





## Effect of Combined Trainings (Rom improvement, Muscle Strengthening, Balance Training, and Gait Training) on Balance and Risk for Falling in Older Women with Diabetic Peripheral Neuropathy

Vida Farhan<sup>1</sup> , Ali Abbasi<sup>\*2</sup> , Farhad Tabatabaei Ghomshe<sup>3</sup>,  
Mehdi Khaleghi Tazaji<sup>4</sup> , Amir Ali Jafarnrzhad Gero<sup>5</sup> 

1. PhD Candidate of Exercise Biomechanic, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, University of Kharazmi, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, University of Kharazmi, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Ergonomics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, University of Kharazmi, Tehran, Iran
5. Assistant Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Education and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 2018.July.13

Revised: 2018. September.02

Accepted: 2018.September.29

### Abstract

**Background and Aim:** Direct and indirect complications of diabetic peripheral neuropathy can lead to imbalance and falls, and it may increase the risk for plantar ulcer. Therefore, performing effective trainings to increase balance probably reduces the risk of falling in these patients. Thus, the aim of the present study was to investigate the effect of combined training on the balance and chance of falling in elderly women with diabetic neuropathy.

**Materials and Methods:** A total of 23 patients with diabetic peripheral neuropathy were randomly allocated to experimental (n=11) and control (n=10) groups in the present study. Before and after training, balance and risk for falling were measured using Berg balance score and fear of falling tests, respectively. Experimental group was involved with combined exercise for 8 weeks, 3 sessions per week, and 1 hour per session; the control group did not participate in any exercise program. Data were analyzed running independent and paired- sample t tests at the significance level of  $\alpha < 0.05$ .

**Results:** The results showed that there were significant differences in balance and risk for falling scores in the experimental group after combined training, while there were no significant differences in these scores in the control group.

**Conclusion:** Combined trainings improve balance and reduce the possibility of falling elderly women with diabetic peripheral neuropathy. Therefore, it is a beneficial therapeutic intervention in order to improve the balance and reduce the risk of falling in these patients.

**Keywords** Diabetic peripheral neuropathy; Balance; Falling; Combined training

**Cite this article as:** Vida Farhan, Ali Abbasi, Farhad Tabatabaei Ghomshe, Mehdi Khaleghi Tazaji, Amir ali Jafarnrzhad Gero. Effect of Combined Trainings (Rom improvement, Muscle strengthening, Balance training and Gait training) on Balance and Risk for Falling in Older Women with Diabetic Peripheral Neuropathy. J Rehab Med. 2019; 8(2): 97-105

\* **Corresponding Author:** Ali Abbasi. Assistant Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, University of Kharazmi, Tehran, Iran  
Email: abbasi.bio@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2018.111285.1888

## تأثیر تمرین ترکیبی (تعادلی، قدرتی، انعطافی و راه رفتن) بر تعادل و احتمال افتادن زنان سالمند مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی

ویدا فرحان<sup>۱</sup>، علی عباسی<sup>۲\*</sup>، فرهاد طباطبایی قمشه<sup>۳</sup>، مهدی خالقی تازجی<sup>۴</sup>، امیرعلی جعفرنژاد گروه<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران
۴. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۵. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

\* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۴/۲۲ بازننگری مقاله ۱۳۹۷/۰۶/۱۱ پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۰۷/۰۷ \*

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

عوارض مستقیم و غیرمستقیم نوروپاتی محیطی دیابتی می‌تواند به اختلال تعادل و افتادن منجر شود و احتمال بروز زخم پا را افزایش دهد. از طرفی دیگر، انجام تمرینات موثر در افزایش تعادل، احتمالاً بتواند باعث کاهش خطر افتادن در این بیماران شود؛ لذا هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تمرین ترکیبی بر تعادل و احتمال افتادن در زنان سالمند مبتلا به نوروپاتی دیابتی بود.

#### مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، ۲۳ بیمار زن مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی به صورت تصادفی به دو گروه مداخله (۱۱ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. قبل و بعد از برنامه تمرینی، تعادل و احتمال افتادن آزمودنی‌ها به ترتیب با ابزار تعادل برگ و مقیاس بین‌المللی افتادن اندازه‌گیری شد. گروه تمرین به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه و ۱ ساعت در هر جلسه به انجام تمرین ترکیبی پرداختند. گروه کنترل در این مدت به زندگی معمولی خود ادامه دادند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی مستقل و وابسته در سطح معناداری  $\alpha < 0.05$  تجزیه و تحلیل شد.

#### یافته‌ها

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در نمرات تعادل و احتمال افتادن گروه تجربی بعد از اجرای تمرین ترکیبی نسبت به قبل از آن، تفاوت معناداری ایجاد شد، در حالی که این نمرات در گروه کنترل تفاوت معناداری نداشت.

#### نتیجه‌گیری

انجام تمرین ترکیبی باعث بهبود تعادل و کاهش احتمال افتادن زنان سالمند مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی می‌شود؛ بنابراین به منظور بهبود تعادل و کاهش احتمال افتادن این بیماران مداخله درمانی مفیدی است.

#### واژه‌های کلیدی

نوروپاتی محیطی دیابتی؛ تعادل؛ افتادن؛ تمرین ترکیبی

نویسنده مسئول: علی عباسی. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: abbasi.bio@gmail.com

احتمالاً دیابت نوع دو شایع‌ترین اختلال متابولیک در جهان است که طی آن کاهش کنترل قند خون به دلیل کاهش حساسیت انسولین اتفاق می‌افتد.<sup>[۱]</sup> بر اساس گزارش فدراسیون بین‌المللی دیابت، حدود ۴۱۵ میلیون نفر در سراسر جهان از دیابت رنج می‌برند و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۴۰ این تعداد به ۶۴۲ میلیون نفر برسد که ۹۰ درصد آنها دیابت نوع دو خواهند داشت.<sup>[۲]</sup> نوروپاتی محیطی دیابتی (DPN<sup>۱</sup>) یکی از شایع‌ترین عوارض میکروواسکولار دیابت است که در بیش از ۵۰ درصد بیماران مبتلا به دیابت اتفاق می‌افتد و خطر زخم پای دیابتی و قطع عضو را افزایش می‌دهد. مشخصه DPN، تخریب پیشرونده الیاف عصبی است<sup>[۳]</sup> که عملکرد عصب را از بافت پیرامونی به سمت مناطق بالاتر مختل می‌کند.<sup>[۴]</sup> این عارضه با افزایش سن و طول مدت ابتلا، شیوع بیشتری می‌یابد.<sup>[۵]</sup> مطالعات گزارش کرده‌اند که اختلال تعادل، افتادن و آسیب‌های مرتبط با افتادن می‌تواند از عوارض مستقیم و غیرمستقیم DPN باشد که به دلیل اختلال در عملکرد حسی عمقی سیستم حسی پیکری به وجود می‌آید.<sup>[۶]</sup> به عنوان مثال کاواناگ و همکاران گزارش کردند خطر افتادن افراد مسن مبتلا به نوروپاتی در مقایسه با همسالان بدون نوروپاتی ۲۳ برابر بیشتر است.<sup>[۷]</sup> همچنین نتایج یک پژوهش نشان داد کاهش تعادل از عوارض مهم DPN است.<sup>[۸]</sup> اگرچه عوامل متعددی در افتادن نقش دارند، اما نتایج یک مقاله مروری نشان داد که در بین عوامل موثر در افتادن، کاهش تعادل و تغییرات الگوی راه رفتن رایج‌ترین عوامل خطر شناخته‌شده هستند. بنابراین موضوع تعادل یکی از مهم‌ترین موارد مربوط به افراد سالمند مبتلا به DPN می‌باشد.<sup>[۹]</sup> تعادل مهارت پیچیده‌ای است که به یکپارچگی سیستم‌های حسی (سوماتوسنسوری، بینایی و وستیبولار)، حرکتی و شناختی نیاز دارد و تخریب هر یک از این سیستم‌ها می‌تواند توانایی حفظ تعادل را دچار مشکل کند. به نظر می‌رسد در این امر، سیستم سوماتوسنسوری از همه مهم‌تر باشد.<sup>[۱۰]</sup> سیستم سوماتوسنسوری اطلاعات در مورد موقعیت و حرکت بخش‌های مختلف بدن را در ارتباط با دیگر بخش‌ها و همچنین محافظت سطحی را با استفاده از ورودی‌های پروپریوسپتو و پوست فراهم می‌کند.<sup>[۱۱]</sup> منبع اصلی این سیستم در حفظ و تنظیم کنترل وضعیت، آوران‌های حسی عمقی هستند که از اندام تحتانی به خصوص ساختارهای اطراف مچ پا سرچشمه می‌گیرند. هم‌زمان با افزایش سن و تضعیف طبیعی سیستم‌های مذکور و تشدید آسیب‌دیدگی آن‌ها در اثر ابتلا به DPN، عوارض این بیماری نیز افزایش می‌یابد؛ لذا این بیماران، احتمالاً با کاهش تعادل و افزایش خطر افتادن مواجه خواهند شد.<sup>[۱۱]</sup>

افتادن، با کاهش کیفیت زندگی، تکرر افتادن و مرگ‌ومیر ارتباط دارد و بار مالی سنگینی را بر سیستم بهداشتی تحمیل می‌کند.<sup>[۹]</sup> در افراد مسن مبتلا به دیابت نوع دو، افتادن بسیار شایع است و میزان شیوع سالانه آن در افراد بالای ۶۵ سال، ۳۹ درصد است؛ بنابراین تمرکز بر روش‌هایی جهت کاهش خطر افتادن افراد سالمند مبتلا به DPN، برای حفظ استقلال عملکردی آنها اهمیت زیادی دارد.<sup>[۹]</sup> دستورالعمل اولیه کنترل دیابت که توسط انجمن دیابت آمریکا تدوین شده بود، اجتناب از ورزش تحمل وزن در افراد مبتلا به دیابت و نوروپاتی محیطی دیابتی را به دلیل احتمال افزایش خطر زخم پا پیشنهاد می‌کرد. در سال ۲۰۱۰ دستورالعمل مذکور بازبینی شد و اکنون پیشنهاد می‌شود که افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی بدون وجود زخم پای حاد همراه با مراقبت جامع روزانه پا، ورزش‌های تحمل وزنی متوسط را انجام دهند. علاوه بر دقت در پیشگیری از عوارض پا، توجه به شدت تمرین نیز از اصول اولیه مورد توجه در تمرین افراد مبتلا به دیابت است، چرا که افزایش ناگهانی میزان ورزش برای افرادی که در گذشته بی‌تحرك بودند می‌تواند به آسیب‌های اضافه بار به ساختارهای اسکلتی-عضلانی نظیر استرین عضلانی منجر شود.<sup>[۹]</sup>

بر اساس مطالعات قبلی درباره روش‌های پیشگیری از افتادن، فعالیت ورزشی امیدوارکننده‌ترین رویکرد در درمان اختلال تعادل بیماران مبتلا به دیابت است.<sup>[۱۲]</sup> مطالعات گذشته فواید تمرینات ورزشی مختلف (قدرتی اندام تحتانی، تعادلی و تمرینات راه رفتن) را بر کاهش میزان افتادن بیماران دیابتی گزارش کرده‌اند.<sup>[۸]</sup> با این وجود، بررسی این مطالعات بیانگر وجود ضعف‌های متدولوژیکی عمده در آن‌ها است. عدم توجه به درجه شدت نوروپاتی، عدم دقت به معیارهای ورود، سطح آمادگی بدنی افراد، کنترل شدت تمرینات (برای جلوگیری از بیش‌تمرینی) و نبود پروتکل تمرینی جامع که تقویت سیستم‌های آسیب‌دیده (حسی، حرکتی و شناختی) این بیماران را هدف قرار دهد از جمله‌ی آنها است؛ لذا هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر یک پروتکل تمرین ترکیبی بر تعادل و احتمال افتادن زنان سالمند مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی بود.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر یک کارآزمایی بالینی از نوع کاربردی و روش آن نیمه‌تجربی بود که توسط کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی دانشگاه شهید بهشتی تهران با کد IR.SBU.ICBS.97/1011 تأیید شد. طرح تحقیق شامل پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری این پژوهش کلیه بیماران مراجعه‌کننده به انجمن دیابت قم بودند که پس از دریافت فراخوان دعوت به همکاری، برخی از بیماران جهت شرکت در پژوهش اعلام همکاری نمودند؛ لذا روش نمونه‌گیری به صورت در دسترس بود. در این مطالعه حداقل حجم نمونه با

<sup>1</sup> Diabetic Peripheral Neuropathy

استفاده از معادله برآورد حجم نمونه فلیس و با در نظر گرفتن توان آزمون  $0.8$  و  $\alpha=0.05$  و تغییرات میانگین  $5$  واحد در نظر گرفته شد. داوطلبان ابتدا توسط پزشک معاینه و در صورت دارا بودن شرایط و معیارهای ورود، به آنها مجوز شرکت در مطالعه داده شد. معیارهای ورود شامل نداشتن سابقه زخم پا، نشانه‌های عفونت، اختلالات نورولوژیک (به غیر از نوروپاتی دیابتی)، مشکلات ارتوپدی، جراحی اندام تحتانی یا بیماری قلبی-عروقی، داشتن قند خون کنترل شده (کمتر از  $250 \text{ mg/dl}$ ) شاخص توده بدنی بین  $30 \text{ kg/m}^2$  -  $22$ )، داشتن فشار خون مابین  $110/70 \text{ mmHg}$  تا  $140/90 \text{ mmHg}$ ، کسب نمره بیش از  $4$  در پرسش‌نامه میشیگان<sup>۱</sup>، نشان دادن نوروپاتی توسط تست بررسی سرعت هدایت عصب حسی و حرکتی سورال و پروتال، و نیز طبق معیارهای WHO، میزان تست هموگلوبین A1c برای گروه دیابتی قبل از ورود به مطالعه  $\geq 6/5\%$  و  $\text{HbA1c} \geq 5/6\%$  بود. میزان قند خون ناشتا (Fasting Plasma Glucose) برای گروه دیابتی قبل از ورود به مطالعه  $\geq 126$  میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و برای گروه سالم  $70 \leq \text{FPG} \leq 99$  بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل ابتلا به زخم پا، رتیئوپاتی، نفروپاتی، پرفشار یا کم‌فشار خونی، آرتروپاتی شارکوت و عدم تمایل بیماران به ادامه همکاری و شرکت نکردن منظم در برنامه بود. از بین افراد داوطلب، برای  $35$  نفر بیمار مبتلا به DPN پرونده پزشکی تشکیل شد. از بین آنها  $30$  نفر جهت انجام آزمایشات اولیه و ورود به مطالعه به کلینیک مراجعه کردند.  $7$  بیمار (آزمودنی) به علت عدم انطباق با معیارهای ورود از طرح خارج شدند. سرانجام  $23$  بیمار مبتلا به DPN باقی ماندند که در جلسات ارزیابی شرکت کردند. پس از گرفتن رضایت‌نامه کتبی از آزمودنی‌ها ابتدا در مرحله پیش‌آزمون، از تمام آزمودنی‌ها مقیاس کارآمدی بین‌المللی افتادن و ابزار تعادل برگ به ترتیب برای کمی کردن احتمال افتادن و میزان تعادل گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها به طور تصادفی در دو گروه مداخله ( $12$  نفر) و کنترل ( $11$  نفر) تقسیم شدند. در طول پژوهش،  $1$  نفر از گروه مداخله و  $1$  نفر از گروه کنترل به دلیل عدم همکاری مناسب از فرآیند مطالعه حذف شدند. گروه مداخله به مدت  $8$  هفته برنامه تمرین ترکیبی شامل قدرتی، انعطاف‌پذیری، عملکردی و مهارت‌های راه رفتن را به مدت  $40$  تا  $60$  دقیقه در هر جلسه و  $3$  بار در هفته انجام دادند. گروه کنترل نیز فعالیت عادی خود را طبق روال قبل ادامه دادند. ارزیابی نوروپاتی میشیگان: پرسش‌نامه میشیگان از دو بخش مصاحبه و معاینه بالینی تشکیل شده است. بخش مصاحبه از  $15$  سؤال تشکیل شده است که کسب امتیاز  $7$  و بالاتر نشان‌دهنده احتمال وجود نوروپاتی می‌باشد. قسمت معاینه نیز شامل  $4$  عامل شکل ظاهری پوست پا (از نظر خشکی، ترک و دفورمیتی)، رفلکس تاندون آشیل، وضعیت حس ارتعاش پا با استفاده از دیاپازون  $128$  هرتز در ناحیه انگشت بزرگ پا و معاینه حس پا با استفاده از مونوفیلament<sup>۲</sup>  $10$  گرمی بود. در این قسمت نیز امتیاز  $2$  و بالاتر به معنای وجود نوروپاتی محیطی بود. افرادی که در بخش مصاحبه امتیاز  $7$  و بالاتر و در معاینه بالینی نیز امتیاز  $2$  و بالاتر کسب نمودند، به عنوان افراد در معرض خطر زخم پای دیابتی گروه‌بندی شدند. لازم به ذکر است که روایی و پایایی این ابزار قبلاً مورد تأیید قرار گرفته بود.<sup>[۱۳]</sup> ابزار تعادل برگ<sup>۳</sup>: آزمون تعادلی برگ شامل  $14$  تکلیف می‌باشد و نمره کل آن  $56$  می‌باشد که عالی‌ترین سطح تعادل را نشان می‌دهد. هر معیار بر اساس مقیاس تریبی شامل  $5$  امتیاز در دامنه  $0$  تا  $4$  است. امتیاز صفر برای کمترین عملکرد و امتیاز  $5$  برای بالاترین سطح عملکرد به کار می‌رود. نمره  $20-0$  نشان‌دهنده تعادل کم و خطر افتادن زیاد، نمره  $40-21$  تعادل و خطر افتادن متوسط و نمره  $56-41$  بیانگر تعادل بالا و خطر کم افتادن است.<sup>[۱۴]</sup> مقیاس کارآمدی بین‌المللی افتادن: این مقیاس دارای  $16$  گویه است. گویه‌های این پرسش‌نامه دارای  $4$  گزینه «اصلاً نگران نیستم» تا «کاملاً نگرانم» می‌باشد (نمره  $1$  تا  $4$ ). کسب نمره بالاتر در این مقیاس به معنی داشتن ترس از افتادن بیشتر است. روایی و پایایی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون  $0.7$  و  $0.98$  برابر با ICC و بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که این پرسش‌نامه ابزاری روا و پایا برای جامعه ایرانی است.<sup>[۱۵]</sup> برنامه جلسات تمرینی از چهار بخش مجزا تشکیل شده بود که هر یک اهداف خاصی را داشتند. (۱) افزایش دامنه حرکتی پا و مچ پا، (۲) تقویت عضلات پا و مچ پا، (۳) تمرینات عملکردی پا و مچ پا و (۴) مهارت‌های راه رفتن و تمرینات رول اوور پا. هر جلسه تمرینی شامل تمرینات هر چهار بخش ذکر شده بود. برنامه تمرینی با توجه به محدودیت ناشی از درد یا کاهش در عملکرد، به صورت تدریجی از آسان به مشکل اجرا شد. به علاوه، در هر جلسه، تمرینات با تمرینات غیرفعال شروع شد و به سمت تمرینات فعال پیش رفت و با پیاده‌روی و مهارت‌های عملکردی به پایان رسید.

<sup>1</sup> Michigan Neuropathy Screening Instrument

<sup>2</sup> Monofilament

<sup>3</sup> Berg

بخش‌های تمرین		یکپارچگی حسی و حرکتی		
تمرین	تمرینات انعطافی	تمرینات قدرتی	تمرینات تعادلی	تمرینات راه رفتن
				۱. تمرینات راه رفتن بر روی پاشنه، جلوی پا و قسمت خارجی میانه پا ۲. راه رفتن تاندومی ۳. راه رفتن، کم کردن تماس پاشنه و جلوی پا در حین راه رفتن نرمال ۴. راه رفتن گرفتن کف زمین با انگشتان ۵. راه رفتن با رول اوور طبیعی پا تماس پاشنه، میانه پا، قسمت خارجی جلوی پا، قسمت میانی جلوی پا و تماس هالوکس
شرح	۱. تقویت غیرفعال فلکسورها و اکستنسورهای انگشتان و هالوکس ۲. خود کششی سه سر	۱. هالوکس و عضلات فلکسور انگشتان و عضلات داخلی پا ۲. هالوکس و عضلات اکستنسور انگشتان ۳. عضلات فلکسور، اکستنسور، اینورتور و اورتور پا و مجموعه مچ	۱. حمایت تک‌پا ۲. حمایت دو پا بر روی یک صفحه پلاستیکی پر از هوا	
اجرا	۱. طاق‌باز، زانوهای اکستند، مچ در حالت طبیعی. فلکشن و اکستنشن انگشتان و هالوکس به طور جداگانه ۲. ایستادن با قرار گرفتن اندام‌ها در یک خط با زانوی خم	۱. نشستن با کف پای صاف روی زمین، گرفتن یک شی با انگشتان و هالوکس ۲. نشستن با کف پای صاف، اکستنشن انگشتان و هالوکس. بدون اجازه دورسی فلکشن ۳. الف) طاق‌باز با اکستند کردن زانو، فلکشن، اینورشن و اورشن بر خلاف مقاومت یک باند کشی ۳. ب) ایستادن، فلکشن و اکستنشن هر دو مچ. حمایت اندام فوقانی	۱. ایستادن بدون حمایت اندام فوقانی ۲. تلاش برای ایستادن بدون حمایت اندام فوقانی	۱ و ۲ و ۴ و ۵. راه رفتن در خط مستقیم با سرعت خودانتخابی ۳. راه رفتن در خط مستقیم با سرعت خودانتخابی. دستورالعمل برای بیماران زمانی که پای شما روی زمین قرار می‌گیرد اختلال ایجاد نکنید و با سرعت خود انتخابی راه بروید.
حجم و مدت	۵×۳۰ ثانیه هر اندام	۱. ۳×۳۰ تکرار ۲. ۳×۳۰ تکرار ۳. الف. ۳×۱۵ تکرار ب. ۳×۱۵ تکرار	۱. ۵×۳۰ ثانیه هر سمت ۲. ۱×۲ دقیقه	راه رفتن ۶۰ متری برای هر تکلیف
پیشرفت تمرین	تا به دست آوردن دامنه حرکتی کامل	۱. افزایش سفتی جسم: کتان، اسفنج نرم، توپ پلاستیکی نرم، توپ پلاستیکی سخت و مداد ۲. بدون افزایش مقاومت خارجی ۳. الف) مقاومت پیشرونده تراباند قرمز (متوسط) و سیاه (سنگین) ۳. ب) حمایت دو پا در ابتدا پیشرفت به حمایت تک‌پا	۱. سطح پایدار، سطح ناپایدار (حوله چندلا) و چشمان بسته ۲. چشمان باز و چشمان بسته	تا انجام ۶۰ متری هر تکلیف
پارامترهای پیشرفت	بدون درد	۱. همیشه قبل از پیشرفت به شی سخت‌تر تعداد و دوره به صورت کامل انجام شود. ۲. تمرینات بدون درد و خستگی انجام شود. ۳. همیشه تلاش به انجام ۳ سری باشد، حتی اگر بیماران نتوانند به ۱۵ تکرار برسند.	حفظ وضعیت بدون حمایت اندام فوقانی	انجام تکلیف با هماهنگی مناسب و بدون درد و خستگی در صورت ضرورت بیمار می‌تواند تا زمانی که قادر به انجام ۶۰ متر باشد ادامه دهد.
مدت تقریبی	۲۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۷ دقیقه	۱۵ دقیقه

### یافته‌ها

نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌راهه، اختلاف معناداری بین متغیرهای دموگرافیک سن ( $F=0/947$ ,  $p=0/4$ )، قد ( $F=0/738$ ,  $p=0/49$ )، وزن ( $F=0/093$ ,  $p=0/91$ ) و شاخص توده بدنی دو گروه نشان نداد ( $F=0/724$ ,  $p=0/32$ ).

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های دموگرافیک شرکت کنندگان

متغیر	گروه کنترل (N=۱۱)	گروه مداخله (N=۱۲)	آزمون آنالیز واریانس یک طرفه
سن (سال)	۶۵/۶۰±۴/۵۹	۶۴/۰۰±۷/۳۲	F=۰/۹۴۷ P=۰/۴
قد (متر)	۱/۷۵±۳/۷۴	۱/۷۷±۵/۷۸	F=۰/۷۳۸ P=۰/۴۹
وزن (کیلوگرم)	۸۲/۸۰±۷/۹۴	۸۱/۴۲±۱۲/۰۲	F=۰/۰۹۳ P=۰/۹۱
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۶/۹۴±۲/۵۸	۲۵/۸۷±۲/۹۶	F=۰/۷۲۴ P=۰/۳۲

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری چندعاملی نشان داد اثر اصلی گروه در تعادل ( $p=۰/۰۰۲$ ) و افتادن ( $p=۰/۰۰۱$ ) معنادار می‌باشد. در واقع بین میزان تعادل و افتادن گروه تجربی و کنترل بعد از تمرین ترکیبی تفاوت معناداری وجود داشت. همچنین اثر تعاملی بین میزان تعادل ( $p=۰/۰۲۳$ ) و افتادن ( $p=۰/۰۰۱$ ) دو گروه با عامل زمان معنادار بود. یعنی بعد از کنترل اثر اندازه‌گیری قبل از شرایط آزمایشی، بین میزان تعادل و افتادن دو گروه تفاوت معنادار مشاهده شد. اثر اصلی زمان نیز معنادار بود، با این حال نمره تعادل و افتادن تنها در گروه تمرین اختلاف معناداری داشت، در حالی که در گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده نشد.

جدول ۳: آزمون اثرات بین و درون گروهی تأثیر تمرین ترکیبی بر تعادل و احتمال افتادن

متغیر	آزمون اثرات	منبع واریانس	میانگین مجذورات	F	Pvalue
تعادل	بین گروهی	گروه	۸۲/۱۸	۲۹/۲	۰/۰۰۲
		خطا	۲/۸	-	
درون گروهی	گروه	گروه	۲۷/۰۲۷	۰/۸۶	۰/۳۷۸
		زمان	۰/۷۴۵	۵/۷۷۴	۰/۰۴
		گروه*زمان	۰/۹۸۶	۷/۴۳	۰/۰۲۳
افتادن	بین گروهی	گروه	۱۴۵/۵	۳۳/۴	۰/۰۰۱
		خطا	۴/۳	-	
درون گروهی	گروه	گروه	۴/۶۰۴	۸/۴۵۸	۰/۰۱۷
		زمان	۲/۲۸۰	۲۸/۴۲۱	۰/۰۰۰
		گروه*زمان	۱/۹۰۵	۲۱/۹۷۷	۰/۰۰۱

## بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرین ترکیبی بر میزان تعادل و افتادن افراد سالمند مبتلا به DPN بود. نتایج این تحقیق نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی موجب بهبود تعادل و کاهش خطر افتادن در سالمندان مبتلا به DPN می‌شود. اگرچه چندین عامل در افتادن سهیم است، اما محققین ضعف تعادل را از جمله عوامل کلیدی دانسته‌اند و معتقدند تعادل، اساس حفظ استقلال در زندگی افراد سالمند مبتلا به DPN است.<sup>[۹]</sup> از طرفی دیگر، فعالیت ورزشی، امیدوارکننده‌ترین رویکرد در بهبود اختلال تعادل در بیماران مبتلا به دیابت می‌باشد<sup>[۸]</sup>؛ لذا محقق با در نظر گرفتن ابزاری که بتواند سیستم‌های تخریب‌شده در اثر این بیماری را به طور هم‌زمان درگیر کرده و باعث بهبود آن‌ها شود، در تحقیق حاضر از تمرین ترکیبی (قدرتی، انعطاف‌پذیری، تعادلی و راه رفتن) به منظور بهتر شدن تعادل استفاده نمود. در مطالعات پیشین، تأثیر تمرینات مختلف بر بهبود تعادل و کاهش میزان افتادن افراد مبتلا به DPN بررسی شده است. به طور کلی می‌توان تمرین‌های استفاده‌شده را در چند بخش مجزای تمرینات قدرتی، تعادلی و راه رفتن تقسیم کرد. بررسی این مطالعات تأثیر مثبت تمرینات ورزشی را در بهبود تعادل و کاهش افتادن تأیید کرده است.<sup>[۱۶]</sup>

از جمله عوارض مرتبط با دیابت، DPN است که خطر افتادن افراد را افزایش می‌دهد. این افزایش خطر، احتمالاً ناشی از مشکلات تعادلی نسبت داده شده به نوروپاتی و آتاکسی حسی باشد.<sup>[۱۷]</sup> تعادل مهارت پیچیده‌ای است که به یکپارچگی سیستم‌های شناختی، حسی و حرکتی نیاز دارد و تخریب در این سیستم‌ها در اثر افزایش سن و ابتلا به DPN می‌تواند توانایی حفظ تعادل را از بین ببرد و به افزایش افتادن و احتمال ایجاد زخم پا منجر شود.<sup>[۱۱]</sup> سه سیستم حسی (سوماتوسنسوری، بینایی و وستیبولار) در جمع‌آوری اطلاعات حسی مورد نیاز برای کنترل تعادل مشارکت می‌کنند. هیپرگلاسمی طولانی‌مدت می‌تواند به تخریب پیشرونده الیاف عصبی-حسی در سیستم



سوماتوسنسوری منجر شود.<sup>[۱۸]</sup> بزرگ‌ترین و پرسرعت‌ترین تارهای حسی انقباضی که تحت تاثیر نوروپاتی قرار می‌گیرند شامل اوران نوع Ia دوک عضلانی، اوران Ib اندام وتری گلژی و گیرنده‌های عمقی پوست هستند.<sup>[۱۹]</sup> مطالعات انجام‌شده گزارش کرده‌اند که حتی کاهش جزئی در عملکردهای سوماتوسنسوری، توانایی تشخیص تغییرات در تعادل و تنظیم مناسب برای جلوگیری از افتادن را کاهش می‌دهد و می‌تواند به اختلال تعادل<sup>[۱۹]</sup> و افزایش خطر افتادن<sup>[۱۸، ۱۷]</sup> در افراد مسن مبتلا به دیابت منجر شود. هیپرگلیسمی طولانی‌مدت بر سیستم گردش خون شبکه‌ی نیز تأثیر می‌گذارد و می‌تواند به رتینوپاتی منجر شود.<sup>[۲۰]</sup> علاوه بر این هیپرگلیسمی طولانی‌مدت می‌تواند به تغییرات ساختاری و عملکردی در سیستم وستیبولار منجر شده و باعث کاهش کیفیت و میزان دسترسی به اطلاعات وستیبولار برای حفظ وضعیت شود.<sup>[۲۱]</sup> بنابراین اختلالات حسی در یک یا بیش از یک سیستم حسی می‌تواند میزان اطلاعات حسی در دسترس سیستم عصبی را کاهش داده و موجب اختلال در حفظ تعادل و افزایش خطر افتادن در افراد مسن مبتلا به دیابت شود.<sup>[۱۹]</sup>

دیابت نوع دو ناشی از اختلالات قند خون بر عملکرد متابولیکی و مکانیکی عضله تأثیر می‌گذارد و برای تأمین انرژی به فسفوریلاسیون اکسیداتیو متکی می‌شود.<sup>[۲۲]</sup> به طور ویژه عوارض کاهش فسفوریلاسیون و انتقال گلوکز، همراه با افزایش متابولیسم اسید چرب می‌تواند باعث انباشت غیرطبیعی اسیدهای چرب آزاد و تری‌گلیسیرید در عضلات اسکلتی شود.<sup>[۲۳]</sup> اختلال بیشتر عملکرد متابولیکی عضله با کاهش پاسخ میتوکندری عضلات به انسولین مربوط است که ناشی از مقاومت انسولینی و کاهش استفاده از سوپسترا می‌باشد.<sup>[۲۴]</sup> در مجموع، این عوارض می‌تواند باعث کاهش قابل توجه قدرت عضلات (به دلیل ایجاد سارکوپنی و کاهش حجم عضله) و افزایش خطر افتادن در افراد مسن مبتلا به دیابت نوع دو شود. لازم به ذکر است که این آتروفی و کاهش حجم عضلانی از اندام دیستال و به خصوص پاها شروع شده و به اندام‌های پروگزیمال انتقال پیدا می‌کند؛ لذا در افراد مبتلا به DPN بیشتر ضعف در عضلات پا و زانو مشاهده می‌شود.<sup>[۱۹]</sup>

از آنجایی که راه رفتن جزء فعالیت‌های اساسی و پرکاربرد زندگی روزمره محسوب می‌شود و بیشتر افتادن‌ها در حین راه رفتن و جابه‌جایی صورت می‌گیرد، شناسایی تغییرات احتمالی ایجادشده در راه رفتن افراد مبتلا به DPN ضروری به نظر می‌رسد. بررسی مطالعات انجام‌شده، نشان‌دهنده برخی تغییرات ایجادشده در کینتیک، کینماتیک و فعالیت عضلانی اندام تحتانی افراد مبتلا به DPN در حین راه رفتن است. این افراد به دلیل عدم اطلاعات حسی، تمایل به راه رفتن با سرعت کمتری دارند و از آنجایی که رابطه‌ای منفی بین سرعت راه رفتن و هم‌انقباضی عضلانی (فعالیت هم‌زمان گروه‌های عضلانی آگونیست و آنتاگونیست) وجود دارد<sup>[۲۵]</sup>، شاهد هم‌انقباضی بالایی در این افراد خواهیم بود که ممکن است به طور ناخودآگاه هم‌انقباضی را برای استحکام مفاصل به منظور جبران اختلالات در کنترل پاسچرال و پردازش حسی به کار گیرند<sup>[۲۶]</sup>، اما هم‌انقباضی بیش از حد عواقب منفی متعددی نظیر افزایش نیروهای اطراف مفاصل و در نتیجه تخریب مفاصل و غضروفها<sup>[۲۸]</sup>، افزایش هزینه راه رفتن<sup>[۲۹]</sup>، افت عملکرد جسمانی و افتادن<sup>[۳۰]</sup> را به دنبال دارد. علاوه بر تغییرات اشاره‌شده، افراد مبتلا به DPN ترتیب فراخوانی و مدت زمان فعالیت عضلانی متفاوت، طول گام کوتاه‌تر و زمان حمایت دوگانه طولانی‌تری در طول سیکل راه رفتن دارند.<sup>[۳۱]</sup> این تغییرات ایجادشده آن‌ها را در معرض خطر افتادن قرار می‌دهد.

محقق با شناسایی و طبقه‌بندی دقیق عوامل به‌وجودآورنده و تشدیدکننده میزان افتادن در افراد مبتلا به DPN، سعی نمود پروتکل تمرینی ترکیبی را طراحی کند تا بتواند در حد امکان تعدیل‌هایی را در آن‌ها ایجاد کند. پروتکل تمرینی شامل تمرینات تعادلی، قدرتی، انعطاف‌پذیری و راه رفتن بود. این نوع از تمرینات منجر به افزایش تعادل و کاهش در نمرات مقیاس عملکردی افتادن شد. از جمله دلایل احتمالی آن می‌توان به افزایش قدرت عضلات پا در اثر تمرینات قدرتی، بازگرداندن دامنه حرکتی از دست رفته به مفاصل پا و مچ، اصلاح الگوی راه رفتن و بهبود تعادل در نتیجه تحریک مکانوروسپتورهای پا اشاره کرد. در تمرین تعادلی، انقباضات هم‌زمان عضلانی ایجادشده باعث می‌شود که مکانوروسپتورهای موجود در پوست مفصل و کپسول مفصلی بهتر و سازمان یافته‌تر عمل نمایند و در نتیجه ثبات بیشتری را برای فرد به وجود آورد.<sup>[۳۲]</sup> پروتکل تمرینی تحقیق حاضر موجب انقباض هم‌زمان عضلات اطراف مفاصل شده که خود در بهبود کنترل ثبات مفصل و حفظ پاسچر صاف دارای اهمیت زیادی است. برای کنترل عصبی-عضلانی بخش‌های مختلف بدن در داخل زنجیره حرکتی، وجود حس عمقی ضرورت دارد؛ از این رو در حین انجام فعالیت‌هایی که در آن تحمل وزن توسط اندام تحتانی مورد نیاز است، عضلات و مفاصل باید بتوانند به طور هم‌زمان و سینرژیک با یکدیگر کار کنند.<sup>[۳۲]</sup> بنابراین تمرین‌های عصبی-عضلانی با به‌کارگیری عضلات پا، مچ، زانو و ران، فشارها و نیروهای طبیعی بر تمام مفاصل داخل زنجیره حرکتی را اعمال نموده و به نظر می‌رسد که برای بهبود کارایی حس عمقی بسیار مفید باشد. از طرفی دیگر، فعالیت‌های عصبی-عضلانی با استفاده کاربردی از حرکات چندمفصلی و چندوجهی، فیدبک پرورپروسپتو ارسال از اجسام پاسینی، پایانه‌های رافینی، اجسام گلژی مازونی، ارگان‌های تاندونی گلژی را هماهنگ می‌سازد.<sup>[۳۳]</sup>

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به کم بودن حجم نمونه، عدم کنترل دقیق فعالیت بدنی روزانه آزمودنی‌ها و عدم امکان اجرای پژوهش بر روی افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی با سطوح مختلف نوروپاتی اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای مشابه با تعداد نمونه‌های بیشتر و بررسی دیگر فاکتورهای تأثیرگذار در میزان افتادن افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی انجام شود و مقایسه نتایج آن با پژوهش حاضر، می‌تواند برای مریبان و به ویژه درمانگران به عنوان یک توصیه کلینیکی و راهکار عملی در پیشگیری از افتادن و خطر زخم

پای دیابتی به کار رود. همچنین بهتر است مطالعه‌ای جهت تعیین یک نقطه کلینیکی در عوامل پیشگویی کننده خطر افتادن انجام شود تا با این روش بتوان افراد در معرض افتادن را شناسایی کرد.

### نتیجه‌گیری

انجام تمرین ترکیبی باعث بهبود تعادل و کاهش احتمال افتادن زنان سالمند مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی می‌شود؛ بنابراین در راستای بهبود تعادل و کاهش احتمال افتادن این بیماران مداخله درمانی مفیدی است.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل بخشی از رساله دکتری تخصصی در رشته بیومکانیک ورزشی، به راهنمایی آقایان دکتر علی عباسی و دکتر فرهاد طباطبایی قمشه می‌باشد. بدین‌وسیله از تمام افراد مورد مطالعه، آقای عابدی و سرکار خانم عنبری، مدیر کل محترم و مسئول محترم ورزش بانوان اداره ورزش و جوانان استان قم که در انجام این مطالعه کمال همکاری را با ما داشتند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌کنیم.

### منابع

1. Orlando G, Balducci S, Bazzucchi I, Pugliese G, Sacchetti M. Neuromuscular dysfunction in type 2 diabetes: Underlying mechanisms and effect of resistance training. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32(1):40–50.
2. Suda EY, Madeleine P, Hirata RP, Samani A, Kawamura TT, Sacco ICN. Reduced complexity of force and muscle activity during low level isometric contractions of the ankle in diabetic individuals. *Clin Biomech*. 2017;42:38–46.
3. BOULTON, J.M, Rayaz A, Joseph C JM. Diabetic Somatic Neuropathies. *Diabetes Care*. 2004;27(6):13–34.
4. Dingwell JB, Cusumano JP, Sternad D, Cavanagh PR. Slower speeds in patients with diabetic neuropathy. *J Biomech*. 2000;33:1269–77.
5. Grewal GS, Schwenk M, Lee-Eng J, Parvaneh S, Bharara M, Menzies RA, et al. Sensor-Based Interactive Balance Training with Visual Joint Movement Feedback for Improving Postural Stability in Diabetics with Peripheral Neuropathy: A Randomized Controlled Trial. *Gerontology*. 2015;61(6):567–74.
6. Maksimovic A, Hanewinkel R, Verlinden VJA, Ligthart S, Hofman A, Franco OH, et al. Gait characteristics in older adults with diabetes and impaired fasting glucose: The Rotterdam Study. *J Diabetes Complications*. 2016;30(1):61–6.
7. Cavanagh P., Derrb J., Ulbrecht J., Maserc R., Orchardd T. Problems with Gait and Posture in Neuropathic Patients with Insulin Dependent Diabetes Mellitus. *Diabet Med*. 1992;9(5):469–74.
8. Bijan Najafi, Naren Patel and DGA. Exercise Programs to Improve Quality of Life and Reduce Fall Risk in Diabetic Patients with Lower Extremity Extremity Disease. *Diabetes Exerc*. 2018;307–18.
9. Gu Y, Dennis SM. Are falls prevention programs effective at reducing the risk factors for falls in people with type-2 diabetes mellitus and peripheral neuropathy: A systematic review with narrative synthesis. *J Diabetes Complications*. 2017;31(2):504–16.
10. Ghanavati T, Shaterzadeh Yazdi MJ, Goharpey Sh AA. Functional Balance in Diabetic Neuropathy. *Iran J Endocrinol Metab*. 2009;11(1):1–9.
11. Hewston P, Deshpande N. Falls and Balance Impairments in Older Adults with Type 2 Diabetes: Thinking Beyond Diabetic Peripheral Neuropathy. *Can J Diabetes*. 2016;40(1):6–9.
12. Najafi B, Bharara M, Talal TK, Armstrong DG. Advances in balance assessment and balance training for diabetes. *Diabetes Manag*. 2012;2(4):293–308.
13. Moghtaderi A, Bakhshpour A, Rashidi H. Validation of Michigan neuropathy screening instrument for diabetic peripheral neuropathy. *Clin Neurol Neurosurg*. 2006;108(5):477–81.
14. Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(11):1073–80.
15. Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *Journals Gerontol*. 1990;45(6):239–43.
16. Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert C, Sigal RJ, Armstrong MJ, Colby P, Kenny GP PR. Physical Activity and Diabetes. *Can J Diabetes*. 2013;37(1):40–4.
17. Morrison S, Colberg SR, Parson HK, Vinik AI. Relation between risk of falling and postural sway complexity in diabetes. *Gait Posture*. 2012;35(4):662–8.
18. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(2):7–11.
19. Strotmeyer ES, Rekeire S, Schwartz A V., Faulkner KA, Resnick HE, Goodpaster BH, et al. The Relationship of Reduced Peripheral Nerve Function and Diabetes With Physical Performance in Older White and Black. *Diabetes Care*. 2008;31(9):1767–72.
20. Vaz MM, Costa GC, Reis JG, Junior WM, De Paula FJA, Abreu DC. Postural control and functional strength in patients with type 2 diabetes mellitus with and without peripheral neuropathy. *Arch Phys Med*



- Rehabil 2013;94(12):2465–70.
21. Kelly C, Fleischer A, Yalla S, Grewal GS, Albright R, Berns D, et al. Fear of falling is prevalent in older adults with diabetes mellitus but is unrelated to level of neuropathy. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013;103(6):480–8.
  22. Kashim RM, Newton P, Ojo O. Diabetic retinopathy screening: A systematic review on patients' non-attendance. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(1).
  23. Myers S, Ross M, Jokelainen P, Graham M, McClatchey K. Morphological evidence of vestibular pathology in long-term experiments diabetes mellitus. *Acta Otolaryngol.* 1985;100(5–6):351–64.
  24. Kelley DE, He J, Menshikova E V., Ritov VB. Dysfunction of mitochondria in human skeletal muscle in type 2 diabetes. *Diabetes.* 2002;51(10):2944–50.
  25. Sreekumar R, Nair KS. Skeletal muscle mitochondrial dysfunction & diabetes. 2007;(March):399–410.
  26. Hatef B, Ghanjal A, Meftahi GH, Askary-Ashtiani A. Isokinetic and Electromyographic Properties of Muscular Endurance in Short and Long-Term Type 2 Diabetes. *Glob J Health Sci.* 2015;8(8):210.
  27. Sacco ICN, Picon AP, Macedo DO, Butugan MK, Watari R, Sartor CD. Alterations in the Lower Limb Joint Moments Precede the Peripheral Neuropathy Diagnosis in Diabetes Patients. *Diabetes Technol Ther.* 2015;17(6):405–12.
  28. Griffin TM, Guilak F. The Role of Mechanical Loading in the Onset and Progression of Osteoarthritis. *Exerc Sport Sci Rev.* 2005;33(4):195–200.
  29. Peterson DS, Martin PE. Effects of age and walking speed on coactivation and cost of walking in healthy adults. *Gait Posture.* 2010;31(3):355–9.
  30. Hallal CZ, Marques NR, Spinoso DH, Vieira ER, Gonçalves M. Electromyographic patterns of lower limb muscles during apprehensive gait in younger and older female adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(5):1145–9.
  31. Fernando M, Crowther R, Lazzarini P, Sangla K, Cunningham M, Buttner P, et al. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: A systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clin Biomech.* 2013;28(8):831–45.
  32. Vahedi Namin S, Letafatkar A F V. Effects of balance training on postural control, gait, and function in those with chronic ankle instability. *Q J Hormozgan Univ Med Sci.* 2017;21(3):188–99.