

Research Paper


Effect of a Multi-Sensory Training Program on The Balance of Older Women With Diabetic Peripheral Neuropathy



Monireh Asadi Ghaleni<sup>1</sup> , \*Mahdi Sohrabi<sup>1</sup> , Hamid Reza Taheri<sup>1</sup> , Mehran Homam<sup>2</sup>

1. Department of Human Motor Behavior, Faculty of Sport Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Department of Neuroscience, Faculty of Medicine, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Asadi Ghaleni M, Sohrabi M, Taheri H R, Homam M. [Effect of a Multi-Sensory Training Program on The Balance of Older Women With Diabetic Peripheral Neuropathy (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(1):154-167. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.1.4>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.1.4>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

**ABSTRACT**

**Background and Aims** Older adults with diabetic peripheral neuropathies (DPN) are at higher risk of motor control, slower reaction time, and increased postural sways. There is increasing evidence that exercise-based interventions have a positive impact on the health of older people. This study aims to assess the effectiveness of a selected multisensory training (SMST) program in improving the balance of older women with DPN.

**Methods** In this study, 30 older women (Mean±SD age=62.35±1.87 years) were randomly assigned into the SMST and control groups. All participants underwent dynamic and static balance tests before and after the training. The SMST program included the balance training with eyes open and closed on different surfaces to stimulate visual, proprioception, and vestibular system. The intervention was conducted for 12 weeks, two times per week.

**Results** There was a significant difference in the dynamic balance between the SMST and control groups ( $t_{(28)} = -6.74, P = 0.000, \eta^2 = 0.61$ ). The results of analysis of variance showed that the SMST program improved the static balance in the X direction ( $F_{(1,28)} = 14.16, P = 0.001, \eta^2 = 0.33$ ) and in the Y direction ( $F_{(1,28)} = 5.38, P = 0.028, \eta^2 = 0.16$ ) in older women with DPN.

**Conclusion** The SMST can improve the dynamic and static balances of older women with DPN. Older women with DPN are at increased risk of falling. This program can be used to enhance their balance and postural control.

**Keywords** Multi-sensory training, Older adults, Diabetic Neuropathy, Dynamic balance, Static balance

Received: 15 Dec 2020

Accepted: 08 Feb 2021

Available Online: 21 Mar 2022

\* Corresponding Author:

Mahdi Sohrabi, PhD.

Address: Department of Human Motor Behavior, Faculty of Sport Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Tel: +98 (915) 5035459

E-Mail: [sohrabi@um.ac.ir](mailto:sohrabi@um.ac.ir)

## Extended Abstract

### Introduction

**D**iabetic peripheral neuropathy (DPN) is a complex metabolic disease that impairs postural control [1]. Older adults with DPN are at higher risk of impaired postural control, slower reaction time, and increased postural sways. There is evidence that exercise-based interventions have a positive impact on the health of older people. Exercise-based interventions programs are effective in maintaining or even improving motor and postural control in older people [2, 3]. Some of these interventions are whole body vibration exercise [4], vestibular physical therapy [5], strength training [6], foot and ankle exercises [7] and balance training [8]. Previous studies have been mainly focused on balance training to improving the balance performance and reduce falls in older people with DPN [6, 9-11]. The effect of a balance training program can be enhanced when the sensory systems including visual, vestibular, and proprioception are involved [12]. Information about the center of gravity is derived from the visual, vestibular and proprioception systems [13]. In this regards, selected multisensory training (SMST) involve all three sensory systems [6, 11, 12]. The involvement of three sensory systems can reduce postural sways and improve the balance. The present study aims to examine the effects of a 12-weeks SMST on dynamic and static balance of older women with DPN.

### Materials and Methods

In this quasi-experimental study, 30 older women (Mean  $\pm$ SD age= 62.35 $\pm$ 1.87 years) were randomly assigned into SMST and control groups. All participants underwent dynamic balance test, and static balance test before and after 12 weeks of training. The timed up and go (TUG) test was used to assess participants' dynamic balance [14]. A force plate was used to measure their static balance.

The SMST program included different training for the proprioceptive, visual, and vestibular systems which were walking and balancing training on different surfaces, different head positions, eyes open or closed, and eye tracking. The training program was based on previous studies [9, 12, 15]. The proprioception training was the balance training on surfaces with different stiffness. The vestibular training was based on spatial awareness and dynamic balances at different walking direction with different head positions, and movement with closed eyes on a soft surface. The visual training was the balance training with eyes open and closed, and tracking objects

with eyes. The SMST was performed in groups of 10 with a gradual increase (5-10%) in intensity for 12 consecutive weeks, twice a week, each for about 40 min. The SMST sessions were supervised by a trained clinical neurologist. The severity and duration of the SMST were selected based on the literature [8, 12]. The training severity increased by increasing weights (objects) from light to heavy, increasing the speed from slow to fast, and from eyes open to eyes closed.

### Results

The two groups was not different in terms of age, weight, and height, and mental state (Mini-Mental State Examination score). Dynamic and static balances improved from pretest to post-test phase in the SMST group compared to the control group. The SMST group had higher scores in dynamic and static balance tests.

### Discussion

The SMST for 12 weeks improved dynamic and static balances of older women with DPN. This confirms the two study hypotheses. The first hypothesis stated that the SMST improves dynamic balance of older women with DPN over time. In this regard, our results are consistent with the results of previous studies [3, 5, 6, 15, 16].

The more improvement in dynamic balance after SMST compared to the control condition can be due to the protocol used in the present study. The SMST was performed along with balance training on different surfaces and intensities. The varying intensity can lead to increased dynamic balance [5]. Moreover, the SMST engaged visual, proprioception and vestibular systems and also higher centers of the brain. The multisensory training can cause positive changes in the sensory systems [3, 11, 12, 17, 18]. The brain is active in both types of physical and multisensory training [17]. Training with the involvement of all sensory systems improves balance performance [3, 11]. The interaction of sensory and motor networks, as well as the enhancement of brain communication with motor control centers, are the results of multisensory training [5, 13, 15]. Based on the second hypothesis, we assumed that the SMST improves static balance of older women with DPN. The results confirmed this hypothesis, which is consistent with previous studies related to postural control [7, 19, 20]. The sensory-motor integrity resulted from the multisensory training can reduce postural sways and lead to increased postural control [3, 21].

It can be concluded that the SMST program has positive effects on dynamic and static balance of older women with DPN. This program can be used to enhance the balance and postural control of older women with DPN.

## **Ethical Considerations**

### **Compliance with ethical guidelines**

In the implementation of the research, ethical considerations were considered in accordance with the instructions of the ethics committee of [Ferdowsi University of Mashhad](#) and the code of ethics was received under the number IR.MUM.FUM.REC.1397.03.

### **Funding**

This article is taken from the doctoral thesis of Munirah Asadi Ghaleani with the guidance of Mehdi Sohrabi and Hamidreza Taheri and the advice of Mehran Hammam in the Department of Sports Management and Movement Behavior, Faculty of Sports Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.

### **Authors' contributions**

All authors contributed equally in preparing all parts of the research.

### **Conflict of interest**

The authors declared no conflict of interest.

### **Acknowledgments**

We are grateful to all the dear patients who helped us in conducting this research and [Ferdowsi University of Mashhad](#) for financial support and equipment.

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر یک دوره آزمایشات چندحسی بر تعادل سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی

منیره اسدی قلعنی<sup>۱</sup>، \* مهدی سهرابی<sup>۱</sup>، حمیدرضا طاهری<sup>۱</sup>، مهراهم<sup>۲</sup>

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. گروه مغز و اعصاب، دانشکده پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Asadi Ghaleni M, Sohrabi M, Taheri H R, Homam M. [Effect of a Multi-Sensory Training Program on The Balance of Older Women With Diabetic Peripheral Neuropathy (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(1):154-167. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.1.4>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.1.4>

چکیده



**مقدمه و هدف:** امروزه افراد مسن مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در معرض خطر از دست دادن کنترل حرکتی، زمان واکنش کندتر و افزایش نوسانات وضعیتی هستند. شواهد زیادی وجود دارد که آزمایشات مبتنی بر ورزش بر سلامت افراد مسن مبتلا به دیابت تأثیر مثبتی دارد. مطالعات اخیر این فرضیه را پشتیبانی می‌کند که راهکار جایگزینی برای از دست دادن تعادل می‌تواند شامل تقویت سیستم‌های حسی باقی‌مانده باشد. هدف پژوهش حاضر این است که با ترکیب روش‌های تمرینی حسی مختلف یک رویکرد جامع و کامل برای بهبود تعادل در سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی ارائه دهد.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و از نظر هدف، تحقیقی کاربردی است و طرح تحقیق نیز از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل است. تعداد ۳۰ زن سالمند مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی به‌طور تصادفی به دو گروه آزمایشات چندحسی و کنترل تقسیم شدند. در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون تعادل ایستا با دستگاه صفحه نیرو و تعادل پویا از طریق آزمون نشستن و برخاستن ارزیابی شد. شرکت‌کنندگان در گروه آزمایشات چندحسی در ۴۰ دقیقه تمرین دو بار در هفته به مدت ۱۲ هفته شرکت کردند. در این مدت شرکت‌کنندگان در گروه کنترل به فعالیت روزمره خود پرداختند.

**یافته‌ها:** نشان داد بین میانگین درصد تغییرات تعادل پویای گروه آزمایشات منتخب چندحسی و کنترل، تفاوت معناداری وجود دارد ( $t_{(28)} = 6/74, P = 0/00, \eta^2 = 0/61$ ). نتایج تحلیل واریانس ۳ عاملی (تمرین: سطح چشم)  $2 \times 2 \times 2$  برای محور X تعادل ایستا نشان داد آزمایشات منتخب چندحسی به بهبود تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $F_{(1,28)} = 0/33, \eta^2 = 0/01$ ). نتایج تحلیل واریانس ۳ عاملی (تمرین: سطح چشم)  $2 \times 2 \times 2$  برای محور Y نشان داد آزمایشات منتخب چندحسی باعث بهبود تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی شد ( $F_{(1,28)} = 5/38, P = 0/028, \eta^2 = 0/16$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد آزمایشات چندحسی باعث تقویت تعادل ایستا و پویا در افراد مسن با نوروپاتی محیطی دیابتی است. یافته‌های این بررسی از آن جهت مهم است که زنان مسن با نوروپاتی دیابتی در معرض خطر افزایش سقوط قرار دارند. این مطالعه برنامه‌های جامع برای تقویت تعادل و کنترل قامت افراد مسن با نوروپاتی دیابتی ارائه می‌دهد.

**کلیدواژه‌ها:** تمرینات چندحسی، سالمند، نوروپاتی محیطی دیابتی، تعادل ایستا، تعادل پویا

تاریخ دریافت: ۲۵ آذر ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۲۰ بهمن ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۱

\* نویسنده مسئول:

دکتر مهدی سهرابی

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ورزشی، گروه رفتار حرکتی.

تلفن: ۰۳۵۴۵۹ ۵۰ (۹۱۵) ۹۸+

رایانامه: [sohrabi@um.ac.ir](mailto:sohrabi@um.ac.ir)

## مقدمه

داده است افزایش پیچیدگی و دشواری آزمایشات تعادلی از طریق دستکاری سیستم‌های مختلف حسی باعث بهبود بیشتر عملکرد تعادلی افراد سالمند می‌شود [۱۸-۱۶]]. به‌طور خاص، مشخصه آزمایشات چندحسی تحریک هر ۳ سیستم آوران است [۱۹].

تحریک هر ۳ سیستم حسی اجازه خواهد داد یک طرح بهتر از برنامه‌های درمانی برای رسیدن به کاهش در زمین خوردن فراهم شود. برای مثال، در پژوهشی آزمایشات تعادلی به‌صورت چندحسی مؤثرتر از آزمایشات تعادلی معمولی به‌صورت ایزوتونیک به مدت ۳ ماه و ۳ جلسه در هفته گزارش شد. در واقع، تمرینات تعادلی چندحسی باعث بهبود بیشتر شاخص‌های ثبات تعادل شده است [۱۸، ۲۰] و نیز در مقایسه اثر آزمایشات چندحسی با آزمایشات تقویت عضلات بر کنترل قامت در سالمندان، کنترل قامت در گروه چندحسی به‌طور قابل توجهی نسبت به گروه آزمایشات قدرتی بهبود یافت [۱۹].

آزمایشات تعادلی بر پایه حسی می‌تواند در کنترل قامت مؤثر باشد و به دیگر تکالیف دشوار تعادلی مانند ایستادن روی یک پا یا ایستادن تاندم (در حالتی که پنجه یک پا به پاشنه پای جلو بچسبد) انتقال یابد [۲۱]. در واقع، آزمایشات چندحسی با اعمال اضافه‌بار بر سیستم‌های حسی درگیر در تعادل و حفظ تعادل، باعث افزایش تعادل و بهبود کنترل قامت و احتمالاً کاهش خطر افتادن در زنان سالمند می‌شود [۲۲].

ممکن است افراد نوروپاتی دیابتی به تمرینات مانند افراد دیگر پاسخ ندهند. براساس مطالعات فلورنس و هاگرگ، باید افراد با بیماری‌های عصبی‌عضلانی مختلف به‌دلیل پاسخ‌های متفاوت جداگانه بررسی شوند [۲۳]. شاه درزمینه افراد دیابتی نیز تعادل و راه رفتن ۳۶ سالمند مبتلا به نوروپاتی دیابتی را پس از یک دوره آزمایشات چندحسی (اجرای آزمایشات تعادلی روی تخته معلق و پد تعادلی با چشم باز و بسته) بررسی کرد که نتایج بهبود تعادل و راه رفتن را پس از یک دوره آزمایش نشان داد [۲۴].

از طرفی، مطالعاتی وجود دارد که تأثیر آزمایشات چندحسی را بحث‌برانگیز می‌کنند. در پژوهش دیگری که به بررسی اثر آزمایشات چندحسی بر تعادل سالمندان مبتلا به نوروپاتی دیابتی پرداخته بود، آزمایشات چندحسی (راه رفتن به جلو، عقب و پهلو با چشم باز و بسته و با سرعت‌های مختلف روی فرش مخصوص، فوم و سطح معمولی) باعث بهبود نمرات آزمون زمان برخاستن و رفتن<sup>۲</sup> شد، اما تغییری در نمرات آزمون ۶ دقیقه راه رفتن<sup>۳</sup> ایجاد نشد [۲۵].

اگرچه مطالعات، تأثیرگذاری آزمایشات چندحسی بر راه رفتن و تعادل افراد سالمند و بعضی از گروه‌های خاص تأیید کردند، این سؤال باقی می‌ماند که آیا افراد نوروپاتی محیطی دیابتی هم مانند دیگر گروه‌ها به این تمرینات پاسخ خواهند داد؟ پژوهش‌های

دیابت یک بیماری شایع بین افراد مسن و بیماری متابولیک پیچیده‌ای است که به‌دلیل کاهش در ترشح یا نقص در عملکرد انسولین ایجاد و با افزایش قند خون مشخص می‌شود [۴-۱]. عوارض بسیاری از جمله نوروپاتی محیطی دیابتی<sup>۱</sup> در نتیجه دیابت رخ می‌دهد. نوروپاتی محیطی دیابتی یکی از شایع‌ترین عوارض دیابت سالمندان است که در ۳۰ تا ۶۰ درصد سالمندان مبتلا به دیابت رخ می‌دهد [۹-۵]. هر دو عامل سن و طول مدت بیماری دیابت، عوامل خطر مستقل برای ابتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی هستند [۶].

یک تعریف ساده از نوروپاتی محیطی دیابتی «حضور علائم و یا نشانه‌هایی از اختلال اعصاب محیطی در افراد مبتلا به دیابت است» برآورد شده که مطابق آن ۶۰ تا ۷۰ درصد از افراد مبتلا به دیابت، آسیب خفیف تا شدید به سیستم عصبی را تجربه می‌کنند [۱۰]. علائم نوروپاتی محیطی شامل بی‌حسی یا بی‌تفاوتی نسبت به درد یا درجه حرارت، درد تیز یا گرفتگی عضلات و حساسیت شدید به لمس است [۱۰].

تعادل و هماهنگی در سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از افراد بدون نوروپاتی محیطی دیابتی است و نیز استراتژی کنترل قامت در این افراد حتی با چشم باز در مفاصل مچ پا در طول ایستادن آرام، دچار اختلال است. تعادل بدن توسط عوامل بسیاری مانند دهلیزی، بینایی، حس عمقی، قدرت عضلانی اندام تحتانی و غیره تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در میان آن‌ها، کاهش حس عمقی، دهلیزی و قدرت عضلانی اندام تحتانی از دلایل اصلی برای اختلال تعادل در سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی است. نوروپاتی محیطی دیابتی به کاهش حساسیت عملکرد عمقی و دهلیزی، ضعف عضلانی اندام تحتانی، از دست دادن رفلکس مچ پا، زمان واکنش آهسته‌تر، بی‌ثباتی بیشتر و تغییر الگوهای راه رفتن و تغییر استراتژی کنترل قامت منجر می‌شود. در واقع، نوروپاتی محیطی دیابتی سیستم‌های حسی (بینایی، دهلیزی و حسی پیکری) و سیستم حرکتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۶، ۱۰، ۱۴].

پژوهش آسیف و همکاران، نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین نوروپاتی محیطی دیابتی و کاهش تعادل و افزایش خطر زمین خوردن است [۱۵]. آزمایشات بدنی در جهت کاهش اختلال تعادل می‌تواند از طریق یکپارچه‌سازی حسی و ایجاد استراتژی‌های جبرانی، سلامت سلول‌های عصبی را احیا کند [۱۱، ۱۰، ۶].

پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهند آزمایشات تعادلی بر تعادل اثر قوی دارد و می‌تواند به‌عنوان روشی مفید در پیشگیری از سقوط در سالمندان استفاده شود، اما پژوهش‌های اخیر نشان

2. Timed Up and Go  
3. 6 Minute Walk

1. Diabetic Peripheral Neuropathy (DPN)



۳۰ زن مسن با نوروپاتی دیابتی معیارهای ورود را داشتند و مایل به شرکت در مطالعه بودند. در مرحله بعد، شرکت کنندگان به طور تصادفی در دو گروه آزمایشات چندحسی و کنترل توزیع شدند. به منظور تصادفی سازی از جدول اعداد تصافی رایانه‌ای استفاده شد. برای تمام نمونه‌ها قبل و بعد از آزمایش، آزمون تعادل ایستا (صفحه نیرو<sup>۵</sup>) و تعادل پویا (آزمون زمان نشستن و برخاستن<sup>۶</sup>) انجام شد (جدول شماره ۱). آزمون‌ها در آزمایشگاه علوم ورزشی تحت نظارت متخصص آزمایشگاه انجام شد.

#### تعادل ایستا

تعادل ایستا با استفاده از صفحه نیرو ارزیابی شد. هنگام اجرای تکلیف آزمودنی‌ها در وضعیتی که پاها به اندازه شانه‌ها باز و دست‌ها راحت در کنار بدن قرار دارد، روی صفحه نیرو ایستادند. جابه‌جایی قدامی خلفی، میانی جانبی هر آزمودنی، طی ۳ کوشش ۳۰ ثانیه‌ای در ۴ شرایط مختلف حسی (با چشم باز روی سطح سخت، با چشم باز روی سطح نرم، با چشم بسته روی سطح سخت و با چشم بسته روی سطح نرم) با دستگاه صفحه نیرو اندازه‌گیری شد. فاصله میان کوشش‌ها ۵ دقیقه بود و میانگین ۳ کوشش هر آزمودنی به عنوان معیار عملکرد کنترل قامت فرد محاسبه شد. نمرات کمتر نشان‌دهنده نوسان کمتر در جهات مختلف و تعادل ایستا بهتر است.

#### تعادل پویا

آزمون زمان نشستن و برخاستن جهت ارزیابی تعادل پویا استفاده شد. این آزمون براساس مدت‌زمانی که فرد برای بلند شدن از صندلی و راه رفتن مسافت ۳ متر و برگشتن و نشستن روی صندلی به دست می‌آورد، افراد را ارزیابی می‌کند. نمرات آزمون برحسب ثانیه ثبت می‌شود و نمره کمتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر در آزمون است.

محدودی در زمینه تأثیر آزمایشات چندحسی بر تعادل سالمندان مبتلا به نوروپاتی دیابتی انجام شده است. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، نتایج پژوهش‌ها متناقض است و پروتکل تمرینی در این پژوهش‌ها، آزمایشات هر ۳ سیستم حسی را شامل نمی‌شود.

با توجه به اینکه مشخصه آزمایشات چندحسی ترکیب تمرینات هر ۳ سیستم حسی درگیر در تعادل است، پژوهش حاضر در صدد این است که با ترکیب روش‌های آزمایشی حسی مختلف یک رویکرد جامع و کامل در جهت بهبود تعادل سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی ارائه دهد. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرینات منتخب چندحسی بر تعادل سالمندان مبتلا به نوروپاتی دیابتی است.

#### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و از نظر هدف، تحقیقی و کاربردی است و طرح تحقیق نیز از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل است. با ۵۸ زن سالمند مبتلا به دیابت ساکن شهر مشهد با تلفن تماس گرفته شد و از آن‌ها خواسته شد تا در مطالعه حاضر شرکت کنند. افراد در صورت داشتن شرایط زیر برای ورود به مطالعه واجد شرایط بودند:

مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی، سابقه ۱۰ سال بیماری دیابت، زن، سن بالای ۶۰ سال، توانایی ایستادن حداقل ۱۰ دقیقه، بدون آسیب در اندام تحتانی (شکستگی و زخم)، کسب حداقل نمره ۲۴ در آزمون کوتاه وضعیت ذهنی<sup>۴</sup>، توانایی راه رفتن ۲۰ متر بدون تجهیزات کمکی، نداشتن ضعف شدید بینایی (دید طبیعی یا اصلاح‌شده طبیعی مانند استفاده از عینک و لنز)، عدم ابتلا به (فشار خون کنترل نشده، آلزایمر و اختلالات عصبی مانند سکته، حملات ایسکمیک گذرا، صرع یا پارکینسون که متغیرهای راه رفتن را تحت تأثیر قرار می‌دهد)

بیماران توسط متخصص مغز و اعصاب از نظر وضعیت سلامتی و معیارهای ورود به پژوهش بررسی شدند. درباره اهداف مطالعه و روش اجرای کار به شرکت کنندگان اطلاعات کامل داده شد. پس از آن، شرکت کنندگان رضایت‌نامه کتبی را امضا کردند. در مجموع،

5. Force Plate

6. Timed Up and Go Test (TUG)

4. Mini-mental state examination (MMSE)

جدول ۱. روش اجرای طرح (n=۱۵)

گروه	آزمون	پیش‌آزمون	متغیر مستقل	پس‌آزمون
آزمایش	تعادل ایستا	صفحه نیرو	آزمایشات چندحسی	تعادل ایستا
	تعادل پویا	آزمون زمان نشستن و برخاستن		آزمون زمان نشستن و برخاستن
کنترل	تعادل ایستا	صفحه نیرو	کنترل (بدون آزمایش)	تعادل ایستا
	تعادل پویا	آزمون زمان نشستن و برخاستن		آزمون زمان نشستن و برخاستن

## برنامه آزمایشی

نتایج تحلیل واریانس ۳ عاملی (تمرین×سطح×چشم) ۲×۲×۲ در جدول شماره ۴ برای محور X تعادل ایستا نشان داد آزمایشات منتخب چندحسی به بهبود تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/001$ ). بین تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در شرایط چشم باز و بسته تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P=0/823$ ).

آزمایشات منتخب چندحسی در هر دو شرایط باز و بسته بودن چشم به یک اندازه به بهبود تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/921$ ). بین تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در شرایط ایستادن روی سطح نرم و سخت تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P=0/180$ ). آزمایشات منتخب چندحسی در شرایط سطح سخت و نرم به یک اندازه به بهبود تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/217$ ) (تصویر شماره ۲).

عدم تفاوت بین تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در حالت باز و بسته بودن بینایی در دو سطح نرم و سخت برقرار است ( $P=0/252$ ). آزمایشات منتخب چندحسی در هر چهار شرایط وجود بینایی در سطح سخت و نرم و عدم بینایی در سطح سخت و نرم به یک اندازه به بهبود تعادل ایستا در محور X سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/262$ ).

نتایج تحلیل واریانس ۳ عاملی (تمرین×سطح×چشم) ۲×۲×۲ در جدول شماره ۵ برای محور Y نشان داد آزمایشات منتخب چندحسی به بهبود تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/028$ ). بین تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در شرایط چشم باز و بسته تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P=0/060$ ).

آزمایشات منتخب چندحسی در هر دو شرایط باز و بسته بودن چشم به یک اندازه باعث بهبود تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی شد ( $P=0/085$ ). بین تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در شرایط ایستادن روی سطح نرم و سخت تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P=0/160$ ) (تصویر شماره ۳).

مطابق جدول شماره ۲، شرکت کنندگان در گروه چندحسی در ۴۰ دقیقه تمرین دو بار در هفته برای ۱۲ هفته شرکت کردند. این مطالعه ۳ آزمایش مختلف را برای تحریک سیستم حسی پیکری، بینایی و دهلیزی به کار برد. آزمایشات شامل راه رفتن و حرکت روی سطوح با سختی متفاوت (سخت و نرم) با تغییر وضعیت سر، با چشم باز و بسته و ردیابی بینایی است. برنامه آزمایشی براساس مطالعات قبلی طراحی شد (منابع استفاده شده در طراحی برنامه آزمایشی [۲۵، ۱۹-۲۸] و سپس متخصصین تأیید کردند. گروه کنترل، آزمایشی انجام نداده است و در این مدت شرکت کنندگان در گروه کنترل به فعالیت روزمره خود پرداختند.

در پایان برای توصیف و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. در ابتدا برای بررسی توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف<sup>۷</sup>، سپس برای بررسی معناداری اختلاف میانگین نمرات تعادل پویا از آزمون تی مستقل<sup>۸</sup> و برای بررسی معناداری اختلاف میانگین نمرات تعادل ایستا از تحلیل واریانس ۳ عاملی در سطح ( $P=0/05$ ) استفاده شد. داده‌ها به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شد.

## یافته‌ها

جدول شماره ۳ کمترین، بیشترین، میانگین±انحراف معیار سن (سال)، قد (سانتی‌متر) و وزن (کیلوگرم) شرکت کنندگان در تحقیق را نشان می‌دهد.

نمودار میانگین نمرات تعادل پویا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایشات چندحسی و کنترل در تصویر شماره ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد بین میانگین درصد تغییرات تعادل پویای گروه آزمایشات منتخب چندحسی ( $27/8$ -) و کنترل تفاوت ( $2/8$ -) معناداری وجود دارد ( $\eta^2=0/61$ )<sup>۲</sup>،  $t_{(28)}=6/74$ ،  $P=0/000$ . به عبارت دیگر، آزمایشات منتخب چندحسی باعث بهبود تعادل پویای سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی شد.

7. Kolmogorov-Smirnov Test  
8. Independent T Test

جدول ۲. برنامه آزمایشات گروه چندحسی

بخش‌های جلسه آزمایش گروه آزمایشات چندحسی	حرکات	تجهیزات
گرم کردن (۵ تا ۸ دقیقه)	کشش مفاصل و عضلات	.....
آزمایش اصلی (۲۵ تا ۳۰ دقیقه)	آزمایشات حس پیکری، بینایی و دهلیزی	تشک یوگا (با ضخامت مختلف)
سرد کردن (۵ دقیقه)	تنفس با چشم بسته	.....

جدول ۳. توصیف مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در تحقیق

متغیر	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	گروه آزمایش: ۶۲/۲۰ ± ۱/۶۱ گروه کنترل: ۶۲/۵۰ ± ۲/۱۷
قد (سانتی‌متر)	گروه آزمایش: ۱۵۸/۸ ± ۷/۱۲ گروه کنترل: ۱۵۶/۸ ± ۵/۸۱
وزن (کیلوگرم)	گروه آزمایش: ۷۲/۳۰ ± ۵/۸ گروه کنترل: ۷۲/۰۵ ± ۵/۶
وضعیت ذهنی (امتیاز)	گروه آزمایش: ۲۷/۱۰ ± ۲/۴۶ گروه کنترل: ۲۷/۴۰ ± ۲/۴۵

طب توانبخشی

بحث

یافته کلیدی مطالعه حاضر این بود که در زنان مسن مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی، یک دوره آزمایشات منتخب چندحسی به مدت ۱۲ هفته، تعادل ایستا و پویا را در مقایسه با شرایط کنترل بهبود می‌بخشد. این یافته‌ها از این رو مهم هستند که افراد مسن مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی در معرض خطر افزایش نوسانات قامت و اختلالات کنترل تعادل قرار دارند. با

آزمایشات منتخب چندحسی در شرایط سطح نرم نسبت به سطح سخت به بهبود بیشتر تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/032$ ). در شرایط چشم باز در سطح نرم تعادل بهتر از سطح سخت بوده است ( $P=0/027$ ). آزمایشات منتخب چندحسی در هر چهار شرایط وجود بینایی در سطح سخت و نرم و عدم بینایی در سطح سخت و نرم به یک اندازه به بهبود تعادل ایستا در محور Y سالمندان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی منجر شد ( $P=0/999$ ).

جدول ۴. نتایج تحلیل واریانس ۳ عاملی در محور X

منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجموع مجذورات	نسبت F	سطح معناداری	مجذور اتا
آزمایش خطا	۱۰۳۸۵/۶	۱	۱۰۳۸۵/۶	۱۴/۱۶	۰/۰۰۱	۰/۳۳
بینایی	۴۲/۴۶	۱	۴۲/۴۶	۰/۰۵۱	۰/۸۲۳	۰/۰۰۲
آزمایش بینایی خطا	۸/۲۵	۱	۸/۲۵	۰/۱۰	۰/۹۲۱	۰/۰۰۰
سطح	۱۶۶۰/۱	۱	۱۶۶۰/۱	۱/۸۸	۰/۱۸۰	۰/۰۶۳
آزمایش سطح خطا	۱۴۰۰/۸	۱	۱۴۰۰/۸	۱/۵۹	۰/۲۱۷	۰/۰۵۴
بینایی سطح	۵۰۶/۹	۱	۵۰۶/۹	۱/۳۶	۰/۲۵۲	۰/۰۴۷
بینایی آزمایش سطح خطا	۴۸۴/۵	۲	۲۴۲/۲۵	۱/۳۰	۰/۲۶۲	۰/۰۴۵

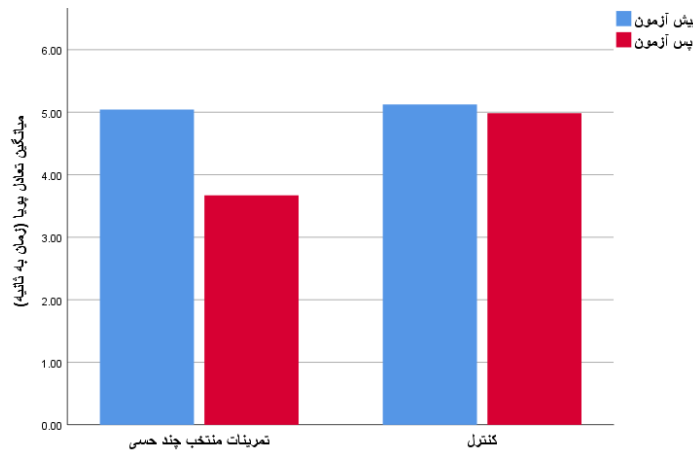
طب توانبخشی

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس ۳ عاملی در محور Y

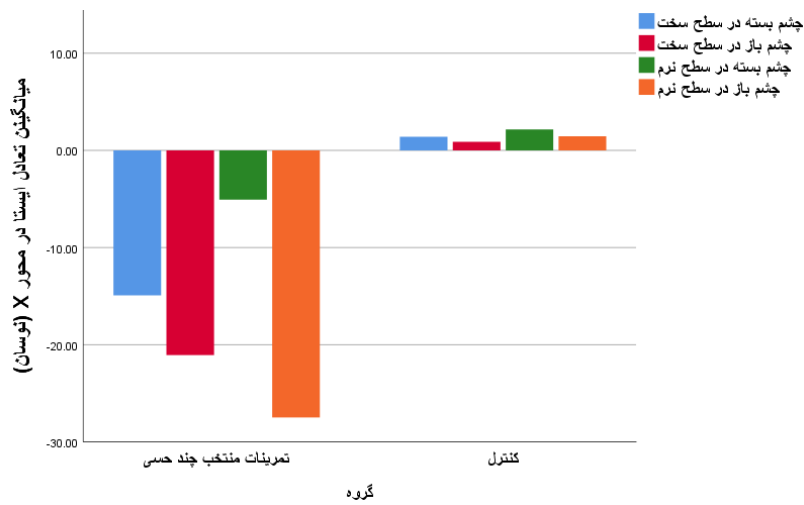
منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجموع مجذورات	نسبت F	سطح معناداری	مجذور اتا
گروه خطا	۶۴۱/۳	۱	۶۴۱/۳	۵/۲۸	۰/۰۲۸	۰/۱۶
بینایی	۶۳۱۵/۸	۱	۶۳۱۵/۸	۳/۸۲	۰/۰۶۰	۰/۱۲
گروه بینایی خطا	۵۲۷۰/۳	۱	۵۲۷۰/۳	۳/۱۹	۰/۰۸۵	۰/۱۰
سطح	۱۳۳۰/۳	۱	۱۳۳۰/۳	۲/۰۸	۰/۱۶۰	۰/۰۶۹
گروه سطح خطا	۳۴۷۹/۱	۱	۳۴۷۹/۱	۵/۰۸	۰/۰۳۲	۰/۱۵
بینایی سطح	۴۴۸۸/۳	۱	۴۴۸۸/۳	۵/۴۶	۰/۰۲۷	۰/۱۶
بینایی گروه سطح خطا	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۹۹۹	۰/۰۰

طب توانبخشی





تصویر ۱. میانگین تعادل پویا (زمان به ثانیه) در دو گروه تحقیق



تصویر ۲. میانگین تعادل ایستا در محور X دو گروه تحقیق در شرایط مختلف بینایی و سطح



تصویر ۳. میانگین تعادل ایستا در محور Y دو گروه تحقیق در شرایط مختلف بینایی و سطح

طب توانبخشی

طب توانبخشی

طب توانبخشی

کنترل وضعیت و تعادل ایستا منعکس کننده تعامل پیچیده بین سیستم حرکتی و حسی، از جمله درک ورودی‌های محیطی و پاسخ به تغییرات محیطی است. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد کنترل وضعیت برای بیشتر فعالیت‌های روزمره عمدتاً به ورودی اطلاعات چندحسی متکی است [۳۸].

طبق نظریه سیستم‌های پویا، کنترل وضعیت نتیجه فعل و انفعالات پیچیده بین سیستم‌های حسی است که برای کنترل جهت بدن با هم کار می‌کنند [۳۳، ۲۵]؛ بنابراین ممکن است آزمایشات منتخب چندحسی به ارسال اطلاعات حسی صحیح به مغز و کاهش زمان واکنش و پاسخ منجر شود. این سامان‌دهی و تقویت حسی به دنبال برنامه آزمایشات منتخب چندحسی، ممکن است باعث بهبود تعادل ایستا، کاهش نوسانات وضعیتی و خطر سقوط در افراد مسن دچار نوروپاتی دیابتی شود [۳۰].

درباره آزمایشات منتخب چندحسی در بیشتر مطالعات، فقط از نوعی آموزش حسی استفاده شد که باعث خستگی، از دست دادن انگیزه و بی‌حوصلگی شرکت‌کنندگان در جلسه آموزش می‌شود [۱۰، ۱۹، ۲۵]. با این حال، با استفاده از چندین تکنیک آموزشی و چندحسی در مطالعه حاضر این نقص برطرف شد.

### نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد در زنان مسن‌تر با نوروپاتی محیطی دیابتی، آزمایشات منتخب چندحسی می‌تواند باعث تأثیرات مثبتی بر تعادل پویا و تعادل ایستا شود. یافته‌های این پژوهش از این جهت مهم هستند که زنان مسن با نوروپاتی محیطی دیابتی در معرض خطر افزایش نوسانات قامت و زمین خوردن قرار دارند و این مطالعه یک برنامه آزمایشی جامع و مفید برای بهبود تعادل و کنترل وضعیت افراد مسن با نوروپاتی محیطی دیابتی ارائه می‌دهد.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش، ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه فردوسی مشهد در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.MUM.FUM.REC.1397.03 دریافت شده است.

#### حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری منیره اسدی قلعه‌نی با راهنمایی مهدی سهرابی و حمیدرضا طاهری و مشاوره مهران هماد در گروه مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد است.

توجه به پیشینه پژوهش، تاکنون هیچ برنامه کاملاً خوبی برای این جمعیت خاص طراحی نشده است تا بتواند تعادل ایستا و پویا را به‌طور هم‌زمان بهبود بخشد.

دو فرضیه تدوین شد و هر یک از آن‌ها به نوبت بررسی می‌شود. در اولین فرضیه، فرض شد در مقایسه با یک شرایط کنترل، آزمایشات منتخب چندحسی تعادل پویا را با گذشت زمان بهبود می‌بخشد و فرض به‌طور کامل تأیید شد. نتایج حاضر مطالعات قبلی را تأیید کرد که نشان دادند یک دوره آزمایشات چندحسی بر تعادل پویا مؤثر است [۱۰، ۱۹، ۲۴، ۲۸-۳۰].

آزمایشات منتخب چندحسی به بهبود بیشتر عملکرد تعادل پویا در مقایسه با شرایط کنترل منجر شد. این یافته می‌تواند به دلیل پروتکل استفاده‌شده در مطالعه حاضر باشد. در مطالعه حاضر، آزمایشات منتخب چندحسی همراه با آزمایشات تعادل در یک بستر با دشواری متفاوت بود و مطالعات نشان داده است دشواری متفاوت به افزایش عملکرد تعادل پویا منجر می‌شود [۳۰].

بهبود تعادل ناشی از آزمایشات منتخب چندحسی را می‌توان به دلیل استفاده از الگوی آزمایشات چندحسی دانست که به درگیر شدن همه سیستم‌های حسی بینایی، دهلیزی و پیکری و همچنین مراکز بالاتر مغز منجر شده که می‌تواند بر عملکرد تعادل پویا تأثیر گذارد. آزمایشات منتخب چندحسی ممکن است به درگیر شدن بیشتر مناطق مغزی منجر شود و باعث تغییرات مثبتی در سیستم‌های حسی مغز شود [۲۲، ۳۱، ۲۵، ۱۹]. مغز در هر دو نوع آزمایشات جسمی و چندحسی فعال است [۳۱]. پژوهش‌ها نشان دادند آزمایشات با درگیری همه سیستم‌های حسی عملکرد تعادل را بهبود می‌بخشد [۱۹، ۳۲]. تعامل شبکه‌های حسی و حرکتی و همچنین تقویت ارتباط مغزی با مراکز کنترل حرکتی از نتایج آزمایشات منتخب چندحسی است [۲۴، ۳۰، ۳۲].

در فرضیه دوم فرض شد در مقایسه با یک شرایط کنترل، یک آزمایش منتخب چندحسی باعث بهبود تعادل ایستا می‌شود. بر این اساس، نتیجه حاضر یافته‌های قبلی مربوط به کنترل وضعیت را تأیید کرد که نشان دادند یک دوره آزمایشات چندحسی بر تعادل ایستا مؤثر است [۱۲، ۳۴، ۳۵].

یکپارچگی حسی حرکتی یکی از نتایج برنامه‌های آزمایشات منتخب چندحسی است [۱۲، ۲۵]. یکپارچگی حسی حرکتی ناشی از آزمایشات منتخب چندحسی باعث کاهش نوسان حرکت و افزایش کنترل وضعیت و بهبود تعادل ایستا می‌شود [۱۹، ۳۶] و یکپارچگی حسی حرکتی باعث تعاملات بین حرکات ارادی و رفلکس می‌شود. علاوه بر این، کنترل وضعیت بستگی به اطلاعات سیستم‌های حسی بینایی، دهلیزی و حس عمقی دارد [۳۳، ۳۷].

بسیاری از مطالعات نشان دادند آزمایشات سیستم‌های حسی بینایی، حس عمقی یا دهلیزی بر کنترل وضعیت و تعادل تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین تعادل ایستا را بهبود می‌بخشد [۳۲].

### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### تشکر و قدردانی

از تمام بیماران عزیزی که در انجام این تحقیق ما را یاری کردند و از دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت‌های مالی و تجهیزاتی تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

- [1] Mohtashami S, Memar R, Nabavi Nik H, Dehghani Tafti V. [Evaluation of balance in patients with diabetic peripheral neuropathy after 4-week functional and balance exercise program (Persian)]. *Journal of Arak University Medical Science*. 2013; 16(7):66-75. [Link]
- [2] Farrell PA. Diabetes, exercise and competitive sports. *Chinese Journal of Sports Medicine*. 2006; 25(3). [Link]
- [3] Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004; 27(5):1047-53. [DOI:10.2337/diacare.27.5.1047] [PMID]
- [4] 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]
- [5] Chiles NS, Phillips CL, Volpato S, Bandinelli S, Ferrucci L, Guralnik JM, et al. Diabetes, peripheral neuropathy, and lower-extremity function. *Journal of Diabetes and its Complications*. 2014; 28(1):91-5. [DOI:10.1016/j.jdiacomp.2013.08.007] [PMID] [PMCID]
- [6] Pan X, Bai J-j. Balance training in the intervention of fall risk in elderly with diabetic peripheral neuropathy: A review. *International Journal of Nursing Sciences*. 2014; 1(4):441-5. [DOI:10.1016/j.ijnss.2014.09.001]
- [7] Halawa MR, Karawagh A, Zeidan A, Mahmoud A-E-DH, Sakr M, Hegazy A. Prevalence of painful diabetic peripheral neuropathy among patients suffering from diabetes mellitus in Saudi Arabia. *Current Medical Research and Opinion*. 2010; 26(2):337-43. [DOI:10.1185/03007990903471940] [PMID]
- [8] Jambart S, Ammache Z, Haddad F, Younes A, Hassoun A, Abdalla K, et al. Prevalence of painful diabetic peripheral neuropathy among patients with diabetes mellitus in the Middle East region. *Journal of International Medical Research*. 2011; 39(2):366-77. [DOI:10.1177/147323001103900204] [PMID]
- [9] Won J, Kwon H, Kim C, Lee J, Park T, Ko K, et al. Prevalence and clinical characteristics of diabetic peripheral neuropathy in hospital patients with Type 2 diabetes in Korea. *Diabetic Medicine*. 2012; 29(9):e290-6. [DOI:10.1111/j.1464-5491.2012.03697.x] [PMID]
- [10] Ites KI, Anderson EJ, Cahill ML, Kearney JA, Post EC, Gilchrist LS. Balance interventions for diabetic peripheral neuropathy: A systematic review. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2011; 34(3):109-16. [DOI:10.1519/JPT.0b013e318212659a] [PMID]
- [11] Vinik AI, Vinik EJ, Colberg SR, Morrison S. Falls risk in older adults with type 2 diabetes. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2015; 31(1):89-99. [DOI:10.1016/j.cger.2014.09.002] [PMID]
- [12] Van Deursen RWM, Simoneau GG. Foot and ankle sensory neuropathy, proprioception, and postural stability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1999; 29(12):718-26. [DOI:10.2519/jospt.1999.29.12.718] [PMID]
- [13] Ghanavati T, Shaterzadeh Yazdi MJ, Goharpey S, Arastoo A-A. Functional balance in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2012; 96(1):24-8. [DOI:10.1016/j.diabres.2011.10.041] [PMID]
- [14] Lafond D, Corriveau H, Prince F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care*. 2004; 27(1):173-8. [DOI:10.2337/diacare.27.1.173] [PMID]
- [15] Asif M, Batool S. Association between diabetic neuropathy, fall risks and balance in diabetes type 2 patients. *Rawal Medical Journal*. 2020; 45(1):27-30. [Link]
- [16] Westlake KP, Wu Y, Culham EG. Sensory-specific balance training in older adults: Effect on position, movement, and velocity sense at the ankle. *Physical Therapy*. 2007; 87(5):560-8. [DOI:10.2522/ptj.20060262] [PMID]
- [17] Puranik M, Iyer S, Gore A, Prabha L, Khachane P, Mehta A. Effect of sensory-specific balance training in elderly. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy-An International Journal*. 2012; 6(3):162-6. [Link]
- [18] Kristinsdottir EK, Baldursdottir B. Effect of multi-sensory balance training for unsteady elderly people: Pilot study of the "Reykjavik model". *Disability and Rehabilitation*. 2014; 36(14):1211-8. [DOI:10.3109/09638288.2013.835452] [PMID]
- [19] Alfieri FM, Riberto M, Gatz LS, Ribeiro CPC, Lopes JAF, Battistella LR. Comparison of multisensory and strength training for postural control in the elderly. *Clinical Interventions in Aging*. 2012; 7:119-25. [DOI:10.2147/CIA.S27747] [PMID] [PMCID]
- [20] Bellomo R, Iodice P, Savoia V, Saggini A, Vermiglio G, Saggini R. Balance and posture in the elderly: An analysis of a sensorimotor rehabilitation protocol. *International journal of Immunopathology and Pharmacology*. 2009; 22(3 suppl):37-44. [DOI:10.1177/039463200902205308] [PMID]
- [21] Shams F, Hasani mehraban A, Taghizadeh G. [Investigating the effect of multisensory balance retraining on the postural control of the elderly (Persian)]. *Salmand: Iran Aging Journal*. 2011; 6(21):7-12. [Link]
- [22] Hosseini S, Rostamkhani H, Naghilou Z, Lotfi N. [Comparison of the effects of balance, mental and combination exercises on the balance of healthy elderly men (Persian)]. *Research in Rehabilitation Sciences*. 2010; 6(2). [Link]
- [23] Florence JM, Hagberg JM. Effect of training on the exercise responses of neuromuscular disease patients. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1984; 16(5):460-5. [DOI:10.1249/00005768-198410000-00007] [PMID]
- [24] Shah C. Effects of sensory training over two different surfaces on balance and gait in persons with diabetic neuropathy. *International Journal of Recent Scientific Research*. 2016; 7(3):928-90. [Link]
- [25] Kutty NAM, Majida NAL. Effects of multisensory training on balance and gait in persons with type 2 diabetes: A randomised controlled trial. *Disability, CBR & Inclusive Development*. 2013; 24(2):79-91. [DOI:10.5463/dcid.v24i2.206]
- [26] Debra JR. Fallproof: A comprehensive balance and mobility training program. Champaign: Human Kinetics; 2010. [Link]
- [27] Akbari M, Jafari H, Moshashaee A, Forugh B. Do diabetic neuropathy patients benefit from balance training? *Journal of*

- Rehabilitation Research and Development. 2012; 49(2):333-8. [DOI:10.1682/JRRD.2010.10.0197] [PMID]
- [28] Kang J-E, Yi K-O, Lee T-Y. [The effect of multisensory exercise on foot pressure sensitivity, balance for the elderly (Korean)]. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2015; 25(1):95-101. [DOI:10.5103/KJSB.2015.25.1.095]
- [29] Alfieri FM, Riberto M, Gatz LS, Ribeiro CPC, Lopes JAF, Santarém JM, et al. Functional mobility and balance in community-dwelling elderly submitted to multisensory versus strength exercises. Clinical Interventions in Aging. 2010; 5:181-5. [DOI:10.2147/CIA.S10223] [PMID] [PMCID]
- [30] Gottshall KR, Sessoms PH. Improvements in dizziness and imbalance results from using a multi disciplinary and multi sensory approach to vestibular physical therapy-a case study. Frontiers in Systems Neuroscience. 2015; 9:106. [DOI:10.3389/fnsys.2015.00106] [PMID] [PMCID]
- [31] Theill N, Schumacher V, Adelsberger R, Martin M, Jäncke L. Effects of simultaneously performed cognitive and physical training in older adults. BMC Neuroscience. 2013; 14(1):103. [DOI:10.1186/1471-2202-14-103] [PMID] [PMCID]
- [32] Westlake KP, Culham EG. Sensory-specific balance training in older adults: Effect on proprioceptive reintegration and cognitive demands. Physical Therapy. 2007; 87(10):1274-83. [DOI:10.2522/ptj.20060263] [PMID]
- [33] Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: Translating research into clinical practice. Alphen aan den Rijn: Wolters Kluwer; 2017. [Link]
- [34] Song CH, Petrofsky JS, Lee SW, Lee KJ, Yim JE. Effects of an exercise program on balance and trunk proprioception in older adults with diabetic neuropathies. Diabetes Technology & Therapeutics. 2011; 13(8):803-11. [DOI:10.1089/dia.2011.0036] [PMID]
- [35] Qiu F, Cole MH, Davids K, Hennig E, Silburn P, Netscher H, et al. Enhanced somatosensory information decreases postural sway in older people. Gait & Posture. 2012; 35(4):630-5. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2011.12.013] [PMID]
- [36] McNevin NH, Shea CH, Wulf G. Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. Psychological Research. 2003; 67(1):22-9. [DOI:10.1007/s00426-002-0093-6] [PMID]
- [37] Anand V, Buckley JG, Scally A, Elliott DB. Postural stability changes in the elderly with cataract simulation and refractive blur. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 2003; 44(11):4670-5. [DOI:10.1167/iovs.03-0455] [PMID]
- [38] Shaffer SW, Harrison AL. Aging of the somatosensory system: A translational perspective. Physical Therapy. 2007; 87(2):193-207. [DOI:10.2522/ptj.20060083] [PMID]



This Page Intentionally Left Blank