabilitation specialists design a special rehabilitation protocol for blind people and those who lost their vision due to an accident.

**Keywords** Frequency spectrum, Ground reaction forces, Blind, Walking

Received: 31 Aug 2021

Accepted: 24 Feb 2022

Available Online: 20 Mar 2024

\* Corresponding Author:

Mohsen Barghamadi, Associate Professor.

Address: Department of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Tel: +98 (45) 31505627

E-Mail: [barghamadi@uma.ac.ir](mailto:barghamadi@uma.ac.ir)



Copyright © 2024 The Author(s);  
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## Extended Abstract

B

## Introduction

ased on the [World Health Organization \(WHO\)](#), 285 million people worldwide have some degree of poor vision. Among these people, 39 million people are blind. In the United States, more than 1.3 million people are completely blind, and approximately 8.7 million have some degree of poor vision. According to the American Foundation for the Blind and the National Federation of the Blind, 100000 of these people are students. Over the years, disease-induced blindness has declined due to success in public health practices. However, the number of people over 60 who are blind has increased by 2 million every decade. Blindness is one of the major problems of the [WHO](#). The blind person faces several cognitive and motor limitations due to a lack of visual information. One of the most important limitations that can disrupt these people's lives is walking. This study aimed to compare the frequency spectrum of ground reaction forces in blind and healthy participants with open and closed eyes during walking.

## Materials and Methods

This study was quasi-experimental. The statistic samples included 15 blind men with a mean age of  $25.22 \pm 6.33$  years and 15 healthy men with a mean age of  $27.22 \pm 5.31$  years. They were selected using the available sampling. A foot scan (RS Scan International, Belgium) device was used to measure the frequency spectrum of ground reaction forces while walking. Variables were recorded at a sampling frequency of 300 Hz. The data of the frequency spectrum of the ground reaction forces include frequency with power 99.5%, middle frequency, frequency bandwidth, and number of essential harmonics. The time series curve is used to convert the data of ground reaction forces into discrete parameters (Fourier coefficients).

Frequency amplitude analysis describes periodic signals through harmonic coefficients and measures the pattern of oscillations of the force-time curve. A 99.5% frequency contains 99.5% of the signal strength. In other words, 99.5% of the signal strength is lower than that frequency. The middle frequency occurs where half of the signal strength is above, and the other half is below. Frequency bandwidth is the difference between the maximum and minimum frequencies when the higher signal strength is half the maximum signal strength.

The number of harmonics required to reconstruct the level of 95% of the data was considered the number of

harmonics in which the sum of the relative amplitudes of each harmonic in the total amplitude is less than or equal to 0.95. For data analysis, the paired t test was used to compare the within-group means and the independent t test to compare the between-group means using SPSS software, version 24.

## Results

The results showed that the frequency with 99.5% power in the vertical direction, metatarsal 1, and lateral and medial parts of the heel in the blind group were greater than the healthy group with open eyes and the healthy group with closed eyes were greater than with open eyes ( $P < 0.05$ ). The frequency with 99.5% power ( $P = 0.004$ ) and number of essential harmonics ( $P = 0.003$ ) in the vertical direction in the blind group were respectively 9.84% and 13.51% less than the healthy group with closed eyes. The essential harmonics ( $P = 0.002$ ) in the vertical direction in the healthy group with closed eyes was 20.61% greater than the healthy group with open eyes. The frequency with 99.5% power and the number of essential harmonics in the vertical direction in the blind group was less than that of the healthy group with closed eyes ( $P = 0.023$ ).

## Conclusion

Considering the increase in frequency with 99.5% power and the number of essential harmonics in different areas of the soles in the blind group and healthy group with closed eye, physiotherapists, motion analysts, and rehabilitation specialists are recommended to design a special rehabilitation protocol for blind people and those who lost their vision due to an accident.

## Ethical Considerations

## Compliance with ethical guidelines

All ethical principles, such as obtaining informed consent from the participants, the confidentiality of their information, and allowing them to leave the study, were considered. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of [Ardabil University of Medical Sciences](#) Research Center (Code: IR.ARUMS.1396.259).

## Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

#### Authors' contributions

The authors equally contributed to preparing this article.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Acknowledgments

The authors would like to thank all participants for their cooperation.



## مقاله پژوهشی

# مقایسه طیف فرکانس نیروهای عکس العمل زمین در افراد نابینا و سالم با چشمان باز و بسته طی راه رفتن

محسن برغمادی<sup>۱</sup>، هادی الله‌وردی دوست<sup>۱</sup>، هادی پناهی<sup>۱</sup>

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.



**Citation** Barghamadi M, Allahverdidost H, Panahi H. [Comparing Frequency Spectrum of Ground Reaction Forces in Blind and Healthy Participants With Open and Closed Eyes During Walking (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(1):48-61. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.2>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.2>

## چیکید

**مقدمه و اهداف** هدف از پژوهش مقایسه طیف فرکانس نیروهای عکس العمل زمین در افراد نابینا و سالم با چشمان باز و بسته طی راه رفتن بود.

**مواد و روش‌ها** پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و آزمایشگاهی بود. نمونه آماری شامل ۱۵ مرد نابینا با میانگین سنی ۲۵/۲۲±۶/۳۳ سال و ۱۵ مرد سالم با میانگین سن ۲۷/۲۲±۵/۳۱ سال انتخاب و به‌طور داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری متغیرهای فشار کف پای طی مرحله راه رفتن از دستگاه فوت اسکن RS Scan ساخت کشور بلژیک استفاده شد. داده‌های متغیرهای فشار کف پای با فرکانس نمونه برداری ۳۰۰ هرتز ثبت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تی زوجی برای مقایسه میانگین‌های درون گروهی و از آزمون تی مستقل برای مقایسه میانگین‌های بین گروهی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

**یافته‌ها** نتایج نشان داد که میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در راستای عمودی، استخوان کف پای اول و بخش خارجی و داخلی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان باز بیشتر بود ( $P < 0/05$ ). همچنین میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در گروه سالم طی راه رفتن با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز بیشتر بود ( $P < 0/05$ ). میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد ( $P = 0/004$ ) و تعداد هارمونی‌های ضروری ( $P = 0/003$ ) در راستای عمودی در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته به ترتیب ۱۳/۵۱ و ۹/۸۴ درصد کمتر بود. تعداد هارمونی‌های ضروری ( $P = 0/002$ ) در راستای عمودی در گروه سالم طی راه رفتن با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز ۲۰/۶۱ درصد، بیشتر بود. میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در بخش داخلی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته ( $P = 0/023$ ) کمتر بود.

**نتیجه‌گیری** باتوجه به افزایش فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد و تعداد هارمونی‌های ضروری در نواحی مختلف کف پا در افراد نابینا و سالم با چشمان بسته به فیزیوتراپیست‌ها، متخصصان آنالیز حرکت و توانبخشی پیشنهاد می‌شود تا یک پروتکل توانبخشی ویژه برای افراد نابینا و کسانی که بر اثر سانحه بینایی خود را از دست می‌دهند، ایجاد کنند.

**کلیدواژه‌ها** طیف فرکانس، نیروهای عکس العمل زمین، نابینا، راه رفتن

تاریخ دریافت: ۰۹ شهریور ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۵ اسفند ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۳

\* نویسنده مسئول:

دکتر محسن برغمادی

نشانی: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه بیومکانیک ورزشی.

تلفن: +۹۸ ۳۱۵۰۵۶۲۷ (۴۵)

رایانامه: [barghamadi@uma.ac.ir](mailto:barghamadi@uma.ac.ir)



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## مقدمه

به نظر می‌رسد محدودیت بینایی به مرور زمان باعث ایجاد سازگاری متفاوت در الگوی راه رفتن مانند کاهش راه رفتن [۱۴]، کاهش طول گام و افزایش خطای قرارگیری پا [۱۵]، انحراف از مسیر مستقیم و تغییر در موقعیت قرار گرفتن پا می‌شود [۱۶]. در جمعیت نابینا و کم بینا در طول راه رفتن تماس اولیه آن‌ها با سطح زمین در قسمت میانه پا رخ می‌دهد که می‌تواند تفاوت مهمی در الگوی راه رفتن در مقایسه با افراد سالم که با برخورد پاشنه پا گام برمی‌دارند، باشد [۱۴]. این تغییر در الگوی راه رفتن می‌تواند افراد نابینا را در معرض نیروهای داخلی و خارجی مکرر قرار دهد که بسیار آسیب‌زا هستند. دلایل زیادی برای ایجاد آسیب وجود دارد که یکی از این عوامل نیروهای عکس‌العمل زمین می‌باشد [۱۷، ۱۸]. درواقع خصوصیات نیروی عکس‌العمل زمین حین راه رفتن انسان به‌عنوان توصیف‌کننده مهمی در وجود اختلال در راه رفتن شناخته می‌شود [۱۹]. نیروهای عمودی از جمله پارامترهای هستند که شیوه تماس کف پا فرد را از لحاظ میزان شدت توصیف می‌کنند [۲۰]. تجزیه و تحلیل طیف فرکانس یک متغیر قابل توجه در نیروی عکس‌العمل زمین می‌باشد [۲۱].

طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین یکی از متغیرهای بیومکانیکی مهم طی راه رفتن و دویدن و فعالیت‌های گوناگون دیگر می‌باشد [۲۲]. دامنه فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین به‌عنوان تابعی در حوزه فرکانس به‌جای تابعی در واحد زمان نمایش داده می‌شود و توسط الگوی نوسانات موجود در داده‌ها مشخص می‌شود. تجزیه و تحلیل دامنه فرکانس از متغیرهای بیومکانیکی مانند نیروهای عکس‌العمل زمین جهت ارزیابی محتوای فرکانس سیگنال‌های طبیعی و غیرطبیعی در فعالیت‌هایی نظیر راه رفتن استفاده می‌کند [۲۳]. علاوه بر این طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین می‌تواند الگوی حرکتی نوسان بالا در بیماران هنگام راه رفتن با درد، رد مقایسه با شرایط بدون درد را تشخیص دهد [۲۳]. وردمن و همکاران در مطالعه خود بر روی بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس پیشنهاد کردند که تجزیه و تحلیل حوزه فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین به‌طور بالقوه می‌تواند اطلاعات مفیدی را در مورد پیشرفت بیماری‌های مختلف فراهم کند [۲۳].

باوجود این، هیچ‌یک از تحقیقات موجود به بررسی مقایسه طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد نابینا و سالم با چشمان باز و بسته طی راه رفتن نپرداخته است. بنابراین فهم و درک ارتباط مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین و میزان بار وارده در افراد نابینا به این دلیل مهم است که این ارتباط می‌تواند تأثیر احتمالی اختلالات آناتومیک بر عملکرد عصبی-عضلانی و بیومکانیکی اندام تحتانی را بیشتر مشخص کند. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر مقایسه طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد نابینا و سالم با چشمان باز و بسته طی راه رفتن بود.

طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> در سراسر جهان ۲۸۵ میلیون نفر مبتلا به درجاتی از کم‌بینایی هستند. در بین این افراد ۳۹ میلیون نفر در جهان نابینا هستند [۱]. در ایالات متحده آمریکا بیش از ۱/۳ میلیون نفر کاملاً نابینا هستند و تقریباً ۸/۷ میلیون نفر در ایالات متحده دارای درجاتی از کم‌بینایی هستند [۲]. طبق گفته‌های بنیاد آمریکایی نابینان<sup>۲</sup> [۲] و فدراسیون ملی نابینان، از این تعداد ۱۰۰۰۰۰ نفر دانشجو هستند. طی سال‌های گذشته، نابینایی ناشی از بیماری‌ها به‌دلیل موفقیت در اقدامات بهداشت عمومی کاهش یافته است، اما تعداد نابینان بالای ۶۰ سال در هر دهه ۲ میلیون نفر افزایش می‌یابد [۳]. نابینایی یکی از مسائل عمده سازمان بهداشت جهانی است [۴]. در فرد نابینا به‌دلیل فقدان اطلاعات بینایی، با محدودیت‌های شناختی و حرکتی متعددی مواجه است. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های که می‌تواند زندگی این افراد را دچار اختلال کند، راه رفتن است [۵، ۶].

راه رفتن به‌عنوان یک مهارت حرکتی روزمره مهم، وابستگی زیادی به ورودی‌های بصری دارد. بنابراین، هر گونه کمبود بینایی ممکن است با تغییراتی در الگوی راه رفتن همراه باشد [۷، ۸]. افراد نابینا به‌دلیل کمبود دانش در مورد خصوصیات فیزیکی مسیر و ترس از سقوط، الگوی راه رفتن تغییر یافته از خود نشان می‌دهند [۹]. مطالعات قبلی نشان داده است که عدم بازخورد بصری در طی حرکات عملکردی به ایجاد اختلالات فراوانی منجر می‌شود [۱۰]. سینگ و همکاران [۱۰] بیان کردند که افراد نابینا در اعمال روزانه خود دارای مشکلات بسیاری هستند. برای مثال، افراد نابینا همواره زمان انتقال وزنشان کمتر می‌باشد، مراکز تمرکز و ضعف عضلانی بیشتری در مقایسه با افراد سالم دارند و نیاز به کمک بیشتری در هنگام انجام اعمال روزانه خود دارند [۱۰، ۱۱]. در افراد نابینا مکانیسم راه رفتن در مقایسه با افراد سالم متفاوت است.

هالمان و همکاران [۱۲] در تحقیقی نشان دادند که از نظر دامنه حرکت زاویه‌ای تنه و لگن در افراد سالم با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز تفاوت معنی‌داری ندارد، اما با گروه نابینا اختلاف معنی‌داری دارد. افراد سالم با چشمان بسته «محرک بصری» طبیعی در مورد حرکت صحیح ندارند، بنابراین سر و گردن به‌طور طبیعی در این افراد صاف نمی‌باشد [۱۳]. افراد مبتلا به نابینایی مادرزادی از زمان تولد به‌دلیل داشتن وزن کم مستعد مشکلات عصبی و عضلانی هستند. در این وضعیت، جهت‌گیری اشتباه سر توازن دینامیک و استاتیک بدن را دچار اختلال می‌کند. بنابراین مکانیسم راه رفتن در این افراد دچار تغییرات زیادی می‌شود [۶، ۱۳].

1. World Health Organization (WHO)  
2. American Foundation for the Blind (AFB)



## مواد و روش

## روش اجرا و جمع‌آوری اطلاعات

### محاسبه طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین

دستگاه فوت اسکن<sup>۴</sup> در وسط مسیر راه رفتن ۱۰ متری قرار داده شد. برای هر آزمودنی در ادامه یک کوشش ایستا ثبت شد که در آن وزن آزمودنی و طول پای وی در نرم‌افزار دستگاه ثبت گردید. وزن آزمودنی‌ها با حداقل لباس با ترازوی سکا<sup>۵</sup> با دقت ۰/۵ کیلوگرم و طول پای افراد در حالت ایستاده با متر نواری باترفلای با دقت ۰/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد [۲۸]. حین راه رفتن در مسیر آزمون از شرکت‌کنندگان خواسته شد که قبل از رسیدن به دستگاه فوت اسکن الگوی راه رفتن خود را تغییر ندهند و یا این که حین راه رفتن گام‌های خود را تنظیم نکنند. گروه سالم ابتدا با چشمان باز و سپس با چشمان بسته تریال‌های راه رفتن را تکرار کردند. سپس افراد نابینا کوشش راه رفتن را با در نظر گرفتن احتیاط کامل انجام دادند. کوشش راه رفتن صحیح شامل برخورد کامل پا بر روی بخش میانی دستگاه فوت اسکن بود. اگر فوت اسکن توسط آزمودنی جهت تنظیم گام مورد هدف قرار نمی‌گرفت یا تعادل آزمودنی دچار اختلال می‌شد کوشش راه رفتن تکرار می‌شد. سپس داده‌های طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در طی فاز اتکای راه رفتن استخراج شد.

فاز اتکای راه رفتن به‌عنوان تماس پاشنه‌پا با زمین تا بلند شدن پنجه پا تعیین شد. برای تنظیم قرارگیری پای آزمودنی‌ها بر روی فوت‌اسکن طی راه رفتن، ۳ مرتبه عمل راه رفتن به‌طور آزمایشی توسط هر آزمودنی انجام شد. پس از آن ۳ تکرار قابل‌قبول مشخص انجام شد و میانگین ۳ تکرار راه رفتن جهت تحلیل‌های آماری بیشتر مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه فوت‌اسکن با ۴۳۶۳ سنسور نقاط ۱۰ گانه و نیروی عمودی کف پا را طی راه رفتن ثبت می‌کند. نحوه تقسیم‌بندی نقاط کف پا توسط نرم‌افزار (آر، اس، اسکن) صورت می‌گیرد.

### طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین

داده‌های طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین شامل فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد، میانه فرکانس، پهنای باند فرکانس و تعداد هارمونی‌های ضروری می‌باشد. تجزیه و تحلیل هارمونیک برای تبدیل داده‌های نیروهای عکس‌العمل زمین به پارامترهای گسسته (ضرایب فوریه) از منحنی سری زمانی استفاده شده است. تحلیل دامنه فرکانس سیگنال‌های دوره‌ای را از طریق ضرایب هارمونیک توصیف می‌کند و الگوی نوسانات منحنی نیرو-زمان را اندازه‌گیری می‌کند. فرکانس ۹۹/۵ درصد نشان‌دهنده

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی می‌باشد. جامعه آماری شامل تمامی مردان شهرستان اردبیل بود و نمونه آماری پژوهش شامل ۱۵ نفر مرد در گروه نابینا و ۱۵ نفر مرد در گروه سالم بود که به‌طور داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. نمونه آماری در پژوهش حاضر به‌طور نمونه در دسترس انتخاب شد. برای طراحی حجم نمونه، با استفاده از برنامه کامپیوتری نرم‌افزار جی‌پاور<sup>۳</sup> ویرایش ۱/۳ محاسبه شد. حداقل تعداد نمونه موردنیاز جهت دستیابی به توان آماری ۰/۸۲ در اندازه اثر برابر با ۰/۸۵ با سطح آلفای ۰/۰۵ برابر با ۳۰ نفر در دو گروه سالم و نابینا می‌باشد [۲۴]. اندازه متوسط تا بزرگ با اندازه اثر  $f=0.32$  بود. از آنجاکه تحقیقات کمی در زمینه افراد نابینا وجود دارد و تأثیر متغیرهای فشار کف پای معمولاً اندک اما بعضاً از نظر بالینی قابل توجه است [۲۵، ۲۴]، این حجم نمونه انتخاب شد.

علاوه‌براین، توان ۰/۹۰ تعیین شده است، زیرا خطای نوع دو به‌عنوان یک خطای نوع یک در این زمینه اکتشافی جدی است. این مطالعه قدرت کافی برای تشخیص تفاوت بین گروه نابینا و سالم داشت. برای ثبت مشخصات افراد یک پرسش‌نامه تهیه شد که شامل تاریخ تولد، وضعیت پزشکی و شدت نابینایی بود. ملاک ورود به پژوهش شامل ۱. میزان نابینایی موردنظر بیشتر از ۷۰ درصد بوده که براساس پرونده پزشکی افراد شرکت‌کننده کامل شد و همه افراد نابینا مادرزادی بودند. ۲. شرکت‌کنندگان اختلالات عصبی یا ارتوپدی ثانویه از جمله آسیب اندام تحتانی در ۶ ماه قبل از جمع‌آوری داده‌ها را نداشتند. ۳. دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال بود.

ملاک خروج از تحقیق شامل ۱. سابقه شکستگی، مشکلات عصبی-عضلانی، ۲. استفاده از داروهایی که بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارد ۳. نداشتن تمایل فرد به ادامه همکاری در هر قسمت از پژوهش، ۴. بروز هرگونه مشکل اسکلتی-عضلانی حین انجام پژوهش، ۵. اختلاف طول اندام بیشتر از ۵ میلی‌متر، ۶. دارابودن فعالیت فیزیکی سنگین طی دو روز گذشته. سپس شناسایی پای غالب افراد از طریق شوت توپ فوتبال شناسایی شد [۲۵-۲۷]. برای مشخص کردن آن از فرد خواسته شد ۳ بار توپی را با پا شوت کند. پای که به تعداد بیشتر برای ضربه زدن به توپ استفاده شد، پای غالب در نظر گرفته شد [۲۶]. شرکت‌کنندگان به‌طور کامل درمورد هدف و پروتکل مطالعه مطلع شدند و رضایت‌نامه کتبی را به‌طور آگاهانه امضا کردند. این پژوهش در دانشگاه آزمایشگاه بیومکانیک مرکز سلامت و تندرستی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد.

4. Foot scan pressure plate, 1m\* 0.4 m, 8192 sensors, RS.Scan international, Olen, Belgium  
5. Seca

3. G\*Power

شاخص چهارم تعیین تعداد هارمونی‌های ضروری در هر راستا بود که برطبق روش شناسیدر، تعداد هارمونیک ضروری ne برای بازسازی سطح ۹۵ درصد از داده‌ها به‌عنوان تعدادی از هارمونیک‌ها که مجموع دامنه‌های نسبی هر هارمونیک در کل دامنه کمتر یا برابر با ۰/۹۵ در نظر گرفته شد [۲۸].

در فرمول شماره ۵،  $A_n$  برابر با دامنه،  $n$  برابر با ضریب هارمونیک و  $B_n$  برابر پهنای باند می‌باشد.

$$5. \sum_{n=1}^{n_c} \frac{\sqrt{A_n^2 + B_n^2}}{\sum_{n=1}^m \sqrt{A_n^2 + B_n^2}} \leq 0/95$$

شاخص پنجم شامل دامنه هر هارمونی می‌باشد که نشان‌دهنده دامنه و تعداد هارمونیک در سه راستا عمودی، قدامی-خلفی و داخلی خارجی برای تعداد هارمونی‌های ضروری در هر راستا، در دو شرایط با و بدون نواربندی بود [۲۹].

#### تحلیل آماری

نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک<sup>۶</sup> تأیید شد. از آزمون آماری تی همبسته<sup>۷</sup> جهت مقایسه درون گروهی (گروه سالم با چشمان باز و بسته) و از آزمون تی مستقل<sup>۸</sup> جهت مقایسه بین گروهی (گروه سالم با چشمان بسته و گروه نابینا، و گروه سالم با چشمان باز و گروه نابینا) استفاده شد. تمام تحلیل‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. برای محاسبه اندازه اثر (d) از فرمول شماره ۶ استفاده شد [۳۰]:

$$6. \text{اختلاف میانگین دو شرایط} \\ d = \frac{\text{اختلاف میانگین دو شرایط}}{\text{میانگین انحراف معیار دو شرایط}}$$

#### یافته‌ها

نتایج نشان داد در متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن در دو گروه نابینا و سالم هیچ اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0/05$ ) (جدول شماره ۱).

نتایج نشان داد میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در در راستای عمودی در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان باز ۲۰/۲۸ درصد بیشتر، بود ( $P = 0/032$ ) (جدول شماره ۲). میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد ( $P = 0/004$ ) و تعداد هارمونی‌های ضروری ( $P = 0/003$ ) در راستای عمودی در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته به‌ترتیب ۱۳/۵۱ و ۹/۸۴ درصد، کمتر

فرکانسی می‌باشد که ۹۹/۵ درصد توان سیگنال را دارا می‌باشد، یا به‌عبارت‌دیگر ۹۹/۵ توان سیگنال پایین‌تر از آن فرکانس قرار دارد. میانه فرکانس در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که نیمی از توان سیگنال در بالا و نیمی دیگر در پایین آن قرار دارد. پهنای باند فرکانس تفاوت بین فرکانس حداکثر و فرکانس حداقل، زمانی که توان سیگنال بالاتر از نصف حداکثر توان سیگنال است، می‌باشد. تعداد هارمونیک ضروری ne برای بازسازی سطح ۹۵ درصد از داده‌ها به‌عنوان تعدادی از هارمونیک‌ها که مجموع دامنه‌های نسبی هر هارمونیک در کل دامنه کمتر یا برابر با ۰/۹۵ در نظر گرفته شد.

طیف گسسته، دامنه فرکانس به‌صورت مضربی از فرکانس پایه تعیین می‌شود، مجموع  $n$  هارمونیک برابر است با (فرمول شماره ۱):

$$1. F(t) = \sum A_n \sin(n\omega_0 t + \theta_n)$$

در فرمول شماره ۱،  $A_n$  برابر با دامنه،  $0\omega$  برابر با فرکانس پایه،  $n$  برابر با ضریب هارمونیک و  $n\theta$  برابر با زاویه فازی می‌باشد.

برای ارزیابی محتوای فرکانسی نیرو، شاخص‌های زیر محاسبه می‌شوند: [۲۷، ۲۳].

$$2. \int_0^{f_{99.5}} p(f) df = 0.995 \times \int_0^{f_{max}} p(f) df$$

در فرمول شماره ۲،  $P$  برابر با توان محاسبه‌شده،  $f_{max}$  برابر با حداکثر فرکانس سیگنال،  $f=99.5$  برابر با میانه فرکانس نیرو می‌باشد.

میانه فرکانس نیرو در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که نیمی از توان سیگنال در بالا و نیمی دیگر در پایین آن قرار دارد. در فرمول شماره ۳،  $f_{max}$  برابر با حداکثر فرکانس سیگنال و  $f_{med}$  برابر با میانه فرکانس سیگنال می‌باشد.

$$3. \int_0^{f_{med}} p(f) df = \int_{f_{med}}^{f_{max}} p(f) df$$

پهنای باند فرکانس نیرو برابر با تفاوت بین فرکانس حداکثر و حداقل است. توان سیگنال برابر با توان هارمونی‌های بیشتر از نصف حداکثر توان سیگنال می‌باشد. در فرمول شماره ۴،  $f_{max}$  برابر با حداکثر فرکانس سیگنال،  $f_{min}$  حداقل فرکانس سیگنال،  $f_{band}$  برابر با پهنای باند سیگنال و برابر با  $p_{max}$  حداکثر توان سیگنال می‌باشد.

$$4. f_{band} = f_{max} - f_{min} \text{ (when } p \geq 1/2 \times p_{max} \text{)}$$

6. Shapiro-Wilk Test  
7. Paired sample t test  
8. Independent Samples T-Test

جدول ۱. مقایسه میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و شاخص توده بدن در دو گروه سالم و نابینا

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معنی داری
	افراد سالم	افراد نابینا	
سن (سال)	۲۷/۲۲ $\pm$ ۵/۳۱	۲۵/۲۲ $\pm$ ۶/۳۱	۰/۵۶۳
قد (سانتی متر)	۱۷۴/۵۰ $\pm$ ۱۱/۰۴	۱۷۲/۲۲ $\pm$ ۱۵/۳۴	۰/۷۴۶
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۲۲ $\pm$ ۸/۵۴	۷۱/۹۵ $\pm$ ۹/۳۴	۰/۳۸۵

سطح معنی داری  $P < ۰/۰۵$

طب توانبخشی

## بحث

هدف از مطالعه حاضر، مقایسه طیف فرکانس نیروهای عکس العمل زمین در افراد نابینا و سالم با چشمان باز و بسته طی راه رفتن بود. نتایج نشان داد میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در راستای عمودی، استخوان کف پای اول و بخش خارجی و داخلی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان باز بیشتر بود. همچنین تعداد هارمونی های ضروری در راستای عمودی در گروه سالم طی راه رفتن با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز بیشتر بود. هالمانز و همکاران [۱۲] در افراد سالم با چشمان بسته طی راه رفتن در مقایسه با راه رفتن با چشمان باز، الگوی متفاوتی را نشان دادند و حتی نسبت به افراد نابینا الگوی راه رفتن متفاوتی را نشان دادند که به نوعی با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد.

در تبیین این یافته می توان بیان کرد که افراد نابینا به دلیل از دست دادن بینایی از نوسانات بیشتری طی حرکت برخوردارند. هالمانز و همکاران [۱۲] بیان کردند عدم وجود اطلاعات بینایی، به دلیل بستن چشمان در گروه سالم و یا گروه نابینا بر الگوی راه رفتن تأثیر می گذارد. در گروه نابینا و سالم با چشمان بسته با احتیاط بیشتری گام برمی داشتند که این احتیاط در گروه سالم با چشمان بسته بیشتر از گروه نابینا بود. راه رفتن آهسته تر و طول گام کوتاه تر

بود ( $P = ۰/۰۳۲$ ) (جدول شماره ۲). میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد ( $P = ۰/۰۰۱$ ) و تعداد هارمونی های ضروری ( $P = ۰/۰۰۲$ ) در راستای عمودی در گروه سالم طی راه رفتن با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز به ترتیب ۳۹/۰۷ و ۲۰/۶۱ درصد، بیشتر بود ( $P = ۰/۰۳۲$ ) (جدول شماره ۲) (تصویر شماره ۱).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در استخوان کف پای اول در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان باز ( $P = ۰/۰۳۷$ ) و گروه سالم با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز ( $P = ۰/۰۰۱$ ) به ترتیب ۲۸/۱۸ و ۳۱/۴۹ درصد، بیشتر بود (جدول شماره ۳). همچنین میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در بخش داخلی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان باز ( $P = ۰/۰۰۳$ ) و گروه سالم با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز ( $P = ۰/۰۰۱$ ) به ترتیب ۲۳/۶۰ و ۴۲/۲۰ درصد، بیشتر بود (جدول شماره ۳). به علاوه میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در بخش خارجی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان باز ( $P = ۰/۰۰۴$ ) و گروه سالم با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز ( $P = ۰/۰۰۲$ ) به ترتیب ۳۲/۸۷ و ۳۴/۴۶ درصد، بیشتر بود (جدول شماره ۳). میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در بخش داخلی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته ( $P = ۰/۰۲۳$ ) کمتر بود (جدول شماره ۳).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار مؤلفه طیف فرکانس نیروی عکس العمل زمین در راستای عمودی طی راه رفتن در دو گروه سالم و نابینا

راستا	متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار			P		
		افراد سالم		افراد نابینا	گروه سالم		
		چشم باز	چشم بسته		چشم باز و بسته	چشم باز و نابینا	چشم بسته و نابینا
عمودی	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۴۲ $\pm$ ۲/۶۳	۱۳/۱۰ $\pm$ ۴/۲۰	۱۱/۳۳ $\pm$ ۲/۳۱	۰/۰۰۴	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱
	تعداد هارمونی های ضروری	۱۹/۲۱ $\pm$ ۵/۶۶	۲۳/۱۷ $\pm$ ۶/۰۲	۲۰/۸۹ $\pm$ ۵/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۱۴۵	۰/۰۰۲
	میانده فرکانس	۲/۴۴ $\pm$ ۰/۶۰	۲/۵۲ $\pm$ ۰/۵۷	۲/۴۹ $\pm$ ۰/۲۷	۰/۵۷۸	۰/۷۶۳	۰/۶۳۴
	پهنای باند فرکانس	۱/۱۵ $\pm$ ۰/۷۹	۱/۱۸ $\pm$ ۰/۵۷	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۷۶	۰/۳۴۲	۰/۴۳۶	۰/۵۱۸

سطح معنی داری  $P < ۰/۰۵$

طب توانبخشی



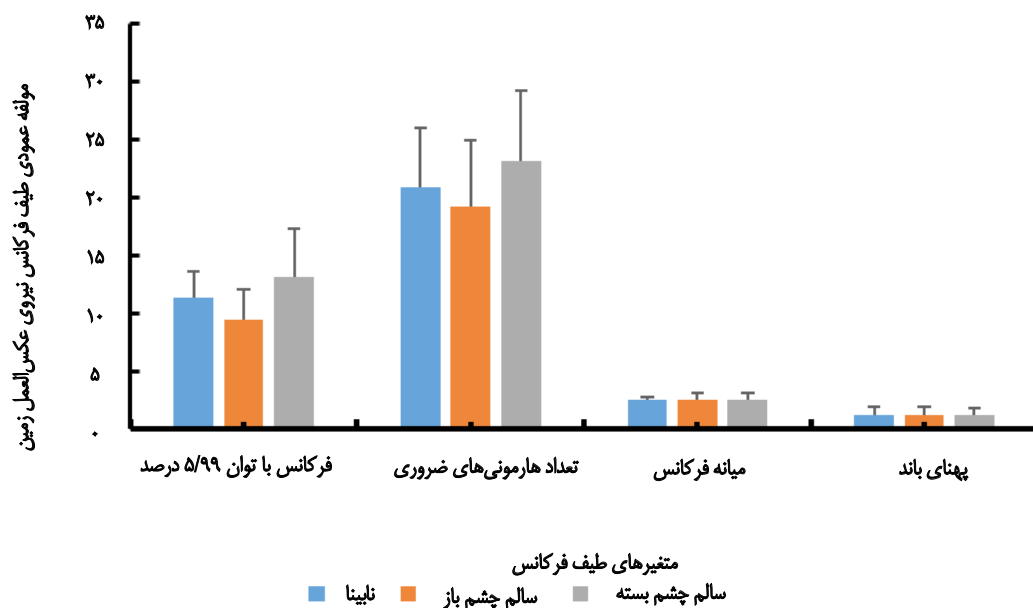
جدول ۳. میانگین و انحراف معیار مؤلفه‌های طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در نواحی ۱۰ گانه پا طی راه رفتن در دو گروه سالم و نابینا

راستا	متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار					P		
		افراد سالم		افراد نابینا	گروه سالم	چشم بسته و نابینا	چشم باز و نابینا	چشم باز و بسته	چشم باز و بسته
		چشم باز	چشم بسته						
انگشت شست	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۱۰ $\pm$ ۲/۱۰	۹/۸۷ $\pm$ ۲/۶۷	۸/۳۴ $\pm$ ۱/۶۷	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۲۴/۳۱ $\pm$ ۸/۳۲	۲۲/۹۹ $\pm$ ۸/۷۵	۲۳/۵۰ $\pm$ ۸/۴۲	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۴۱ $\pm$ ۰/۳۳	۲/۳۲ $\pm$ ۰/۱۲	۲/۳۵ $\pm$ ۰/۶۲	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۵۰	۱/۳۰ $\pm$ ۰/۴۲	۱/۱۴ $\pm$ ۰/۴۱	-	-	-	-	-
انگشتان ۲ تا ۵	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۸/۹۶ $\pm$ ۳/۷۸	۷/۲۱ $\pm$ ۳/۷۳	۸/۲۶ $\pm$ ۴/۱۵	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۲۱/۱۲ $\pm$ ۶/۶۲	۲۱/۱۰ $\pm$ ۸/۱۷	۲۰/۷۵ $\pm$ ۷/۷۹	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۳۶ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۳۶ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۳۰ $\pm$ ۰/۴۸	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۱/۲۶ $\pm$ ۰/۴۴	-	-	-	-	-
استخوان کف پای اول	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۸/۴۸ $\pm$ ۳/۸۸	۱۱/۱۵ $\pm$ ۳/۱۲	۱۰/۸۷ $\pm$ ۴/۲۵	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۲۱/۱۳ $\pm$ ۵/۱۲	۲۰/۵۴ $\pm$ ۷/۵۴	۲۰/۱۴ $\pm$ ۵/۸۸	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۳۳ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۷۵ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۷۵ $\pm$ ۰/۴۰	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۳۴	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۳۴	۱/۴۶ $\pm$ ۰/۵۷	-	-	-	-	-
استخوان کف پای دوم	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۳۳ $\pm$ ۳/۷۸	۹/۱۰ $\pm$ ۴/۲۳	۱۰/۱۲ $\pm$ ۲/۷۵	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۲۱/۱۰ $\pm$ ۶/۹۵	۲۰/۰۶ $\pm$ ۷/۹۵	۲۰/۷۴ $\pm$ ۵/۱۰	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۱۱ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۱۱ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۳۶ $\pm$ ۰/۴۴	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۱۳ $\pm$ ۰/۳۴	۱/۲۳ $\pm$ ۰/۲۴	۱/۱۳ $\pm$ ۰/۳۴	-	-	-	-	-
استخوان کف پای سوم	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۷/۳۵ $\pm$ ۳/۱۰	۸/۱۲ $\pm$ ۲/۴۵	۸/۱۸ $\pm$ ۲/۸۵	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۲۱/۱۳ $\pm$ ۶/۴۵	۲۰/۶۹ $\pm$ ۷/۰۲	۲۰/۹۵ $\pm$ ۵/۰۸	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۷۳ $\pm$ ۰/۷۴	۲/۳۰ $\pm$ ۰/۵۳	۲/۵۴ $\pm$ ۰/۳۳	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۱/۴۵ $\pm$ ۰/۵۳	-	-	-	-	-
استخوان کف پای چهارم	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۷۵ $\pm$ ۳/۱۱	۹/۰۶ $\pm$ ۲/۹۸	۸/۸۳ $\pm$ ۲/۰۸	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۱۸/۳۴ $\pm$ ۵/۷۴	۱۸/۰۰ $\pm$ ۵/۱۲	۱۹/۶۰ $\pm$ ۴/۱۰	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۱۰ $\pm$ ۰/۴۳	۲/۳۳ $\pm$ ۰/۵۴	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۱۷ $\pm$ ۰/۵۷	۱/۷۶ $\pm$ ۰/۳۷	۱/۳۰ $\pm$ ۰/۵۳	-	-	-	-	-
استخوان کف پای پنجم	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۱۱ $\pm$ ۲/۹۶	۸/۸۴ $\pm$ ۲/۶۵	۹/۳۱ $\pm$ ۴/۲۴	-	-	-	-	-
	تعداد هارمونی‌های ضروری	۲۱/۷۵ $\pm$ ۷/۴۳	۲۱/۱۵ $\pm$ ۵/۴۵	۲۰/۹۵ $\pm$ ۶/۴۲	-	-	-	-	-
	میانۀ فرکانس	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۸۷ $\pm$ ۰/۴۳	-	-	-	-	-
	پهنای باند فرکانس	۱/۱۶ $\pm$ ۰/۳۷	۱/۱۶ $\pm$ ۰/۳۷	۱/۳۰ $\pm$ ۰/۱۶	-	-	-	-	-

راستا	متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار					P		
		افراد سالم		افراد نابینا	چشم بسته و باز و نابینا	چشم بسته و باز و سالم	گروه سالم		
		چشم باز	چشم بسته				چشم بسته و باز و سالم	چشم بسته و باز و سالم	چشم بسته و باز و سالم
میان پا	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۳۰ $\pm$ ۲/۰۳	۸/۷۶ $\pm$ ۳/۳۴	۸/۸۷ $\pm$ ۳/۳۱	۰/۸۶۱	۰/۶۵۳	۰/۶۳۴		
	تعداد هارمونی های ضروری	۲۱/۹۶ $\pm$ ۶/۱۳	۲۱/۰۶ $\pm$ ۸/۱۲	۲۰/۹۲ $\pm$ ۴/۷۴	۰/۶۶۹	۰/۴۳۲	۰/۵۶۴		
	میان فرکانس	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۳۳ $\pm$ ۰/۵۴	۰/۷۴۵	۰/۷۴۵	۱/۰۰۰		
	پهنای باند فرکانس	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۵۴	۰/۷۲۸	۰/۷۲۸	۱/۰۰۰		
بخش داخلی پاشنه	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۱۰/۰۰ $\pm$ ۲/۳۹	۱۴/۲۰ $\pm$ ۳/۷۵	۱۲/۳۶ $\pm$ ۷/۶۷	۰/۰۳۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱		
	تعداد هارمونی های ضروری	۲۴/۱۳ $\pm$ ۵/۹۸	۲۴/۷۵ $\pm$ ۶/۱۲	۲۴/۱۰ $\pm$ ۴/۴۵	۰/۸۰۳	۰/۹۲۱	۰/۷۳۵		
	میان فرکانس	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۴۰	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۵۰	۲/۲۶ $\pm$ ۰/۴۴	۰/۷۹۵	۰/۷۸۵	۰/۹۹۴		
	پهنای باند فرکانس	۱/۱۶ $\pm$ ۰/۳۲	۱/۱۶ $\pm$ ۰/۳۲	۱/۲۶ $\pm$ ۰/۴۴	۰/۶۳۳	۰/۶۳۳	۱/۰۰۰		
بخش خارجی پاشنه	فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد	۹/۴۳ $\pm$ ۲/۱۲	۱۲/۶۸ $\pm$ ۵/۸۱	۱۲/۵۳ $\pm$ ۶/۸۰	۰/۷۴۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲		
	تعداد هارمونی های ضروری	۲۱/۱۰ $\pm$ ۴/۳۴	۲۱/۷۶ $\pm$ ۵/۶۸	۲۱/۰۰ $\pm$ ۴/۷۰	۰/۴۹۱	۰/۷۵۹	۰/۵۳۳		
	میان فرکانس	۲/۴۲ $\pm$ ۰/۳۳	۲/۴۲ $\pm$ ۰/۳۳	۲/۵۳ $\pm$ ۰/۴۶	۰/۶۹۱	۰/۶۹۱	۱/۰۰۰		
	پهنای باند فرکانس	۱/۰۸ $\pm$ ۰/۴۵	۱/۰۸ $\pm$ ۰/۴۵	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۳۸	۰/۴۸۸	۰/۴۸۸	۱/۰۰۰		

سطح معنی داری  $P < ۰/۰۵$

طب توانبخشی



طب توانبخشی

تصویر ۱. طیف فرکانس نیروی عکس العمل زمین در راستای عمودی

افراد بینا حذف می‌شود، گروه نابینا به دلیل سازگاری طولانی مدتی که داشته‌اند تمایل بیشتری در استفاده از اطلاعات حس عمقی و دیگر حواس دارد، در حالی که در گروه بینا وابستگی به حواس بینایی بیشتر است. بنابراین زمانی که اطلاعات بینایی ناگهان از بین می‌رود فرد بیشتر در معرض نیروی طی راه رفتن قرار می‌گیرد و می‌تواند باعث افزایش محتوای فرکانسی نیروهای عکس‌العمل زمین شود [۳۶].

### نتیجه‌گیری

باتوجه به افزایش فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد و تعداد هارمونی‌های ضروری در نواحی مختلف کف پا در افراد نابینا و سالم با چشمان بسته می‌توان بیان کرد که محتوای طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین ارزش کلینیکی دارد. بنابراین استفاده از مداخلات درمانی در جهت بهبود شاخص‌های طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد نابینا و کسانی که بر اثر سائحه بینایی خود را از دست می‌دهند، پیشنهاد می‌شود.

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که می‌توان به عدم وجود جنسیت مؤنث در پژوهش حاضر اشاره کرد. از سوی دیگر عدم ثبت هم‌زمان متغیرهای کینماتیکی و الکترومایوگرافی و سرعت خودانتخابی طی راه رفتن از دیگر محدودیت‌های این پژوهش بود.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اردبیل در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.ARUMS.1396.259 دریافت شده است.

#### حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

#### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

#### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

#### تشکر و قدردانی

محققین از تمامی آزمودنی‌ها جهت شرکت در این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

در افراد دارای اختلال بینایی با افزایش زمان طی راه رفتن همراه است. در افراد مبتلا به از دست دادن بینایی، یکپارچه‌سازی اطلاعات دهلیزی و تصورات عمومی اساس برنامه‌ریزی حرکتی است [۳۱]. فقدان ورودی بصری، سیستم عصبی مرکزی را ترغیب می‌کند که بیشتر به اطلاعات مربوط به سیستم دهلیزی حسی و عمقی اعتماد است. تحقیقات نشان داده است که افراد سالم با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز زمان گام طولانی‌تر، طول گام کوتاه‌تر و سرعت گام‌برداری کمتری دارند [۳۲] که نشان‌دهنده عدم سازگاری افراد سالم با اطلاعات دهلیزی حسی و عمقی طی حرکت است [۳۲].

تحقیقات گذشته بیان کرده‌اند [۳۰، ۳۳] که آنچه باعث کاهش نوسانات مرکز فشار می‌شود ارتباط بهینه بین مکانیسم‌های فیدبکی حاصل از سیستم‌های سوماتوسنسوری، وستیبولار و بینایی می‌باشد. ضعف ساختاری و عملکردی بینایی در افراد نابینا باعث افزایش نوسانات مرکز فشار و کاهش کنترل پاسخ می‌شود [۳۴، ۳۵]. تغییرات در محتوای فرکانسی نیروهای عکس‌العمل زمین به عنوان معیار لرزش و بی‌ثباتی الگوی حرکت مطرح می‌شود [۲۳، ۳۶]؛ به طوری که محتوای فرکانسی بالاتر به لرزش و بی‌ثباتی بیشتر منجر می‌شود [۲۷، ۲۳]. وردمن و همکاران پیشنهاد کردند تجزیه و تحلیل طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین می‌تواند بینش‌هایی در مورد پیشرفت بیماری‌های پاتالوژیک، اسکلتی و عضلانی فراهم کند [۲۳]. احتمالاً یکی از دلایل بیشتر بودن فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در افراد نابینا در مقایسه با سالم با چشمان باز و افراد سالم با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز و همچنین افزایش تعداد هارمونی‌های ضروری در راستای عمودی در گروه سالم طی راه رفتن با چشمان بسته در مقایسه با چشمان باز، افزایش نوسانات حرکتی هنگام از بین رفتن اطلاعات بینایی در افراد می‌باشد.

همچنین نتایج نشان داد میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد و تعداد هارمونی‌های ضروری در راستای عمودی در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته کمتر بود. میزان فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد در بخش داخلی پاشنه در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته کمتر بود. باتوجه به تحقیقات گذشته تاکنون تحقیقی به بررسی طیف فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین در گروه نابینا در مقایسه با گروه سالم با چشمان بسته توسط محقق یافت نشد. به همین دلیل امکان مقایسه با نتایج مشابه گذشته امکان‌پذیر نبود.

در تبیین این یافته می‌توان بیان کرد که هر اندازه سرعت گام افزایش یابد، زمان اتکا کاهش می‌یابد. در راه رفتن زمان صرف‌شده در مرحله اتکا کاهش و زمان معلق بودن در فضا افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند علت‌های مختلفی داشته باشد که یکی از این علت‌ها می‌تواند عادت راه رفتن با چشمان باز باشد. افراد نابینای مطلق از زمان تولد و در غیبت حس بینایی، درک خود را از سایر حواس بهبود می‌بخشند، بنابراین در شرایط مساوی و زمانی که اطلاعات بینایی در

## References

- [1] World Health Organization. Visual Impairment and Blindness. Geneva: World Health Organization; 2016.
- [2] No Author. American Foundation for the Blind [Internet]. 2016 [Updated on 24 January 2016].
- [3] Velázquez R. Wearable assistive devices for the blind. In: Lay-Ekuakille A, Mukhopadhyay SC, editors. Wearable and autonomous biomedical devices and systems for smart environment. Berlin: Springer; 2010. [DOI:10.1007/978-3-642-15687-8\_17]
- [4] Woldeyes A, Adamu Y. Gender differences in adult blindness and low vision, Central Ethiopia. Ethiopian Medical Journal. 2008; 46(3):211-8. [Link]
- [5] 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. [DOI:10.1016/S0966-6362(96)01071-5]
- [6] Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. Gait & Posture. 2001; 14(1):36-43. [DOI:10.1016/S0966-6362(00)00100-4] [PMID]
- [7] Soong GP, Lovie-Kitchin JE, Brown B. Measurements of preferred walking speed in subjects with central and peripheral vision loss. Ophthalmic and Physiological Optics. 2004; 24(4):291-5. [DOI:10.1111/j.1475-1313.2004.00196.x] [PMID]
- [8] Elisa F, Josée L, Oreste FG, Claudia A, Antonella L, Sabrina S, et al. Gross motor development and reach on sound as critical tools for the development of the blind child. Brain and Development. 2002; 24(5):269-75. [DOI:10.1016/S0387-7604(02)00021-9] [PMID]
- [9] Ozdemir RA, Pourmoghaddam A, Paloski WH. Sensorimotor posture control in the blind: Superior ankle proprioceptive acuity does not compensate for vision loss. Gait & Posture. 2012; 38(4):603-8. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2013.02.003] [PMID]
- [10] Singh NB, Taylor WR, Madigan ML, Nussbaum MA. The spectral content of postural sway during quiet stance: Influences of age, vision and somatosensory inputs. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2012; 22(1):131-6. [DOI:10.1016/j.jelekin.2011.10.007] [PMID]
- [11] Kuramatsu Y, Muraki T, Oouchida Y, Sekiguchi Y, Izumi S. Influence of constrained visual and somatic senses on controlling centre of mass during sit-to-stand. Gait & Posture. 2012; 36(1):90-4. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.01.011] [PMID]
- [12] Hallemans A, Ortibus E, Meire F, Aerts P. Low vision affects dynamic stability of gait. Gait & Posture. 2010; 32(4):547-51. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2010.07.018] [PMID]
- [13] Steiner H, Kertesz Z. Effect of therapeutic riding on Center of Gravity (COG) and Joint Angles parameters of blind children (A long-term study). IFAC Proceedings Volumes. 2012; 45(18):211-7. [DOI:10.3182/20120829-3-HU-2029.00085]
- [14] Jahn K, Strupp M, Schneider E, Dieterich M, Brandt T. Visually induced gait deviations during different locomotion speeds. Experimental Brain Research. 2001; 141(3):370-4. [DOI:10.1007/s002210100884] [PMID]
- [15] Courtine G, Schieppati M. Human walking along a curved path. I. Body trajectory, segment orientation and the effect of vision. European Journal of Neuroscience. 2003; 18(1):177-90. [DOI:10.1046/j.1460-9568.2003.02736.x] [PMID]
- [16] Buckley JG, MacLellan MJ, Tucker MW, Scally AJ, Bennett SJ. Visual guidance of landing behaviour when stepping down to a new level. Experimental Brain Research. 2008; 184(2):223-32. [DOI:10.1007/s00221-007-1096-8] [PMID]
- [17] Cook SD, Brinker MR, Poche M. Running shoes. Their relationship to running injuries. Sports Medicine. 1990; 10(1):1-8. [DOI:10.2165/00007256-199010010-00001] [PMID]
- [18] van Mechelen W. Running injuries. A review of the epidemiological literature. Sport Medicine. 1992; 14(5):320-35. [DOI:10.2165/00007256-199214050-00004] [PMID]
- [19] Syczewska M, Oberg T. Mechanical energy levels in respect to the center of mass of trunk segments during walking in healthy and stroke subjects. Gait & Posture. 2001; 12(2):131. [Link]
- [20] Lara-Bercial S, Mallett CJ. The practices and developmental pathways of professional and Olympic serial winning coaches. International Sport Coaching Journal. 2016; 3(3):221-39. [DOI:10.1123/iscj.2016-0083]
- [21] Hamill J, McNiven SL. Reliability of selected ground reaction force parameters during walking. Human Movement Science. 1990; 9(2):117-31. [DOI:10.1016/0167-9457(90)90023-7]
- [22] Abdollahpour Darvishani M, Seifi-Skishahr F, Jafarnezhadgero A, Katanchi M. [Effect of six weeks training of elastic walking on frequency domain of ground reaction forces during running in 10 areas of foot in patients with low back pain (Perswian)]. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019; 8(1):165-76. [DOI:10.22037/JRM.2018.111309.1903]
- [23] Wurdeman SR, Huisinga JM, Filipi M, Stergiou N. Multiple sclerosis affects the frequency content in the vertical ground reaction forces during walking. Clinical Biomechanics. 2011; 26(2):207-12. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2010.09.021] [PMID]
- [24] Barghamadi M, Darvishani MA. [Frequency domain analysis of ground reaction forces in deaf and blind people during walking (Persian)]. Medical Journal of Tabriz University of Medical Science. 2021; 43(4):346-58. [DOI:10.34172/mj.2021.061]
- [25] Dehghani M, Jafarnezhadgero AA, Darvishani M. [Evaluation of plantar pressure variables in blind individuals compared to healthy controls (Persian)]. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019; 8(3):171-8. [Link]
- [26] Aali S, Reza Zadeh F. [Effect of spinal stabilizing exercises on lumbar hyperlordosis by StabilizerTM pressure bio-feedback unit. Studies in Sport Medicine. 2013; 5(14):135-50. [Link]
- [27] McGrath D, Judkins TN, Pipinos II, Johanning JM, Myers SA. Peripheral arterial disease affects the frequency response of ground reaction forces during walking. Clinical Biomechanics. 2012; 27(10):1058-63. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2012.08.004] [PMID]
- [28] Cohen J. A power primer. Psychological Bulletin. 1992; 112(1):155-9. [DOI:10.1037/0033-2909.112.1.155] [PMID]

- [29] White R, Agouris I, Fletcher E. Harmonic analysis of force platform data in normal and cerebral palsy gait. *Clinical Biomechanics*. 2005; 20(5):508-16. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.01.001] [PMID]
- [30] Costa M, Priplata AA, Lipsitz LA, Wu Z, Huang NE, Goldberger AL, et al. Noise and poise: Enhancement of postural complexity in the elderly with a stochastic-resonance-based therapy. *Europhysics Letters*. 2007; 77:68008. [DOI:10.1209/0295-5075/77/68008] [PMID]
- [31] Majlesi M, Farahpour N, Robertson GE. Comparisons of spatiotemporal and ground reaction force components of gait between individuals with congenital vision loss and sighted individuals. *Journal of Visual Impairment & Blindness*. 2020; 114(4):277-88. [DOI:10.1177/0145482X20940429]
- [32] Lamoreux 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. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2008; 49(2):528-33. [DOI:10.1167/iops.07-1036] [PMID]
- [33] Collins JJ, De Luca CJ. Random walking during quiet standing. *Physical Review Letters*. 1994; 73(5):764-7. [DOI:10.1103/PhysRevLett.73.764] [PMID]
- [34] Cavanaugh JT, Guskiewicz KM, Stergiou N. A nonlinear dynamic approach for evaluating postural control: New directions for the management of sport-related cerebral concussion. *Sports Medicine*. 2005; 35(11):935-50. [DOI:10.2165/00007256-200535110-00002] [PMID]
- [35] Duarte M, Sternad D. Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing. *Experimental Brain Research*. 2008; 191(3):265-76. [DOI:10.1007/s00221-008-1521-7] [PMID]
- [36] Stergiou N, Giakas G, Byrne JB, Pomeroy V. Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females. *Clinical Biomechanics*. 2002; 17(8):615-7. [DOI:10.1016/S0268-0033(02)00072-4] [PMID]



This Page Intentionally Left Blank