

**Research Paper**

**Motor Strategies Used to Restore Balance in People With and Without Impaired Sensory Organization Suffering From Diabetic Polyneuropathy**



Zahra Kosarian<sup>1,2</sup>, Mehrnoosh Zakerkish<sup>3</sup>, Mohammad Mehravar<sup>1,4</sup>, \*Mohammadjafar Shaterzadeh Yazdi<sup>1,4</sup>, Saeed Hesam<sup>5</sup>

1. Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

2. Student Research Committee, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3. Diabetes Research Center, Health Research Institute, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

4. Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation Sciences, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

5. Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.



**Citation** Kosarian Z, Zakerkish M, Mehravar M, Shaterzadeh Yazdi M, Hesam S. [Motor Strategies Used to Restore Balance in People With and Without Impaired Sensory Organization Suffering From Diabetic Polyneuropathy (Persian)]. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*. 2022; 21(4):560-573. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2844>



**ABSTRACT**

**Background and Objectives** Reduced ability to control balance is one of the disorders affecting the quality of life and daily activities of people with diabetic polyneuropathy (DPN), which can lead to dangerous consequences such as falling. By identifying the causes of balance disorders, we can better understand this condition to provide effective and evidence-based treatments for these patients. This study aims to investigate and compare the use of motor strategies in people with and without impaired sensory organization suffering from DPN.

**Subjects and Methods** In this cross-sectional study, 40 people with DPN participated. Their demographic information were recorded and then underwent balance performance test using the sensory organization test. Based on the results, they were divided into two groups: Control group without impaired sensory organization (n=18) and Patient group with impaired sensory organization (n=22).

**Results** The prevalence of inappropriate use of motor strategies to restore balance in DPN patients with impaired sensory organization was higher than in the control group. The adopted inappropriate strategy was mostly in using ankle strategy, where the somatosensory and visual perturbations were higher.

**Conclusion** Patients with DPN use ankle strategy, instead of hip strategy, to restore balance. This non-use of hip strategy is more common in patients with impaired sensory organization.

**Keywords** Diabetic polyneuropathy, Balance, Sensory organization, Motor strategy

Received: 16 May 2022

Accepted: 28 May 2022

Available Online: 23 Sep 2022

\*Corresponding Author:

Mohammadjafar Shaterzadeh Yazdi, Associate Professor.

Address: Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Tel: +98 (61) 33743101

E-Mail: [shaterzadeh.pt@gmail.com](mailto:shaterzadeh.pt@gmail.com)

## Extended Abstract

### Introduction

**D**iabetes is a common, non-communicable disease. Its prevalence is estimated to reach 592 million people by 2035, imposing a huge financial burden on the health system [1, 2]. Diabetic poly neuropathy (DPN) is one of the most common chronic complications of diabetes, affecting almost 50% of diabetic population. The most common type of affected nerve fiber are large fibers, in which visual, vestibular and somatosensory senses are transferred to central nervous system [4]. Since, the mentioned senses are involved in postural control, their lacking and balance and gait impairments can increase the risk of falling [5-7]. Postural control encompasses a complex process between sensory and motor systems, involving sensory inputs, responding to body orientation changes, and maintaining the body center of mass within the base of support [8, 9].

Following a perturbation, the postural control system uses two strategies to restore balance: Ankle strategy, and hip strategy. The optimal use of these movement strategies, not only overcomes the balance challenge, but also leads to the reduction of energy consumption to perform the balance task [14, 15]. Sensory organization test (SOT) is used to quantify balance using three senses, and is a gold standard for evaluating impaired sensory organization. It is provided by the NeuroCom device. In this test, the balance performance is examined under six conditions. In this study, we aim to investigate how the movement strategies are employed in people with DPN in two groups with and without impaired sensory organization.

### Methods

In this cross-sectional study, 74 people with DPN were introduced by an endocrinologist who met the inclusion criteria. Twenty-two of them refused to participate in the study for personal reasons. Of the remaining 52 people who agreed to participate in the study, 12 were excluded due to having at least one of the exclusion criteria. Finally, 40 people with DPN (26 women and 14 men) participated in the study. After signing the consent form, their demographic information was recorded, and underwent neuropathic examinations using neuropathy disability score (NDS). Then, balance evaluation was conducted using SOT on NeuroCom instrument. This test provides two scores of composite and equilibrium. According to the presence or absence of balance disorder based on the SOT, participants were placed in two groups: Control

group without impaired sensory organization (n=18) and Patient group with impaired sensory organization (n=22). Then, motor strategies were used to restore balance. Descriptive statistics including Mean $\pm$ SD, and percentage were used for quantitative variables.

### Results

The prevalence of using the wrong motor strategy in the patient group was higher than in the control group. In all participants, the most error in choosing the motor strategy was at SOT conditions 5 and 6 (where the greatest challenge was applied to the vestibular system) in which a wrong ankle strategy was mostly used (ankle dominant). Most of people with impaired sensory organization adopted an inappropriate ankle strategy. In Overall, 40% of the participants selected the correct motor pattern, and 60% used an inappropriate motor pattern.

In the control group, only three had adopted an inappropriate motor pattern, one had an inappropriate ankle strategy at condition 6, one had an inappropriate hip strategy at condition 6, and the other one had inappropriate hip strategy at conditions 5 and 6. Finally, nine motor strategy patterns were observed in people DPN.

### Conclusion

People with DPN use incorrect motor strategy to restore balance compared to healthy peers. The prevalence of improper use of motor strategy in DPN people with impaired sensory organization is much higher than that in the DPN people without this impairment. These people relied more on the ankle strategy, especially when the vestibular system was under higher perturbation. This finding can indicate the presence of vestibular system disorder following DPN in these patients. It is recommended to pay attention to the strength and coordination of trunk and hip muscles for optimal use of hip strategy in different balance conditions during treatment of balance disorders in people with DPN.

### Ethical Considerations

#### Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the ethics committee of Ahavz Jundishapur University of Medical Sciences (Code: IR.AJUMS.REC.1397.436). All participants signed a written informed consent form.

### Funding

This article was extracted from the PhD thesis of Zahra Kosarian in Physiography, and funded by [Ahavz Jundishapur University of Medical Sciences](#).

### Authors contributions

Conceptualization: Mohammadjafar Shaterzadeh Yazdi, Mehnosh Zakerkish, Mohammad Mehravar and Zahra Kosarian; Investigation: Zahra Kosarian; Data analysis: SaeedHesam and Zahra Kosarian; Editing & review: All authors.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgements

The authors would like to thank the Vice-Chancellor for Research of [Ahavz Jundishapur University of Medical Sciences](#) and Musculoskeletal Rehabilitation Research Center for the support and cooperation.

## مقاله پژوهشی

## راهبردهای حرکتی مورد استفاده جهت بازیابی تعادل تحت چالش‌های سازماندهی حسی در افراد دارای نوروپاتی دیابتی

زهرا کوثریان<sup>۱</sup>، مهرنوش ذاکرکیش<sup>۲</sup>، محمد مهرآور<sup>۳</sup>، محمد جعفرشاطرزاده یزدی<sup>۴</sup>، سعید حسام<sup>۵</sup>

۱. مرکز تحقیقات توانبخشی اسکلتی عضلاتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۲. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۳. مرکز تحقیقات دیابت، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، ایران.

۴. گروه آموزشی فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۵. گروه ابیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

Use your device to scan  
and read the article online

**Citation:** Kosarian Z, Zakerkish M, Mehravar M, Shaterzadeh Yazdi MJ, Hesam S. [Motor Strategies Used to Restore Balance Under the Challenges of Sensory Organization in People With Diabetic Neuropathy (Persian)]. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*. 2022; 21(4):560-573. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2844>

<https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2844>

## چیکیده

**زمینه و هدف** کاهش توانایی کنترل تعادل از جمله اختلالات تأثیرگذار بر کیفیت زندگی و فعالیت‌های روزمره افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی است که می‌تواند منجر به پیامدهای خطوطاکی نظیر زمین خوددن شود. با مشخص شدن علل اختلالات تعادل می‌توان به درک بهتری از این عرضه برای برنامه‌ریزی درمان‌های مؤثر و مبتنی بر شواهد در این دسته افراد پرداخت. از این‌رو، در این مطالعه به راهبردهای حرکتی بازیابی تعادل در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی با و بدون نقص سازماندهی حسی تعادلی بررسی و مقایسه شده است.

**روش پرسی** در این مطالعه مقطعی، ۴۰ فرد مبتلا به نوروپاتی دیابتی شرکت کردند که تحت ارزیابی‌های زمینه‌ای و تعادلی (آزمون سازماندهی حسی) قرار گرفتند. افراد براساس نتایج آزمون سازماندهی حسی به دو گروه کنترل (افراد بدون اختلال تعادل) و آزمایش (افراد دارای اختلال تعادل) جای گرفتند. تعداد افراد هر گروه به ترتیب ۱۸ و ۲۲ نفر بودند.

با فندهای در این مطالعه مشخص شد شیوع استفاده از راهبرد نامناسب حرکتی جهت بازیابی تعادل در بیماران نوروپاتی دارای اختلال تعادل بیشتر از بیماران نوروپاتی بدون اختلال تعادل است. همچنین راهبرد نامناسب اتخاذ شده اکثرًا به صورت انکای بیش از حد به راهبرد مچی بمویزه در شرایطی که سیستم‌های حسی پیکری و بینایی تحت حداکثر اغتشاش باشند، نمود یافت.

**نتیجه‌گیری** در مطالعه حاضر مشخص شد شیوع استفاده از راهبرد نامناسب حرکتی جهت بازیابی تعادل در بیماران نوروپاتی دارای اختلال تعادل حرکت را در مفصل مچ محدود کردند که این عدم به کارگیری راهبرد رانی در افراد دارای نقص سازماندهی حسی تعادلی بیشتر از افراد بدون این نقص بود.

**کلیدواژه‌ها** نوروپاتی دیابتی، تعادل، سازماندهی حسی، راهبرد حرکتی

تاریخ دریافت: ۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۷ خرداد ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۱۰ مهر ۱۴۰۱

\* نویسنده مسئول:

دکتر محمد جعفرشاطرزاده یزدی

نشانی: اهواز، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، مرکز تحقیقات توانبخشی عضلاتی-اسکلتی.

تلفن: +۹۸ (۳۳۷۴۳۱۰۱)

ایمیل: shaterzadeh.pt@gmail.com

مطالعات نشان داده‌اند که حین ایستادن آرام پس از اعمال اغتشاش، بدن یک سری الگوهای حرکتی نسبتاً کلیشهای در عضلات تنہ و پaha با تأخیر تقریبی ۶۵ تا ۱۳۰ میلی‌ثانیه از خود نشان می‌دهد. بنابراین، سیستم کنترلی وضعیت بدن به‌جای ایجاد تنوع دائم در الگوی انقباض عضلانی، از راهبردهای مشخص درون منطقه محدودی از انتخاب‌های متعدد بهره می‌برد تا به سرعت محافظت از بدن را انجام دهد. این راهبردهای شامل راهبرد مچی و راهبرد رانی می‌باشند [۱۴]. راهبرد مچی شامل فعالیت تأخیری عضلات مج، ران و تنہ از دیستال به پروگزیمال، در همان سمت اعمال اغتشاش (قدمامی یا خلفی) می‌باشد. در راهبرد مچی و راهبرد رانی، فعالیت تأخیری عضلات تنہ و ران را به صورت پروگزیمال به دیستال می‌بینیم. برای مثال، در پاسخ به حرکت رو به عقب سطح اتکا، به ترتیب فعالیت پلاتلتار فلکسورهای مج، فلکسورهای ران و اکستنسورهای ران در راهبرد مچی و رانی، فعالیت اکستنسورهای زانو و فلکسورهای هیپ به ترتیب مشاهده می‌شود [۱۵، ۱۶].

از جنبه مکانیکی، راهبرد مچی شامل چرخش بدن حول مفصل مج با حداقل حرکت در مفاصل فوقانی می‌باشد که این موضوع باعث می‌شود گشتاور مفصل مج بتواند بدن را به صورت یک پاندول معکوس تک-واحدی کنترل کند. در راهبرد رانی قسمت فوقانی بدن حرکتی رو به جلو و پایین دارد که یک چرخش خلفی را در قسمت تحتانی بدن اعمال می‌کند و همچنین ممان اینرسی حول مفصل مج را کاهش می‌دهد و منجر به ایجاد گشتاور در این مفصل جهت ایجاد شتاب زاویه‌ای بیشتر بدن می‌شود. راهبرد مچی توسط عدم توانایی پا برای اعمال گشتاور در تماس با سطح اتکا محدود می‌شود؛ در حالی که راهبرد رانی توسط اصطکاک سطح و ناتوانی در ایجاد نیروی افقی در مقابل سطح اتکا محدود می‌شود. از این‌رو، امکان دارد راهبرد مچی در مواجهه با اغتشاشات کند و کم شدت در حالت ایستادن ثابت فعال شود. هنگامی که اغتشاشات سریع و شدید باشند یا هنگام ایستادن روی سطح باریک که مج نمی‌تواند گشتاور زیادی اعمال کند، راهبرد رانی به کار گرفته شود [۱۵، ۱۶].

از این‌رو، استفاده بهینه از این راهبردهای حرکتی جهت بازیابی تعادل علاوه بر فائق آمدن بر چالش تعادلی، به کاهش انرژی مصرفی فرد جهت انجام تکلیف تعادلی نیز منجر می‌شود. جهت کمی سازی نحوه به کارگیری راهبردهای حرکتی از آزمون سازماندهی حرکتی که استاندارد طالی ارزیابی یکپارچگی حرکتی می‌باشد و توسط دستگاه ارزیابی تعادل NeuroCom ارائه می‌شود، استفاده می‌شود. در این آزمون عملکرد تعادلی فرد تحت شرایط ۶ گانه تعادلی مورد بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به سن، قد و وزن افراد با داده‌های نرم جامعه مقایسه و تفاوت‌ها را گزارش می‌دهند. بنابراین، برآن شدیم که به بررسی نحوه به کارگیری راهبردهای حرکتی در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی بپردازیم تا بتوانیم اولاً اختلافات ایشان را

## مقدمه

دیابت شیرین بیماری شایعی است که طبق آخرین تخمین‌ها در سال ۲۰۱۳، شیوع آن ۳۸۲ میلیون نفر اعلام شد. این بیماری در دسته بیماری‌های مزمن غیرواگیر قرار دارد و در بین دیگر بیماری‌های این دسته، با سرعت زیادی در حال افزایش است؛ به طوری که برآورد می‌شود تا سال ۲۰۳۵ شیوع آن به ۵۹۲ میلیون نفر افزایش یابد [۲، ۱]. یکی از عوارض شایع و مزمن دیابت، نوروپاتی محیطی دیابتی می‌باشد که تقریباً ۵۰ درصد از افراد مبتلا به دیابت را درگیر می‌کند. در این میان، نوروپاتی متقاضن انتهایی<sup>۱</sup> از انواع دیگر شایع‌تر می‌باشد [۳]. از بین زیرمجموعه‌های نوروپاتی متقاضن انتهایی، نوروپاتی الیاف قطور (که بیشتر اعصاب حسی مسئول انتقال حس‌های ارتعاش، وضعیت و لمس دقیق، و واپران‌های حرکتی را درگیر می‌کند) شایع‌تر است [۴]. از آنجایی که نوروپاتی متقاضن انتهایی موجب تخریب یا از بین رفتن آوران‌های اندام تحتانی می‌شود، اختلال یا فقدان در بازخوراند دقیق حس عمقی این اندام‌ها و درنتیجه بی‌ثباتی وضعیتی، عدم تعادل و اختلال در الگوی راه رفتن در بیماران مبتلا عرض می‌شود [۴، ۳]. در مطالعات متعدد مشخص شده است که این عوارض، یعنی عدم تعادل و اختلال در الگوی راه رفتن، از عوامل افزاینده خطر افتادن می‌باشند [۷-۵، ۱] [۷-۵، ۱].

فرایند حفظ وضعیت در برگیرنده تعامل پیچیده‌ای بین سیستم‌های حرکتی و حرکتی است که شامل دریافت تحريكات محیطی، پاسخ به تغییرات جهت‌گیری بدن در محیط و حفظ مرکز نقل بدن درون سطح اتکا می‌باشد. حین ایستادن آرام، مرکز نقل درون سطح اتکا که توسط پاها مشخص می‌شود، حفظ می‌شود. هرچند در این حالت بدن کاملاً ایستادن می‌باشد و مرکز ثقل پیوسته درون سطح اتکا در حال حرکت است که آن را نوسان وضعیتی می‌نماید. نوسان وضعیتی بیانگر سطح پیچیده‌ای از تعاملات و حلقه‌های کنترل حرکتی می‌باشد که در فرایند کنترل تعادل نقش دارد [۸]. سیستم‌های حرکتی دخیل در این فرایند شامل سیستم‌های حرکتی-پیکری، بینایی و دهليزی است [۹]. محققین بر این باورند که افراد برای فائق آمدن بر تکاليف پیچیده که سطح چالش بالای بر ثبات وضعیتی القامی کنند، باید بتوانند اطلاعات هر ۳ سیستم حرکتی دخیل در تعادل را یکپارچه کنند که آن را یکپارچگی حرکتی آمی‌نمایند [۱۰، ۱۱]. بدیهی است که هر گونه اختلال در هر گدام از ۳ سیستم پیش‌گفت منجر به اختلال در تعادل و در صورت عدم تشخیص به موقع و درمان مناسب، افتادن فرد را به دنبال خواهد داشت [۱۲، ۱۳].

1. (DSN)

2. Sensory Organization (SO)

### ارزیابی‌های زمینه‌ای

این اطلاعات از طریق تکمیل یک پرسشنامه شامل مشخصات فردی، سابقه پزشکی، عادات و فعالیت‌های روزمره به دست آمد. همچنین قد شرکت‌کنندگان به‌وسیله متر و وزنشان با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و نمایه توده بدنی<sup>۳</sup> از حاصل تقسیم وزن (به کیلوگرم) بر محدود قدر (بر حسب مترمربع) محاسبه شد. پس از آن نتایج آزمون‌های تشخیصی نوروپاتی دیابتی ثبت می‌شد.

### ارزیابی نوروپاتی

معیار تشخیص نوروپاتی در این مطالعه مثبت شدن یکی از سه مقیاس ۱. کاهش سرعت هدایت عصبی حسی عصب سورال و حرکتی عصب پرونگال یا تیبیال، ۲. تست مونوفیلامن ۱۰ گرم، یا ۳. کسب نمره ۳ و یا بالاتر مقیاس ناتوانی نوروپاتی<sup>۵</sup> [۲۴-۲۲]. ابزارهای مورد نیاز جهت انجام آزمون مقیاس ناتوانی نوروپاتی شامل دیاپازون ۱۲۸ هرتز، چکش رفلکس، مونوفیلامن ۱۰ گرم، و آب سرد و ولرم می‌باشد.

### ارزیابی تعادلی

آزمون سازماندهی حسی به عنوان استاندارد طلایی عملکرد و یکپارچگی حسی تعادل می‌باشد. این روش به صورت عینی به شناسایی ناهنجاری‌های ۳ سیستم حسی دخیل در حفظ وضعیت بدن - که پیش‌تر در بخش مقدمه به آن‌ها اشاره شد - حین تلاش فرد برای حفظ تعادل می‌پردازد. نظریه اولیه این روش را نشانی در سال ۱۹۷۰ ارائه کرد. در این ارزیابی، تعادل فرد در ۶ حالت که به صورت پیش‌روندۀ هریک از سیستم‌های حسی دخیل در تعادل را جداگانه مورد ارزیابی عینی قرار می‌دهد، بررسی می‌شود تا بتواند سهم هر سیستم حسی و راهبرد حرکتی برای حفظ تعادل را به صورت کمی بیان کند. هر حالت آزمون شامل ۳ نوبت اندازه‌گیری و هر نوبت اندازه‌گیری ۲۰ ثانیه است. از هر کدام از شرکت‌کنندگان درخواست شد تا با پای برهنه بر روی صفحه نیروی دستگاه قرار بگیرند و در هر شرایط تعادلی (حرکت سطح انتکاو یا حرکت فریم پیرامون) تعادل خود را حفظ کنند. در **جدول شماره ۱**، وضعیت محیط در هر کدام از شرایط تعادلی آزمون ارائه شده است. برای شرایط شماره ۲ و ۵، چشمان فرد با استفاده از یک باند بسته شد. درنهایت آزمون دو دسته نمره به دست می‌آید:

۱. نمره تعادل؟ نمره به دست آمده برای هر کدام از حالات چالش حسی است.
۲. نمره مركب؟ برآیند نمرات تعادل است و وجود یا عدم وجود اختلال تعادل را به صورت کلی نشان می‌دهد.

4. Body Mass Index (BMI)

5. Neuropathy Disability Scale (NDS)

6. Equilibrium

7. Composite

با ترم جامعه بیابیم؛ همچنین فرض کردیم بین افرادی که از نظر استاندارد طلایی آزمون سازماندهی حسی<sup>۳</sup> اختلال تعادل دارند با افرادی که اختلال تعادل ندارند، در انتخاب راهبردهای حرکتی تفاوت وجود دارد. درنهایت نتایج به دست آمده می‌تواند در انتخاب نوع درمان فیزیوتراپی برای بهبود تعادل ایشان از طریق به کار گیری راهبرد حرکتی مناسب کمک کننده باشد.

### روش برسی

در این مطالعه مقطعی، در ابتدا ۷۴ نفر توسط پزشک فوق تخصص عدد به عنوان فرد مبتلا به نوروپاتی دیابتی و دارای معیارهای ورود معرفی شدند. ۲۲ نفر از ایشان به دلایل شخصی از شرکت در مطالعه امتناع روزی‌بندند. از ۵۲ نفری که به شرکت در مطالعه رضایت دادند، ۱۲ نفر بدليل داشتن حداقل یکی از معیارهای خروج (داشتن ضربان ساز قلبی، تعویض دو طرفه در مفصل زانو، سرطان سینه فعل، درد فعل ناحیه تحتانی کمر، لnf ادم اندام تحتانی و زخم کف پا) از مطالعه حذف شدند. سرانجام، کلیه تست‌ها از ۴۰ فرد مبتلا به نوروپاتی دیابتی - ۱۴ زن و ۲۶ مرد - گرفته شد که با توجه به وجود یا عدم وجود اختلال تعادل بر مبنای تست استاندارد آزمون سازماندهی حسی در ۲ کنترل (افرادی که اختلال تعادل نداشتند- ۱۸ نفر) و گروه آزمون (افرادی که اختلال تعادل داشتند- ۲۲ نفر) جای گرفتند.

معیارهای ورود به این مطالعه عبارت بودند از ابتلا به دیابت نوع ۲ بر اساس تشخیص پزشک متخصص، ابتلا به نوروپاتی دیابتی بر اساس معیارهای تشخیصی بالینی و آزمایشگاهی و توانایی انجام آزمونهای تعادلی. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از زخم کف پا، مشکلات ارتوپدی یا جراحی‌هایی که در راه رفت تداخل ایجاد می‌کند، عوارض نورولوژی غیر از نوروپاتی دیابتی که در راه رفت اشکال ایجاد می‌کند، مشکلات عروق محیطی، عالم در گیری سیستم عصبی مرکزی مثل دماسن، پارکینسون و مالتیپل اسکلروزیز، بدشکلی‌های اسکلتی عضلانی در اندام‌های تحتانی، ابتلا به مشکلات قلبی-ریوی کنترل نشده، حدت بینایی اصلاح نشده کمتر از ۲۰/۷۰، ساقه سرگچه، ساقه آژین نایزین نایابیدار، فشار خون کنترل نشده و ساقه تاکی کاردی یا آرتیمی در حال استراحت [۱۲-۱۳، ۲۱-۱۶]. مطالعه به این ترتیب انجام شد که ابتدا از پزشک فوق تخصص عدد درخواست شد تا از میان بیماران مبتلا به دیابت علاقمند به شرکت در این مطالعه که واجد معیارهای ورود و قادر معیارهای خروج مدنظر پژوهشگران باشند، آن دسته از بیمارانی را که بر اساس معیارهای تشخیص نوروپاتی، مبتلا به نوروپاتی دیابتی تشخیص داده می‌شوند جهت اجرای تحقیق ارجاع دهند. این مطالعه به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور **اهواز** رسید. همچنین تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه را تکمیل کردند.

3. Sensory Organization Test (SOT)

جدول ۱. هریک از حالت‌های ارزیابی سازماندهی حسی

حالت	بینایی	محیط	سطح زیر پا
۱	چشمان باز	ثابت	
۲	چشمان بسته	ثابت	
۳	اغتشاش بینایی از طریق نوسان محیط پیرامون	ثابت	
۴	چشمان باز	تحرک	
۵	چشمان بسته	تحرک	
۶	اغتشاش بینایی از طریق نوسان محیط پیرامون	تحرک	

مجله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

## ۱. راهبرد اتخاذی طبیعی است (مج پا و یا ران)؛

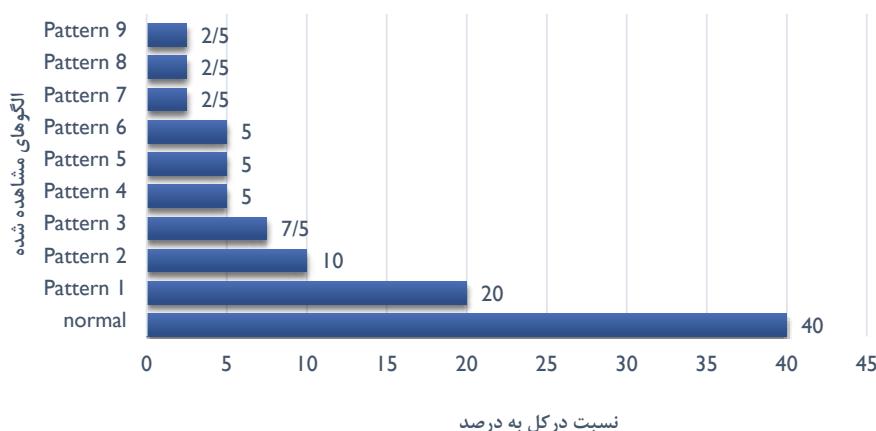
۲. راهبرد نامناسب مچی؛  
 ۳. راهبرد نامناسب رانی.
- در جدول شماره ۲ خلاصه‌ای از نحوه تفسیر راهبردهای حرکتی مورد استفاده جهت حفظ تعادل در شرایط مختلف ارائه شده است.

## گروه‌بندی

براساس نمره مرکب به دست آمده از آزمون سازماندهی حسی، داشتن یا نداشتن اختلال سازماندهی حسی تعادلی در شرکت‌کنندگان مطالعه که همگی دارای نوروپاتی دیابتی بودند، مشخص شد. بنابراین، افراد به ۲ گروه دارای اختلال تعادل و بدون اختلال تعادل تقسیم شدند.

## راهبردهای حرکتی مناسب

در نمودار تحلیل راهبرد آزمون سازماندهی حسی که در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است، نمره راهبرد (محور X) در برابر نمره تعادل (محور Y) برای تکرار هریک از شرایط ۶ گانه تست رسماً می‌شود. نقاطی که خارج از خطوط موازی رسم شده در نمودار و در محل‌های «مچی غالب» و یا «رانی غالب» قرار می‌گیرند، نشان‌دهنده استفاده از راهبرد حرکتی نامناسب فرد جهت حفظ تعادل نسبت به شرایط تعادلی می‌باشد. به عبارت دیگر زمانی که نمره تعادل و نمره راهبرد به یک نسبت تغییر کنند، راهبرد انتخاب شده صحیح است؛ اما اگر زمانی که نمره تعادل بالا می‌رود، نمره راهبرد پایین باید، نشان‌دهنده استفاده نامناسب از راهبرد رانی است و زمانی که نمره راهبرد خیلی بیشتر از افزایش نمره تعادل افزایش یابد، بیانگر استفاده نامناسب از راهبرد مج پایی می‌باشد. بنابراین، در اتخاذ راهبرد توسط فرد ۳ حالت پیش می‌آید:



تصویر ۱. توزیع الگوهای راهبرد حرکتی مشاهده شده در شرکت‌کنندگان مطالعه

مجله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

جدول ۲. انواع راهبردهای حرکتی اتخاذ شده در پاسخ به شرایط مختلف تعادلی

الگوی راهبردی	وضعیت	مناسب الگوی راهبردی طبیعی	وضعیت راهبرد اتخاذ شده	نامناسب
راهبرد غالب رانی	فرد	بی ثبات (نموده تعادل بالا)	بی ثبات (نموده تعادل بالا)	با ثبات و یا پنهان
	سطح اتکا	بی ثبات و یا باریک	بی ثبات و یا پنهان	با ثبات و یا پنهان
راهبرد غالب مچی	فرد	بی ثبات (نموده تعادل بالا)	بی ثبات (نموده تعادل بالا)	با ثبات و یا باریک
	سطح اتکا	بی ثبات و یا باریک	بی ثبات و یا پنهان	با ثبات و یا پنهان

محله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

حسی در دو گروه کنترل (افرادی که اختلال تعادل نداشتند-۱۸ نفر) و گروه آزمون (افرادی که اختلال تعادل داشتند-۲۲ نفر) جای گرفتند. ویژگی‌های توصیفی متغیرهای زمینه‌ای وابسته مشارکت‌کنندگان در **جدول شماره ۳** نمایش داده شده است. نتایج بررسی نمودار تحلیل راهبرد حرکتی شرکت‌کنندگان در **جدول شماره ۴** ارائه شده است. در این **جدول** تعداد افرادی که در هریک از حالات آزمون سازماندهی حسی، راهبرد نامناسب را نشان دادند، نوشته شده است.

### تحلیل آماری

آمار توصیفی شامل محاسبه شاخص‌های تمایل مرکزی (میانگین) و پراکندگی (انحراف معیار، واریانس و دامنه) برای متغیرهای کمی انجام شد. جهت بررسی شیوع استفاده از راهبردهای حرکتی از درصدگیری استفاده شد.

### یافته‌ها

در این مطالعه مقطعی، ۴۰ فرد مبتلا به نوروپاتی دیابتی-۲۶ زن و ۱۴ مرد- مشارکت داشتند که با توجه به وجود و یا عدم وجود اختلال تعادل بر مبنای تست استاندارد آزمون سازماندهی

جدول ۳. آمار توصیفی متغیرهای زمینه‌ای وابسته در کل شرکت‌کنندگان، گروه آزمون و کنترل

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار					
	کنترل (n=۱۸)	آزمون (n=۲۲)	کل شرکت‌کنندگان (n=۴۰)	کنترل (n=۱۸)	آزمون (n=۲۲)	کل شرکت‌کنندگان (n=۴۰)
زن	-	-	-	۶۱/۱۱ $\pm$ ۱۱	۶۷/۱۸ $\pm$ ۱۵	۶۵ $\pm$ ۲۶
مرد	-	-	-	۳۷/۸۸ $\pm$ ۷	۳۱/۷۱ $\pm$ ۷	۳۵ $\pm$ ۱۴
سن	(۵۹)۴۶-۷۳	(۵/۵۶)۲۷-۷۲	(۵/۵۸)۳۷-۷۳	۶۲/۱۰ $\pm$ ۸۳/۵۸	۸/۱۵ $\pm$ ۰۰/۵۵	۰/۱۳ $\pm$ ۱۷/۵۷
قد	(۱۶۲)۱۵۱-۱۸۵	(۱۶/۵)۱۵۱-۱۷۷	(۵/۱۶۴)۱۵۱-۱۸۵	۹/۷۳ $\pm$ ۸/۱۶۴	۲۷/۳۵ $\pm$ ۳/۱۶۴	۱۹/۷۷ $\pm$ ۵/۱۶۴
وزن	(۷۸)۷/۵۲-۲/۹۹	(۵/۸۰)۷/۵۴-۹/۱۰۲	(۷۹)۷/۵۲-۹/۱۰۲	۳۲/۲۱ $\pm$ ۷/۷۷	۱۶/۲۱ $\pm$ ۷/۷۸	۵۹/۱۷ $\pm$ ۲۹/۷۸
مدت ابتلا	(۱۰)۱-۳۰	(۱۰)۱-۲۰	(۱۰)۱-۳۰	۹۲/۷ $\pm$ ۷/۱۲	۹۰/۵ $\pm$ ۵/۱۰	۷۳/۶ $\pm$ ۵/۱۱
فعالیت فیزیکی	(۰)۰-۴۲۰	(۰)۰-۴۸۰	(۰)۰-۴۸۰	۶۴/۱۳۸ $\pm$ ۲۲/۱۰۲	۱۳/۱۲۳ $\pm$ ۱۸/۶۸	۰/۱۳۶ $\pm$ ۵۰/۸۳
نمود مقیاس ناتوانی نوروپاتی	(۵)(۲)-۸	(۵/۶)۰-۹	(۵/۶)۰-۹	۳۱/۲ $\pm$ ۷/۵	۶۱/۲ $\pm$ ۴/۶	۳۱/۲ $\pm$ ۹/۲/۵
قند خون ناشتا	(۱۴۰)۹۰-۳۱۸	(۱۶)۷۴-۳۳۰	(۱۶)۷۴-۳۳۰	۸۵/۸۳ $\pm$ ۹/۱۶۹	۰/۷۹ $\pm$ ۶/۱۷۳	۹۰/۷۶ $\pm$ ۵/۱۷۳
قند خون ۲ ساعته	(۵/۲۳۷)۱۴۶-۳۸۰	(۵/۲۳۷)۱۳۱-۴۲۰	(۵/۲۳۷)۱۳۱-۴۲۰	۹۷/۱۰۰ $\pm$ ۷/۲۵۸	۷۸/۱۰۶ $\pm$ ۴/۲۶۱	۴۰/۹۶ $\pm$ ۳/۲۶۰
نمود مركب آزمون سازماندهی حسی	(۷۴)۷۱-۸۰	(۵/۵۵)۱۴-۷۰	(۵/۳)۱۴-۸۰	۳۵/۲ $\pm$ ۰/۷۵	۴۶/۱۷ $\pm$ ۳/۵۳	۵۰/۱۴ $\pm$ ۱/۵۹

محله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

جدول ۴. مقایسه شیوع استفاده از راهبرد غلط در هر دو گروه

راهبرد	گروه	کنترل (۲۲ نفر)	آزمون (۱۸ نفر)	کل (۴۰ نفر)
مجی غالب	حالت ۱	۰	۰	۰
	حالت ۲	۰	۰	۰
	حالت ۳	۰	۲	۲
	حالت ۴	۰	۴	۴
	حالت ۵	۰	۱۳	۱۳
	حالت ۶	۱	۱۷	۱۸
رانی غالب	حالت ۱	۰	۰	۰
	حالت ۲	۰	۰	۰
	حالت ۳	۰	۲	۲
	حالت ۴	۰	۰	۰
	حالت ۵	۱	۱	۲
	حالت ۶	۲	۰	۲

مجله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

حرکتی، ۴۰ درصد از شرکت‌کنندگان دارای الگوی مناسب و ۶۰ درصد ایشان الگوی راهبرد حرکتی نامناسب داشتند که به بررسی این الگوها پرداخته می‌شود.

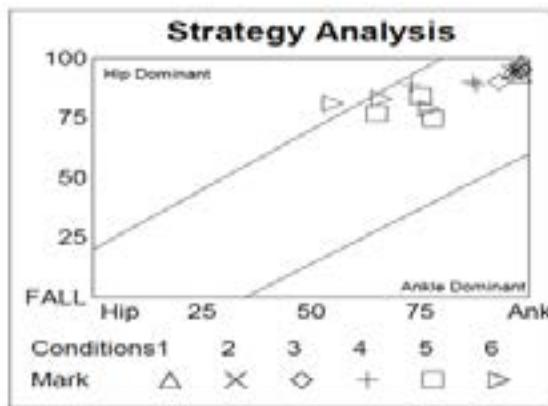
از میان افراد گروه کنترل، تنها ۳ نفر الگوی نامناسب اتخاذ کرده بودند که ۱ نفر از ایشان الگوی نامناسب مج پا غالب در حالت ۶، یک نفر الگوی نامناسب رانی غالب در حالت ۶ و یک نفر دیگر الگوی رانی غالب را در حالات ۵ و ۶ آزمون سازماندهی حسی نشان دادند. در جدول شماره ۵ به بررسی توزیع الگوی

همان‌طورکه در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود، شیوع به کارگیری راهبرد غلط در گروه آزمون بیشتر از گروه کنترل می‌باشد. در کل افراد، حالتی که در آن بیشترین خطا در انتخاب راهبرد حرکتی را داشته است، حالات ۵ و ۶ آزمون سازماندهی حسی سجایی که بیشترین چالش به سیستم دھلیزی اعمال می‌شود-بود که اکثراً به صورت راهبرد اشتباہ مج پایی (مج پایی غالب) دیده شد. نکته جالب دیگر این است که افراد گروه آزمون اکثراً راهبرد نامناسب مج پایی را اتخاذ کردند. از منظر راهبرد

جدول ۵. تحلیل توصیفی الگوهای راهبردی نامناسب مشاهده شده در افراد گروه آزمون

الگوی نامناسب راهبردی	تعداد افراد	نسبت در گروه آزمون	درصد پایین تر بودن نمره تعادلی افراد نسبت به نرم جامعه
مج پایی غالب در حالات ۵ و ۶	۴	۱۷/۱۸	۱۰، ۱۶، ۳۰، ۴۶
مج پایی غالب در حالات ۴ و ۵ و ۶	۲	۰/۹	۱، ۲۹
مج پایی غالب در حالات ۳ و ۴ و ۵ و ۶	۲	۰/۹	۶۰، ۸۰
مج پایی غالب در حالت ۵	۳	۶۳/۱۳	۴، ۴، ۱۰
مج پایی غالب در حالت ۶	۷	۸۱/۳۱	۱۰، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۷، ۱۹، ۳۱
رانی غالب در حالت ۵	۱	۵۹/۴	۱۰
مج پایی غالب در حالات ۵ و ۶ + رانی غالب در حالت ۳	۲	۰/۹	۲۲، ۲۴

مجله علمی پژوهشی  
جندي شاپور



تصویر ۲. گزارش تحلیل راهبرد حرکتی در آزمون سازماندهی حسی تعادلی

## جندي شاپور

این دو راهبرد، دو انتهای طیف پاسخ وضعیتی بدون گام برداشتن هستند؛ زمانی که اغتشاشات کوچک باشند، راهبرد مچی غالباً می‌شوند و هنگامی که شرایط تعادلی، چالشی تر می‌شوند (افزایش شدت اغتشاش، استادن روی سطح اتکای باریک و غیره) افراد سالم از از راهبرد رانی بهره می‌برند [۱۵، ۱۶].

در مطالعه حاضر مشخص شد شیوع استفاده نامناسب از راهبردهای حرکتی، کنترل تعادل در بیماران دیابتی که اختلال سازماندهی حسی دارند نسبت به بیمارانی که این اختلال را ندارند، بیشتر است. راهبرد غلطی که بیشترین شیوع را در بیماران داشت، استفاده بیش از حد از راهبرد مچی به جای راهبرد رانی بهویژه در شرایط ۵ و ۶ آزمون سازماندهی حسی بود. این بدان معناست که بیماران دارای نوروباتی دیابتی که نقص سازماندهی حسی دارند در شرایطی که سیستم‌های بینایی و حسی-پیکری تحت اغتشاش باشند، نمی‌توانند به درستی از راهبرد رانی جهت

راهبردهای نامناسب هریک از شرکت‌کنندگان در گروه آزمون پرداخته شده است.

از این‌رو، پس از بررسی‌های انجام شده، ۹ الگوی راهبرد حرکتی در افراد مبتلا به نوروباتی دیابتی شرکت‌کننده در مطالعه حاضر مشاهده شد که توضیح توزیع آن‌ها در [جدول شماره ۶](#) و تصویر [شماره ۲](#) ارائه شده است.

## بحث

راهبردهای مچی و رانی، دو راهبرد اصلی بدون گام برداشتن پاسخ وضعیتی حین اعمال اغتشاش در حالت ایستاده می‌باشند. همان‌گونه که پیش‌تر نیز گفته شد، هنگام به کارگیری راهبرد مچی، اغتشاشات با استفاده از چرخش یک سگمان صلب حول مفصل مچ کنترل می‌شود. حین استفاده از راهبرد رانی، ثبات بدن توسط خم کردن ران و پلاتر فلکشن مچ کنترل می‌شود.

جدول ۶. تحلیل توصیفی ۹ الگوی راهبردی حرکتی در افراد مبتلا به نوروباتی دیابتی شرکت‌کننده در مطالعه

حالات	الگوی طبیعی
افراد در حالت ۶ SOT به غلط از راهبرد مچ پایی استفاده کردند.	۱
افراد در حالت ۵ و ۶ SOT به غلط از راهبرد مچ پایی استفاده کردند.	۲
افراد در حالت ۵ SOT به غلط از راهبرد مچ پایی استفاده کردند.	۳
افراد در حالت ۴ تا ۶ SOT به غلط از راهبرد مچ پایی استفاده کردند.	۴
افراد در حالت ۳ تا ۶ SOT به غلط از راهبرد مچ پایی استفاده کردند.	۵
افراد در حالت ۵ و ۶ SOT به غلط از راهبرد مچ پایی و در حالت ۳ از راهبرد رانی استفاده کردند.	۶
افراد در حالت ۵ SOT به غلط از راهبرد رانی استفاده کردند.	۷
افراد در حالت ۶ SOT به غلط از راهبرد رانی استفاده کردند.	۸
افراد در حالت ۵ و ۶ SOT به غلط از راهبرد رانی استفاده کردند.	۹

## جندي شاپور

تعادل بود. از سوی دیگر عنوان شد که این افزایش آمادگی برای ایجاد راهبرد رانی صرفاً به معنای بهبود عملکرد تعادلی در این افراد نبوده است و حتی می‌تواند باعث افزایش بی‌ثبتاتی در ناحیه ران شود. درواقع همچون یافته مطالعه حاضر، به‌کارگیری غلط راهبرد حرکتی جهت بازیابی تعادل در این افراد شایع بوده است؛ حال آنکه در مطالعه حاضر مشخص شد که افراد بیشتر متکی به راهبرد مچی هستند.

همان‌طورکه پیش‌تر گفته شد، مطالعه مشابه که راهبردهای حرکتی در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی را بررسی کند تاکنون وجود نداشت. هرچند در مطالعات پیشین بر روی افراد مبتلا به پارکینسون<sup>۸</sup> نیز نتایجی مشابه دیده شد. در مطالعه بستون و همکاران [۲۷] که با هدف بررسی راهبردهای حرکتی تعادلی در افراد مبتلا به پارکینسون طراحی شده بود، ۱۲ بیمار مبتلا به پارکینسون با ۷ فرد سالم همسان‌سازی شده توسط سن، بهویله آزمون سازماندهی حسی ارزیابی شدند که مشخص شد که برخلاف گروه کنترل، افراد گروه پارکینسون درهش شرایط تعادلی دائمًا اصرار بر استفاده از راهبرد مچی -بهویله در شرایط ۵ و ۶- دارند. آن‌ها این عدم توانایی در انتقال از راهبرد مچی به راهبرد رانی را هم‌سو با مطالعات پیشین و مرتبط با دامنه کاهش یافته پاسخ‌های وضعیتی، کاهش تنوع در هماهنگی وضعیتی و اختلال در حس عمقی این بیماران دانستند و عنوان کردند که این عامل می‌تواند توجیه‌کننده افزایش ریسک افتادن باشد که در شرایط چالشی تعادل در مطالعات پیشین گزارش شده است.

نکته جالب دیگری که در این مطالعه گفته شد آن است که با بررسی مساحت نوسان افراد، مشخص شد که نوعی جبران برای عدم استفاده از راهبرد رانی وجود داشت، به‌گونه‌ای که افراد چون از راهبرد مچی در شرایط چالشی استفاده می‌کردند، برای اینکه افتادن را تجربه نکنند، دامنه نوساناتشان را به میزان قابل توجیه کاهش می‌دادند. از سوی دیگر افرادی که در اجرای این جبران ناتوان بودند، سقوط می‌کردند. در سال ۲۰۱۶ بستون و همکاران [۲۸] به دنبال یافته‌های مطالعه‌های مطالعه‌ای شان، مطالعه دیگری با هدف بررسی نحوه استفاده از راهبردهای حرکتی تعادلی افراد مبتلا به پارکینسون طراحی کردند و ۷۰ بیمار پارکینسون را تحت ارزیابی آزمون سازماندهی حسی قرار دادند و دریافتند که ایشان تمایل زیادی به استفاده از راهبرد مچی در تمام شرایط تعادلی نسبت به گروه کنترل دارند که در این عامل شدت بیماری بی‌تأثیر بود. هرچند ایشان دریافتند که در افرادی که داروی لوروپوا مصرف می‌کردند، میزان استفاده از راهبرد رانی حتی در شرایط ثابت سطح اتکا بیشتر بود که آن را مرتبط با دیسکینزی به دنبال استفاده از دارو دانستند.

بازیابی تعادل بهره ببرند و به راهبرد مچی اکتفا می‌کنند که خود ممکن است منجر به کاهش عملکرد تعادلی ایشان شود. در حقیقت این افراد در شرایطی که سیستم دهلیزی تحت حداکثر چالش تعادلی است، در انتخاب راهبرد مناسب ناتوانند.

هنوز عوامل تعیین‌کننده در انتخاب راهبرد مناسب مجھول باقی مانده‌اند، اما مشخص شده است که این انتخاب نه تنها به شرایط اغتشاش بستگی دارد، بلکه متأثر از تحریبات، سازگاری و ترس از افتادن نیز می‌باشد. برآیند مطالعات در این باره را می‌توان این گونه تفسیر کرد که برای مقابله با اغتشاش، زمانی که فرد در حالت ایستاده با حداقل حرکت سر می‌باشد، راهبرد مچی که تصور می‌شود بتواند بازخورد حسی از سیستم‌های بینایی و دهلیزی را بهبود ببخشد، ارجحیت دارد.

از سوی دیگر، مطالعات قبلی نشان دادند که استفاده از راهبرد رانی توانایی شتاب دادن به مرکز جرم را بدون نیاز به گام برداشتن افزایش می‌دهد و همچینی فعالیت لحظه‌ای عضلاتی برای ایجاد حرکت مورد نیاز در مرکز جرم حین استفاده از راهبرد رانی کمتر از راهبرد مچی است. این عامل می‌تواند توجیه‌کننده استفاده از راهبرد رانی زمانی که شرایط چالشی تراز تعادل پیش روی فرد است، باشد. افسریفت و همکاران [۱۵] در مطالعه‌ای که هدف آن مدل‌سازی برای بررسی راهبرد انتخابی در شرایط مختلف تعادلی بود، یافتند که انتخاب یک پاسخ وضعیتی را می‌توان با موازنی بین مصرف انرژی و ثبات وضعیتی توجیه کرد. پس یک فرد حین انتخاب راهبرد مناسب علاوه بر رسیدن به ثبات لازم، به انرژی مصرفی برای رسیدن به این ثبات نیز توجه می‌کند.

از آنجایی که اکثر افراد در حالات ۵ و ۶ آزمون سازماندهی حسی، اختلال داشتند، و در این جا به جای بروز راهبرد رانی، به اشتباہ راهبرد مچی غالب شده است، نشان از این دارد که افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی در استفاده صحیح و به جای اطلاعات سیستم دهلیزی حین سازماندهی حسی تعادل، اختلال دارند. در مطالعات آینده‌نگر اخیر نیز وجود اختلال در سیستم دهلیزی (هم به صورت فیزیولوژیک و هم آناتومیک) در این افراد ثابت شده است. همچنین اختلال سیستم دهلیزی در افراد مبتلا به دیابت، ۲/۳ برابر افراد بدون دیابت گزارش شده است [۲۵].

مشخص شده است که افراد دچار نوروپاتی دیابتی در جایگزینی راهبرد مچی به راهبرد رانی مشکل دارند. همچنین، این موضوع که در حالت ایستاده، عضلات مچ پا ثبات قدمایی-خلفی و عضلات تن و ران ثبات طرفی را ایجاد می‌کنند، گزارش‌ها درخصوص ثبات کمتر این افراد در جهت طرفی را توجیه می‌کند [۱۳، ۱۲].

در مطالعه دیکشتاین و همکاران [۲۶] مشخص شد که افراد دارای نوروپاتی دیابتی سرعت حرکت طرفی و قدمایی-خلفی تن به بیشتر از افراد سالم بود. از این‌رو این گونه استنتاج شد که این عامل بیانگر اتکای بیشتر ایشان به راهبرد رانی برای بازیابی

### پیشنهادات آينده و کاستی‌های پژوهش

از آنجاکه شرکت کنندگان در این مطالعه افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی با عوارض متعدد بودند، امکان دسترسی به تعداد بیشتری از افراد واجد شرایط شرکت در این پژوهش برای ما فراهم نشد؛ از این‌رو، پیشنهاد می‌شود جهت بررسی راهبردهای حرکتی در بازیابی تعادل در این بیماران، از جامعه آماری وسیع‌تری استفاده شود. هرچند داده‌های کسب شده از بیماران توسط دستگاه Neu-roCom با نرم جامعه مقایسه و تفسیر می‌شدن، اما پیشنهاد می‌شود محققیق در مطالعات آینده جهت بررسی بهتر این موضوع از گروه کنترل بهره ببرند. همچنین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده به بررسی این راهبردها در افراد دارای دیابت، اعم از مبتلایان و غیرمبتلایان به نوروپاتی دیابتی، پرداخته شود.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پژوهشی جندی شاپور اهواز تأیید شد (کد اخلاق: IR.AJUMS.REC.1397.436)، همچنین تمامی شرکت کنندگان رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه را تکمیل کردند.

#### حامی مالی

این مقاله حاصل از پایان‌نامه دکتری تخصصی زهرا کوثریان در رشته فیزیوتراپی است و معاونت توسعه پژوهش دانشگاه علوم پژوهشی جندی شاپور اهواز حامی مالی این مطالعه بوده است.

#### مشارکت‌نویسندها

مفهوم‌سازی: محمد جعفر شاطرزاده بزدی، مهرنوش ذاکرکیش، محمد مهرآور و زهرا کوثریان؛ تحقیق و بررسی: زهرا کوثریان؛ تجزیه و تحلیل آماری: سعید حسام و زهرا کوثریان؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: همه نویسندها.

#### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندها، این مقاله تعارض منافع ندارد.

#### تشکر و قدردانی

تحقیق از معاونت توسعه پژوهش دانشگاه علوم پژوهشی جندی شاپور اهواز و مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی اسکلتی تشکر می‌کنند.

در مطالعه حاضر افراد دچار نوروپاتی دیابتی به جای بهره بردن از حرکت مفصل ران در شرایط چالشی تعادل، حرکت را در مفصل مج محدود کردند. به بیان دیگر ایشان توانایی تبدیل راهبرد مچی به راهبرد رانی را در شرایط لازم نشان ندادند. در تفسیر این یافته می‌توان این گونه برداشت کرد که در راهبرد رانی حرکت اندام تحتانی جدای از حرکت سر و تنہ صورت می‌گیرد که این حرکات متضاد یکدیگر هستند، یعنی اگر قسمت فوقانی بدن حرکتی روبه‌جلو و پایین داشته باشد، یک چرخش خلفی در قسمت تحتانی بدن اعمال می‌شود.

از این‌رو نوسان مرکز ثقل بیشتر از حالتی خواهد بود که راهبرد مچی در حال اجراست. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، راهبرد مچی شامل چرخش بدن حول مفصل مج به صورت یک سگمان واحد با حداقل حرکت در مفاصل فوقانی می‌باشد. به نظر می‌رسد این الگوی حرکتی برای افرادی که اختلال سیستم دهليزی از خود نشان داده‌اند، مطلوب‌تر باشد، زیرا که ایشان سعی در محدود کردن حرکت سر به هدف کاهش چالش بر سیستم دهليزی هستند. پس در این جا با در نظر داشتن موازنی بین مصرف انرژی و ثبات وضعیتی برای به دست آوردن تعادل، فرد ثبات را فدای انرژی می‌کند و به استفاده از راهبرد مچی ادامه می‌دهد؛ هر چند ممکن است محاسبات و پیش‌بینی‌های ذهنی فرد درست نباشد و در نهایت به تعادل مطلوب نرسد [۲۹، ۱۵، ۱۴]. از سوی دیگر، این عدم استفاده از راهبرد رانی و عدم تجربه افتادن را می‌توان باً کمک مطالعه بستون و همکاران این گونه توجیه کرد که احتمالاً ایشان تنوع در دامنه نوسان خود را کاهش می‌دهند که کنترل حرکت مرکز ثقل برایشان ساده‌تر شود.

#### نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر این فرضیه که افراد دچار نوروپاتی دیابتی در انتخاب راهبرد حرکتی بازیابی تعادل نسبت به داده‌های نرم جامعه تفاوت دارند، تأیید شد. همچنین مشخص شد که شیوع استفاده نامناسب از راهبرد حرکتی در بیماران نوروپاتی که اختلال سازماندهی حسی تعادل دارند، بسیار بیشتر از بیماران نوروپاتی بدون این اختلال می‌باشد. این افراد بیشتر متکی به راهبرد مچی بودند، بهویژه در شرایطی که سیستم دهليزی تحت حداکثر چالش تعادلی قرار داشت. این یافته می‌تواند توجیه کننده وجود اختلال سیستم دهليزی به دنبال افزایش قند خون در این بیماران باشد.

پیشنهاد می‌شود برای درمان اختلالات تعادل در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی به قدرت و هماهنگی عضلات تنه و لگن جهت به کارگیری به جای راهبرد رانی در شرایط مختلف تعادلی دقت شود.

## References

- [1] Awotidebe TO, Ativie RN, Oke KI, Akindele MO, Adedoyin RA, Olaogun MO, et al. Relationships among exercise capacity, dynamic balance and gait characteristics of Nigerian patients with type-2 diabetes: An indication for fall prevention. *J Exerc Rehabil.* 2016; 12(6):581-8. [\[DOI:10.12965/jer.1632706.353\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [2] Forouhi NG, Wareham NJ. Epidemiology of diabetes. *Medicine.* 2014; 42(12):698–702. [\[DOI:10.1016/j.mpmed.2014.09.007\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [3] Jernigan SD, Pohl PS, Mahnken JD, Kluding PM. Diagnostic accuracy of fall risk assessment tools in people with diabetic peripheral neuropathy. *Phys Ther.* 2012; 92(11):1461-70. [\[DOI:10.2522/ptj.20120070\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [4] Vinik AI, Strotmeyer ES, Nakave AA, Patel CV. Diabetic neuropathy in older adults. *Clin Geriatr Med.* 2008; 24(3):407-35. [\[DOI:10.1016/j.cger.2008.03.011\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [5] Mantovani AM, Pinto MC, Lourenconi RM, Palma MR, Ribeiro FE, Fregonesi CE. Risk of falls in people with diabetes mellitus. *Int J Diabetes Clin Res.* 2015; 2:4. [\[DOI:10.23937/2377-3634/1410040\]](#)
- [6] Wallace C, Reiber GE, LeMaster J, Smith DG, Sullivan K, Hayes S, et al. Incidence of falls, risk factors for falls, and fall-related fractures in individuals with diabetes and a prior foot ulcer. *Diabetes Care.* 2002; 25(11):1983-6. [\[DOI:10.2337/diacare.25.11.1983\]](#) [\[PMID\]](#)
- [7] Yau RK, Strotmeyer ES, Resnick HE, Sellmeyer DE, Feingold KR, Cauley JA, et al. Diabetes and risk of hospitalized fall injury among older adults. *Diabetes Care.* 2013; 36(12):3985-91. [\[DOI:10.2337/dc13-0429\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [8] Mancini M, Nutt JG, Horak FB. Balance dysfunction in Parkinson's disease: Basic mechanisms to clinical management. Netherlands: Elsevier Science; 2019. [\[DOI:10.1016/B978-0-12-813874-8.00002-7\]](#)
- [9] Shaffer SW, Harrison AL. Aging of the somatosensory system: A translational perspective. *Phys Ther.* 2007; 87(2):193-207. [\[DOI:10.2522/ptj.20060083\]](#) [\[PMID\]](#)
- [10] Boucher P, Teasdale N, Courtemanche R, Bard C, Fleury M. Postural stability in diabetic polyneuropathy. *Diabetes Care.* 1995; 18(5):638-45. [\[DOI:10.2337/diacare.18.5.638\]](#) [\[PMID\]](#)
- [11] Simmons RW, Richardson C, Pozos R. Postural stability of diabetic patients with and without cutaneous sensory deficit in the foot. *Diabetes Res Clin Pract.* 1997; 36(3):153-60. [\[DOI:10.1016/S0168-8227\(97\)00044-2\]](#) [\[PMID\]](#)
- [12] Akbari M, Jafari H, Moshashaee A, Forugh B. Do diabetic neuropathy patients benefit from balance training? *J Rehabil Res Dev.* 2012; 49(2):333-8. [\[DOI:10.1682/JRRD.2010.10.0197\]](#) [\[PMID\]](#)
- [13] Yamamoto R, Kinoshita T, Momoki T, Arai T, Okamura A, Hirao K, et al. Postural sway and diabetic peripheral neuropathy. *Diabetes Res Clin Pract.* 2001; 52(3):213-21. [\[DOI:10.1016/S0168-8227\(01\)00236-4\]](#) [\[PMID\]](#)
- [14] Blenkinsop GM, Pain MT, Hiley MJ. Balance control strategies during perturbed and unperturbed balance in standing and handstand. *R Soc Open Sci.* 2017; 4(7):161018. [\[DOI:10.1098/rsos.161018\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [15] Afschrift M, Jonkers I, De Schutter J, De Groote F. Mechanical effort predicts the selection of ankle over hip strategies in nonstepping postural responses. *J Neurophysiol.* 2016; 116(4):1937-45. [\[DOI:10.1152/jn.00127.2016\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [16] Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di Biase N, Calandriello E, Leonetti F, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications.* 2006; 20(4):216-23. [\[DOI:10.1016/j.jdiacomp.2005.07.005\]](#) [\[PMID\]](#)
- [17] Corriveau H, Prince F, Hebert R, Raiche M, Tessier D, Maheux P, et al. Evaluation of postural stability in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes Care.* 2000; 23(8):1187-91. [\[DOI:10.2337/diacare.23.8.1187\]](#) [\[PMID\]](#)
- [18] Dingwell JB, Cusumano JP, Sternad D, Cavanagh PR. Slower speeds in patients with diabetic neuropathy lead to improved local dynamic stability of continuous overground walking. *J Biomech.* 2000; 33(10):1269-77. [\[DOI:10.1016/S0021-9290\(00\)00092-0\]](#) [\[PMID\]](#)
- [19] Ghanavati T, Yazdi MJ, Goharpey S, Arastoo AA. Functional balance in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes Res Clin Pract.* 2012; 96(1):24-8. [\[DOI:10.1016/j.diabres.2011.10.041\]](#) [\[PMID\]](#)
- [20] Kluding PM, Pasnoor M, Singh R, Jernigan S, Farmer K, Rucker J, et al. The effect of exercise on neuropathic symptoms, nerve function, and cutaneous innervation in people with diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications.* 2012; 26(5):424-9. [\[DOI:10.1016/j.jdiacomp.2012.05.007\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [21] Londhe AA, Ferzandi ZD. Comparison of balance and resistive exercises versus balance exercises alone in patients with diabetic peripheral neuropathy. *Indian J Occup Ther.* 2012; 44(2):3-9. [\[Link\]](#)
- [22] Bansal V, Kalita J, Misra UK. Diabetic neuropathy. *Postgrad Med J.* 2006; 82(964):95-100. [\[DOI:10.1136/pgmj.2005.036137\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [23] Perkins BA, Olaleye D, Zinman B, Bril V. Simple screening tests for peripheral neuropathy in the diabetes clinic. *Diabetes Care.* 2001; 24(2):250-6. [\[DOI:10.2337/diacare.24.2.250\]](#) [\[PMID\]](#)
- [24] Tesfaye S, Boulton AJ, Dyck PJ, Freeman R, Horowitz M, Kempler P, et al. Diabetic neuropathies: Update on definitions, diagnostic criteria, estimation of severity, and treatments. *Diabetes Care.* 2010; 33(10):2285-95. [\[DOI:10.2337/dc10-1303\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [25] D'Silva LJ, Lin J, Staeker H, Whitney SL, Kluding PM. Impact of diabetic complications on balance and falls: Contribution of the vestibular system. *Phys Ther.* 2016; 96(3):400-9. [\[DOI:10.2522/ptj.20140604\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [26] Dickstein R, Peterka RJ, Horak FB. Effects of light fingertip touch on postural responses in subjects with diabetic neu-

ropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2003; 74(5):620-6.  
[DOI:10.1136/jnnp.74.5.620] [PMID] [PMCID]

[27] Baston C, Mancini M, Schoneburg B, Horak F, Rocchi L. Postural strategies assessed with inertial sensors in healthy and parkinsonian subjects. *Gait Posture.* 2014; 40(1):70-5.  
[DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.02.012] [PMID] [PMCID]

[28] Baston C, Mancini M, Rocchi L, Horak F. Effects of levodopa on postural strategies in Parkinson's disease. *Gait Posture.* 2016; 46:26-9.[DOI:10.1016/j.gaitpost.2016.02.009] [PMID]  
[PMCID]

[29] Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: Foundations and techniques. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia: F.A. Davis; 2012. [Link]