Archive of SID

Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Effect of resistance training on posture control components in women with diabetic peripheral neuropathy

Nazanin Rezaei[1], Farhad Gholami[2*], Aynollah Naderi[1], Maryam Saeidi[2]

[1]Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[2]Department of Neurology, Faculty of Medicine, Shahrood University of Medical Sciences, Shahrood, Iran
*Corresponding author; E-mail: gholami-fa@Shahroodut.ac.ir

Received: 22 May 2019 Accepted: 14 Jul 2019 First Published online: 24 Feb 2021
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2021;42(6):764-772

Abstract

Background: Peripheral neuropathy is a common complication of diabetes which can lead to impaired postural control. The aim of the present study was to investigate the effect of 12-week resistance training on balance, risk of falling and distribution of foot pressure in diabetic women with peripheral neuropathy.

Methods: In a randomized clinical trial, 30 women with type 2 diabetes and diagnosed with peripheral neuropathy were randomly assigned into experimental (n=15) and control (n=15) groups. The experimental group underwent a circuit resistance training program with 50 of one-maximum repetition, 3 -sessions per week over 12 weeks. Before and following the experimental period static and dynamic balance, posture control and risk of falling were assessed.

Results: Static and dynamic balance indices improved following the exercise intervention (P=0.0001). Moreover, risk of falling index decreased in the experimental group compared to control condition (P=0.0001). However, foot pressure distribution was unchanged following exercise intervention (P>0.05).

Conclusion: Circuit training improved balance and risk of falling in diabetic patients with peripheral neuropathy. Therefore, they are suggested to include circuit training as a safe non-pharmacological intervention to improve balance and walking and to prevent falling.

Keywords: Diabetic Polyneuropathy, Strength Training, Balance, Falling

How to cite this article: Rezaei N, Gholami F, Naderi A, Saeidi M. [Effect of Resistance Training on Posture Control Components in Women with Diabetic Peripheral Neuropathy]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2021;42(6):764-772. Persian.

© 2021 The Authors. This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

تاثیر تمرین مقاومتی بر مولفه‌های کنترل پاسچر در زنان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابت نوع-۲

نازنین رضایی[۱]، فرهاد غلامی[۱*]، عین اله نادری[۱]، مریم سعیدی[۲]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
[۲] گروه بیماری‌های مغز و اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
[*] نویسنده مسؤول؛ ایمیل: gholami-fa@Shahroodut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۳ انتشار برخط: ۱۳۹۹/۱۲/۶
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛ ۴۲(۶):۷۶۴-۷۷۲

چکیده

زمینه: نوروپاتی محیطی از جمله عوارض شایع بیماری دیابت است که می‌تواند منجر به اختلال در شاخص‌های کنترل پاسچر شود. هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر دوازده هفته تمرین مقاومتی بر تعادل، احتمال سقوط و توزیع فشار کف پا در زنان دیابتی نوع ۲ مبتلا به نوروپاتی محیطی بود.

روش‌کار: در یک کارآزمایی بالینی ۳۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابت نوع ۲ پس از تایید وجود نوروپاتی دیابتی توسط پزشک متخصص به دو گروه تجربی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی در یک برنامه تمرینی مقاومتی دایره‌ای به مدت ۱۲ هفته، سه جلسه در هفته و با شدت ۶۰-۵۰٪ یک تکرار بیشینه شرکت کردند. تعادل دینامیک و استاتیک، کنترل پاسچر و احتمال سقوط قبل و بعد از مداخله ورزشی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری پارامتریک با سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: تعادل ایستا و پویا در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی‌داری بهبود یافت ($p=۰/۰۰۰۱$). همچنین، شاخص احتمال سقوط در گروه تجربی بعد از ۱۲هفته تمرین مقاومتی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p=۰/۰۰۰۱$). با این‌حال در شاخص توزیع فشار کف پا تغییر معنی‌داری پس از مداخله مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: تمرین دایره‌ای در بهبود تعادل و کاهش خطر سقوط افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی موثر بود. بنابراین، این نوع تمرینات به عنوان یک مداخله غیر دارویی ایمن و موثر جهت بهبود تعادل، راه رفتن و پیشگیری از سقوط و زمین خوردن در کنار سایر مداخلات درمانی برای این افراد توصیه شود.

کلید واژه‌ها: پلی‌نوروپاتی دیابتی، تمرین قدرتی، تعادل، سقوط

نحوه استناد به این مقاله: رضایی ن، غلامی ف، نادری ع ، سعیدی م. تاثیر تمرین مقاومتی بر مولفه‌های کنترل پاسچر در زنان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابت نوع-۲. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛ ۴۲(۶):۷۶۴-۷۷۲

حق تالیف برای مولفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نوروپاتی محیطی از جمله عوارض شایع دیابت است که با اختلال تعادل و افزایش خطر سقوط همراه است (۱). مطالعات نشان داده‌اند که احتمال سقوط در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی ۱۵ برابر بیشتر از افراد سالم و بیماران دیابتی بدون نوروپاتی است (۲). به صورتی که بین افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی بالای ۶۵ سال، زمین خوردن، ۷۱٪ از سوانح منجر به مرگ را تشکیل می‌دهد (۱). همچنین، میزان بستری این افراد در بیمارستان به دنبال آسیب‌های ناشی از سقوط تقریبا ۳ برابر بیشتر از گروه همسان است که می‌تواند موجب بی‌تحرکی، مراقبت‌های پرستاری در منزل و حتی مرگ شود(۱). نتایج سال‌ها تحقیق روی بیماران دیابتی نشان می‌دهد که عوارض ناشی از نوروپاتی دلیل اصلی اختلال تعادل و سقوط افراد مبتلا به دیابت است (۱). نوروپاتی منجر به تخریب تدریجی سیستم عصبی و ایجاد اختلال در سیستم حسی‌پیکری (Somatosensory) می‌شود (۲). اطلاعات سوماتوسنسوری، به همراه اطلاعات بینایی و وستیبولار (Vestibular)، نقش مهمی در حفظ تعادل دارند، به صورتی که تاخیر و یا فقدان اطلاعات سوماتوسنسوری رسیده از پوست، مفصل و گیرنده‌های عضلانی، دلیل بسیاری از اختلالات وضعیتی و زمین خوردن در افراد مبتلا به نوروپاتی حسی تحتانی است. همچنین از دیگر آسیب‌ها در این بیماران از دست دادن فیبرهای قطور میلینه و آورانهای حس عمقی است که منجر به از دست دادن حس لمس، فشار، ارتعاش و از دست دادن حس وضعیت مفصل می‌شود که در نتیجه باعث بی‌ثباتی پاسچرال در افراد نوروپاتیک مزمن و تولید آتاکسی (عدم تعادل، Ataxia) می‌شود (۳). به نظر می‌رسد کاهش ارسال پیام‌های حسی و فقدان فیدبک دقیق حس عمقی از اندام‌های تحتانی، منجر به کاهش دقت و کارایی راهبردهای واکنشی کنترل کننده تعادل می‌شود که ممکن است سبب به هم‌خوردن تعادل فرد شده، درصورت عدم توانایی او در بازیابی ثبات وضعیتی، منتهی به زمین خوردن بیمار می‌شود (۴). همچنین، از دیگر علل اختلال در تعادل و در پی آن افزایش خطر سقوط در این دسته از بیماران، کاهش قدرت عضلانی است. آتروفی عضلانی یکی از شاخصه‌های دیابت کنترل نشده است و در نتیجه افزایش تجزیه پروتئین و عدم توانایی عضله اسکلتی آسیب دیده برای ترمیم خود از طریق سنتز پروتئین ایجاد می‌شود. از بین رفتن عضله اسکلتی همراه با افزایش تجزیه پروتئین در مدل‌های آزمایشگاهی دیابتی نشان داده شده است (۵). در مطالعه‌اندرسون و همکاران (۶) روی ۲۳ بیمار دیابتی در دو گروه مبتلا به دیابت با و بدون نوروپاتی محیطی دیابت، نشان داده شد که حجم کلی عضلات پا در بیماران مبتلا به نوروپاتی دیابتی به نصف کاهش می‌یابد و آتروفی عضلات پا همبستگی قوی با سطح نوروپاتی دارد که نشان دهنده اختلال حرکتی است.

نکات کاربردی

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، تمرین مقاومتی را می‌توان بعنوان یک شیوه تمرینی موثر جهت بهبود مولفه‌های فعالیت روزانه از جمله تعادل و پیشگیری از خطر سقوط در بیماران دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی معرفی کرد.

بررسی‌های سیستماتیک حاکی از آن است که مداخلات ورزشی می‌توانند عملکرد فیزیکی، تعادل و خطر سقوط را در جمعیت‌های مختلف در معرض سقوط کاهش دهند (۷). برنامه-های تمرینی پیشگیری از سقوط به شکل‌های گوناگونی ارایه می‌شوند و مشخص شده است که برنامه‌های تمرینی قدرتی، کششی و تعادلی می‌توانند در کاهش سقوط موثر باشند (۸). تمرین مقاومتی شیوه‌ای از تمرینات ورزشی است که دارای پتانسیل بهبود قدرت، استقامت و انعطاف پذیری عضلانی است و می‌تواند در کاهش عوامل خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی موثر واقع شود (۹). تمرین مقاومتی می‌تواند حجم، قدرت و توان عضله را در افراد سالم و بیمار بهبود بخشد (۹). همچنین تمرین مقاومتی می‌تواند حساسیت به انسولین، مصرف روزانه انرژی و کیفیت زندگی را در بیماران دیابتی بهبود بخشد (۹). از لحاظ فیزیولوژیک علت اولیه افزایش قدرت در فاز ابتدایی تمرینات قدرتی، تطابق در دستگاه عصبی است که حاصل تطابق دستگاه عصبی از طریق تسهیل در فراخوانی واحدهای حرکتی تندانقباض و بزرگ، افزایش هماهنگی عضلات، اعمال استرس بر سیستم‌های عصبی‌عضلانی و فرآیند برداشتن مهار خود به خودی و عوامل روانی در اثر تمرین است (۱۰). در مجموع، این عوامل بر مولفه تعادل تاثیرگذار است و در این بین می‌توان افزایش دامنه حرکتی و قدرت عضلانی را در بهبود تعادل مهم دانست (۱۰). همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که تمرین مقاومتی باعث افزایش جریان خون به مغز و بنابراین کارایی بیشتر سلول‌های هرمی برای رساندن پیام به اندام‌ها و نیز کارایی بیشتر مخچه که نقش اصلی را در حفظ تعادل ایفا می‌کند، می‌شود (۷). بطور کلی، هرگونه راهکاری برای توسعه تعادل و راه رفتن می‌تواند نقش مهمی در ارتقا سطح زندگی اجتماعی و توسعه عملکرد روزمره این افراد داشته باشد. بنابراین، از یک سو با توجه به اختلال در عملکرد اعصاب حسی‌حرکتی محیطی و قدرت عضلانی در بیماران دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی که منجر به تضعیف تعادل و افزایش احتمال سقوط در زندگی روزمره می‌شود و از سوی دیگر با توجه به نقش تمرینات مقاومتی در بهبود فراخوانی واحدهای حرکتی، عملکرد عصبی و قدرت عضلانی، در پژوهش حاضر تاثیر دوازده هفته تمرین مقاومتی بر تعادل ایستا، پویا، احتمال سقوط و میزان توزیع فشار کف پا در زنان مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابت نوع ۲ بررسی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌کار

پژوهش حاضر یک کارآزمایی بالینی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است که با گروه‌های تجربی و کنترل در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. جامعه پژوهش حاضر بیماریان دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی در شهرستان شاهرود بودند و نمونه مورد نظر براساس معیارهای ورود به تحقیق از این جامعه انتخاب شد. مطالعه حاضر با رعایت مفاد کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی انجام گردید و مجوز اخلاق در پژوهش‌های انسانی با کد پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شاهرود با شناسه IR.SHMU.REC.1397.086 تایید شده است. در این تحقیق ابتدا ۴۰ بیمار دیابتی زن واجد شرایط ورود به تحقیق بصورت دردسترس و هدفمند انتخاب شدند (۱۱). از جمله شرایط ورود به تحقیق، تشخیص نوروپاتی محیطی دیابت، عدم وجود زخم پای دیابتیک و مشکلات ارتوپدیک، دامنه سنی ۴۰-۷۰ سال، سابقه ابتلا به دیابت بیشتر از ۵ سال، عدم فعالیت ورزشی منظم، عدم منع پزشکی از انجام فعالیت ورزشی، بود. معیارهای لازم برای تشخیص نوروپاتی دیابتی بر اساس غربالگری میشیگان پیشتر توضیح داده شده است (۱۱). همچنین سطح فعالیت بدنی آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه بین المللی فعالیت بدنی (IPAQ) تعیین شد. پس از انتخاب نمونه، آزمودنی‌ها براساس سطح نوروپاتی دیابتی (خفیف یا متوسط) که با استفاده از روش ارزیابی میشیگان تعیین شد به صورت تخصیص بلوکی در گروه‌های تجربی یا کنترل قرار گرفتند. ۵ نفر در هر گروه در طول دوره به دلایل شخصی، مهاجرت و تغییر برنامه کاری از مشارکت در ادامه تحقیق انصراف دادند و ۱۵ نفر در هر گروه به عنوان آزمودنی نهایی تجزیه و تحلیل شدند. در گروه تجربی ۵ نفر و در گروه کنترل ۷ نفر از آزمودنی‌ها یائسه بودند. در ابتدا، شرح کامل موضوع و اهداف پژوهش به آزمودنی‌ها داده شد و رضایت نامه فردی توسط آزمودنی‌ها تکمیل و امضا شد. به آزمودنی‌ها اطمینان داده شد که در هر مرحله از تحقیق بدون ارایه دلیل خاصی و در صورت تمایل قادر به انصراف از ادامه تحقیق هستند. قبل از شروع تمرینات، قد و وزن آزمودنی‌ها با قدسنج مکانیکی اولتراسونیک ساخت کشور کره اندازه‌گیری شد. پیامدهای اولیه این تحقیق مولفه های کنترل پاسچر بود. آزمون‌های تعادل ایستا، پویا و احتمال سقوط به ترتیب توسط آزمون شکنندگی و آسیب‌ها، مطالعات تعاونی تکنیک‌های مداخله-۴ (FICSIT-4 - Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Technique)، شاخص دینامیک راه رفتن (DGI - Dynamic Gait Index) و مقیاس بین المللی کارآمدی سقوط (FES-I - Fall Efficacy Scale International) ارزیابی شد. آزمون تعادل ایستا شامل ۴ مقیاس مرتبط با تعادل به نام‌های ایستادن موازی (چشم باز/ بسته)، نیمه تاندم (چشم باز/ بسته)، تاندم (چشم باز/ بسته) و تک پا بود (۱۲).

تمام ارزیابی‌ها به صورت پیوسته و بدون دستگاه‌های کمکی انجام شد. هرمرحله از تست به مدت ۱۰ ثانیه اجرا شد و در توالی اجرای تست‌ها در صورت عدم انجام هریک از آن‌ها، شرکت‌کننده مجاز به پیشرفت به آزمون بعدی نبود. تنها برای تست‌هایی که موفقیت آمیز بود نمرات ثبت گردید و هر تست بر اساس مقیاس ۰ تا ۴ امتیازدهی شد و نمره کل آزمون ۲۸ بود. نمره بیشتر به معنای توانایی بالقوه بالاتر است. پایایی آزمون برای FICSIT-4 معادل با r=۰/۶۶ گزارش شده است (۱۲). آزمون تعادل پویا با شاخص دینامیک راه رفتن (DGI) شامل ۸ آزمون بود؛ راه رفتن با سرعت معمولی، راه رفتن باسرعت‌های مختلف، راه رفتن در حین چرخش سر به صورت افقی و چرخش عمودی، چرخش محوری حین راه رفتن، راه رفتن از روی مانع و حول یک مانع و بالا رفتن از پله (۱۳). نمره DGI براساس مقیاس ۴ نقطه‌ای لیکرت از ۰ (اختلال شدید) تا ۳ (توانایی نرمال) با بهترین نمره عملکرد ۲۴ ارزیابی می‌شود. نمره کامپوزیت DGI پایین‌تر نشان‌دهنده اختلال تعادل دینامیک است (۱۴). مقیاس بین المللی کارآمدی سقوط (FES-I) یک مقیاس ۱۶ سوالی است که پرسش‌های ۱ تا ۱۰ گویه‌های کارآمدی افتادن اصلی هستند و ۶ گویه دیگر شامل راه رفتن روی سطح لغزنده، به دیدن دوستان و آشنایان رفتن، دسته جمعی به جایی رفتن، راه رفتن بر روی سطح ناهموار، بالا و پایین رفتن در سراشیبی و بیرون رفتن برای شرکت در مراسم است. هر گویه میزان ترس و نگرانی فرد از افتادن را در هنگام انجام دادن فعالیت بر اساس یک مقیاس ۴ امتیازی لیکرت اندازه‌گیری می‌کند. کسب نمره بالاتر در این مقیاس به معنی داشتن ترس بیشتر از افتادن است (۱۵). براساس نمرات FES-I، و یک مقیاس ۴ امتیازی (۱= در همه موارد نگران نیست، ۴= بسیار نگران کننده است) سالمندان به دسته‌های با نگرانی کم (۱۶-۱۹)، متوسط (۲۰-۲۷) و یا بالا (FES-I نمره ≤۲۸) برای سقوط تقسیم‌بندی می شوند (۱۵).

برای ارزیابی متغیرهای نوسان کنترل پاسچر از دستگاه اندازه‌گیری فشار کف پا فوت اسکن ساخت کمپانی زبریس کشور آلمان استفاده شد. این دستگاه دارای صفحه اندازه‌گیری با ابعاد ۳۴×۵۴ سانتی‌متر و دارای ۲۵۶۰ سنسور فعال با حساسیت بالا (۱ سنسور در هر سانتی‌متر مربع) است. از آزمودنی‌ها خواسته شد با پای برهنه به راحتی و در حالی که وزن-خود را به طور مساوی بین ۲ پا تقسیم کرده‌اند، روی صفحه اسکنر بایستند. پس از ۱۰ ثانیه ایستادن و نقش بستن کف پا روی صفحه اسکنر، اطلاعات برای شرکت کننده‌ها ثبت شد. خروجی این دستگاه اطلاعاتی را در رابطه با محدوده نوسان cop ,سرعت نوسان cop، میزان انحراف cop، نسبت به محورx و y فراهم می‌سازد که در تحقیق حاضر مشابه با مطالعات گذشته متغیرهای میزان انحراف COP در دو سطح قدامی خلفی و جانبی تجزیه و تحلیل شد(۱۶). ارزیابی‌ها پیش از شروع مداخله ورزشی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین از هر دو گروه به عمل

www.SID.ir

Archive of SID

آمد. در طول دوره مداخله، گروه تجربی تمرینات مقاومتی بصورت دایره‌ای انجام دادند. در ابتدا و انتهای تحقیق و شروع هر ماه یک تکرار بیشینه برای هر گروه عضلانی با اجرا کمتر از ۱۰ تکرار برای وزنه انتخاب شده و با جاگذاری در فرمول (۰/۰۲۷۸* تعداد تکرار) ۱/۰۲۷۸/ وزنه جابجا شده (kg) = یک تکرار بیشینه، به دست آمد و شدت تمرینات بر اساس درصدی از RM۱ تعیین شد. برنامه تمرینی شامل حرکات پرس سینه، اکستنشن زانو و فلکشن زانو، پرس شانه، پرس پا، جلو بازو، پشت بازو، درازونشست، بالا کشیدن ساق پا، فیله کمری و لت‌پول بود. در ابتدا میزان شدت ۵۰٪ یک تکرار بیشینه با ۱۰ تکرار در یک ست انجام شد، سپس افزایش اضافه بار از طریق افزایش تعداد تکرارها به ۲۰ و دورها به ۲ و شدت به ۶۰ اعمال شد. با توجه به عدم امکان مداخله در تغذیه آزمودنی‌ها در طول تحقیق، میزان کالری دریافتی آن‌ها با استفاده از ثبت سه روزه رژیم غذایی در هفته اول و هفته آخر قبل از اتمام دوره تحقیق محاسبه شد تا در صورت تفاوت در کالری دریافتی پیش و پس آزمون، این شاخص به عنوان متغیر کنترل در تحلیل‌های آماری لحاظ شود. همچنین داروی مصرفی آزمودنی‌ها در ابتدا و انتهای تحقیق بر اساس گزارش‌های فردی ثبت شد و با توجه به طول دوره تحقیق و ارتباط مستمر با پزشک متخصص، تغییری در داروهای مصرفی افراد در پس آزمون نسبت به پیش آزمون مشاهده نشد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند. در ابتدا، نحوه توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شپیروویلک و تجانس واریانس‌های با استفاده از آزمون لوین بررسی شد و با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها آزمون‌های آماری پارامتریک جهت آنالیز داده‌ها استفاده شد. آزمون‌های آماری t وابسته جهت مقایسه داده‌های پیش و پس‌آزمون، t مستقل جهت مقایسه داده‌های پیش‌آزمون و تحلیل واریانس مکرر جهت تحلیل اختلافات بین گروهی در طول مداخله در سطح معناداری p<۰/۰۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

توصیف مشخصات آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. در جدول ۲ نیز میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های تجربی و کنترل آمده است. مقایسه داده‌های پیش آزمون حاکی از عدم تفاوت بین گروهی در متغیرهای بررسی شده است (p>۰/۰۵). تعادل ایستا در گروه تجربی در مرحله پس آزمون نسبت به پیش آزمون ۲۸/۹۲ درصد بهبود یافت که این تغییرات از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل داشت (p=۰/۰۰۰۱) (جدول ۲). تعادل پویا نیز در گروه تجربی در مرحله پس آزمون نسبت به پیش آزمون ۵۶/۴۳ درصد بهبود یافت که این تغییرات نیز در مقایسه با گروه کنترل از لحاظ آماری معنی‌داری بود (p=۰/۰۰۰۱) (جدول ۲). نتایج بدست آمده در زمینه احتمال سقوط در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون، ۲۳/۲ درصد بهبود یافت که این تغییرات از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل داشت (p=۰/۰۰۰۱). همچنین، در گروه تجربی میانگین COP در سطح جانبی ۶/۷ درصد و در سطح قدامی‌خلفی ۱۰/۷ درصد نسبت به پیش آزمون بهبود یافت اما این تغییرات از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل نداشت (p<۰/۰۵).

بحث

بعد از دوازده هفته تمرینات مقاومتی میزان تعادل ایستا و پویا در زنان دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی به ترتیب ۲۸/۹۲ و ۵۶/۴۳ درصد افزایش و احتمال سقوط ۲۳/۲ درصد در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش پیدا کرد، در حالی‌که در گروه کنترل تغییرات معناداری نسبت به پیش‌آزمون مشاهده نشد. تغییرات معنی‌داری در شاخص کنترل پاسچر در هیچ کدام از گروه‌ها مشاهده نشد. نتایج مطالعه حاضر مبنی بر بهبود تعادل با یافته برخی از مطالعات پیشین همخوانی دارد (۱۷،۲). برای مثال، هدایتی و همکاران (۲) تاثیر هشت هفته تمرینات مقاومتی را بر تعادل و قدرت عضلات پا در زنان دیابتی دارای نوروپاتی محیطی بررسی کرده و گزارش دادند که بعد از دو ماه تمرین مقاومتی با تکرار ۳ جلسه در هفته و با شدت ۳۰-۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، تعادل و قدرت عضلانی آنها بهبود می‌یابد. همچنین در تحقیقی که موریسون و همکاران (۱۷) روی ۱۶ بیمار دیابتی نوع ۲ انجام دادند کاهش معناداری را در نوسانات وضعیتی، بهبود قدرت عضلات پا، زمان عکس‌العمل کوتاه‌تر و در نتیجه کاهش احتمال افتادن بعد از ۶ هفته تمرین گزارش کردند.

جدول ۱: شاخص‌های تن‌سنجی بیماران دیابتی نوروپاتی در گروه کنترل(۱۵نفر) و تجربی(۱۵ نفر)

شاخص‌ها	گروه کنترل (N=۱۵)	گروه تمرین (N=۱۵)
سن (سال)	۵۶/۵±۱/۱۸	۵۴/۶±۱/۳۸
قد (سانتی‌متر)	۱۷۴/۲±۴/۱۳	۱۷۵/۷±۲/۳۶
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۲/۵±۰۳/۵۷	۳۰/۲±۳۸/۸۶
درصد چربی (درصد چربی کل بدن)	۴۳/۶±۰۳/۳۸	۴۲/۵±۸۸/۷۱
وزن (کیلوگرم)	۷۸/۴±۲۴/۳۴	۷۲/۸±۵۳/۸۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: متغیرهای مرتبط با کنترل پاسچر در دو گروه قبل و بعد از مداخله

متغیرها	گروه ها	پیش آزمون	پس آزمون
تعادل ایستا	تجربی (۱۵ نفر)	۱۸/۴±۸۱/۲۶	*۲۴/۳±۲۵/۴۹
	کنترل (۱۵ نفر)	۱۸/۳±۴۲/۲۲	۱۷/۲±۰۷/۳۳
تعادل پویا	تجربی (۱۵نفر)	۱۳/۱±۰۶/۶۵	*۲۰/۲±۴۳/۸۲
	کنترل (۱۵ نفر)	۱۳/۴±۴۲/۲۳	۱۲/۵±۱۴/۶۴
مقیاس بین‌المللی سقوط	تجربی (۱۵ نفر)	۴۱/۷±۲۵/۰۱	*۳۱/۶±۶۸/۰۱
	کنترل (۱۵ نفر)	۴۰/۱±۵۷/۲۴	۴۱/۱±۹۲/۲۲
Cop در سطح قدامی‌خلفی	تجربی (۱۵ نفر)	۵/۲±۴۱/۷۷	۵/۱±۰۱/۹۱
	کنترل (۱۵ نفر)	۴/۲±۹۲/۱۱	۵/۲±۰۱/۱۸
Cop در سطح جانبی	تجربی (۱۵ نفر)	۵/۳±۱۱/۱	۴/۱±۵۷/۷۸
	کنترل (۱۵ نفر)	۴/۲±۴۹/۵۴	۵/۳±۱۱/۲۴

* علامت تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل

جدول ۳: لیست داروهای مصرفی توسط آزمودنی‌ها

داروی مصرفی	تجربی	کنترل
متفورمین	۱۵	۱۵
گلی‌کلازید	۱۳	۱۰
سولفونیل اوره	۱۰	۱۲
انسولین	۱۳	۱۱
داروهای ضدالتهاب و مسکن مانند استیل سالیسیلیک اسید	۳	۴
داروی کاهنده چربی مانند استاتین	۹	۱۰
پایین آورنده فشار خون مانند مهارکننده ACE	۱۲	۱۳
دیورتیک‌ها	۷	۹

از مهم‌ترین دلایل بهبود تعادل به دنبال تمرینات قدرتی، افزایش قدرت عضلانی به ویژه عضلات پایین تنه و مرکزی است. در مراحل ابتدایی تمرین، قدرت عضلانی از طریق فعال سازی دوک‌های عضلانی در پاسخ به نورون‌های آوران گاما، افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر در پاسخ به کاهش تکانه‌های بازدارنده، کاهش مهار خود به خودی، بالا رفتن آستانه تحریک اندام‌های وتری گلژی در نتیجه کاهش مهار عصبی، افزایش حساسیت پذیری دوک‌های عضلانی، بهبود کنترل عصبی و هماهنگی انقباضات عضلات همکار و مخالف افزایش می‌یابد (۲). همچنین، فعالیت ورزشی منظم موجب بهبود سطح قند خون، بهبود جریان خون اعصاب محیطی و عضلات و در نهایت تغذیه بهتر اعصاب می‌شود (۱۸). در نتیجه افزایش اطلاعات دریافتی از پاها منجر به کنترل دقیق‌تر وضعیت بدن و عملکرد صحیح اعصاب، بازخوردهای عصبی بهتر و بهبود تعادل و الگوی راه رفتن می‌شود (۱۹). این تغییرات بوجود آمده در اثر تمرینات مقاومتی می‌تواند با بهبود تعادل و الگوی راه رفتن، احتمال سقوط را نیز کاهش دهد. برای مثال، با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب وابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد. ناهماهنگی بین قدرت عضلات مچ پا که منجر به عدم تعادل بیومکانیکی در مچ پا می‌شود در اثر تمرینات مقاومتی بهبود پیدا کرده و این نوع تمرینات باعث برقراری توازن در بیومکانیک مچ پا می‌شود (۲۰). همچنین، بعد از تقویت ساختارهای عضلانی از طریق تمرینات مقاومتی، توانایی حس عمقی می‌تواند از طریق تحریک دوک عضلانی و اندام وتری گلژی بهبود یابد. دوک‌های عضلانی محرک را از نورون‌های آوران گامای استاتیک و دینامیک دریافت می‌کنند و ممکن است که تمرینات مقاومتی فعالیت آوران‌های گاما را افزایش دهد و باعث بهبود حس وضعیت مفصل شود (۲۱). بنابراین، بهبود تعادل و کاهش سقوط این افراد می‌تواند پیامد توسعه قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی عضلانی در اثر ورزش و نیز فرخوانی مناسب واحدهای حرکتی به دنبال تمرینات مقاومتی باشد.

با این حال، این یافته‌ها با نتایج برخی از مطالعات پیشین مغایرت دارد. کروز و همکاران (۲۲) در تحقیقی روی ۷۹ بیمار نوروپاتی محیطی دیابت، تاثیر پروتکل تمرینات تحمل وزن (پیاده-روی، تعادل، اندام تحتانی) به صورت ۲ جلسه در هفته به مدت ۲۰ دقیقه را بر تعادل، قدرت پا و راه رفتن بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که این تمرینات دارای کمترین تاثیر ممکن بر میزان تعادل بیماران بوده و افزایش میزان فشار در تمرین تاثیری بر تعادل ندارد. همچنین، برد و همکاران (۲۳) که تاثیر تمرین پیلاتس در

www.SID.ir

Archive of SID

تعادل و عملکرد سالمندان را بررسی کردند، به این نتیجه رسیدند که ۶ هفته تمرین پیلاتس بر تعادل استاتیک، تعادل دینامیک و قدرت عضلات پا در سالمندان تاثیری نداشته است.

از جمله دلایل مهم مغایرت این دو تحقیق، تفاوت در شیوه تمرینی اعمال شده است چرا که برخلاف تحقیق حاضر، کروز و همکاران تاثیر تمرینات تعادلی را بررسی کردند که این تمرینات اثر معناداری بر قدرت و پیرو آن، بر تعادل و راه رفتن نداشته است. همچنین، ویژگی آزمودنی‌ها نیز در مغایرت یافته قابل توجه است چرا که در تحقیق برد و همکاران نمونه‌ها افراد سالمند و سالم بودند. موریسون و همکاران (۱۷) نیز گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط (۴۵ دقیقه ۵۰ درصد HRP) و یا تمرین هوازی شدید (۳۰ دقیقه ۷۵ درصد HRP) شامل راه رفتن، دویدن روی تردمیل و دوچرخه به صورت سه جلسه در هفته باعث بهبود سرعت راه‌رفتن (۷/۴ ٪)، طول راه‌رفتن (۶/۴٪)، زمان واکنش (۷/۴٪) و تعادل (۳۶٪) شد؛ درحالی‌که، تاثیری بر کاهش امتیاز سقوط افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی نداشت. علت عدم تغییر در امتیاز سقوط چنین بیان شد که پیشرفت شاخص‌های عملکردی مانند راه‌رفتن مرتبط با بهبود در هماهنگی پاسچرال است در حالی که کاهش قدرت عضلانی به شدت با میزان سقوط و اختلال در تعادل همراه است. از آن‌جایی که پروتکل موجود در تحقیق تاثیری بر افزایش قدرت عضلانی افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابت نداشته است، کاهش میزان سقوط نیز در این گروه معنادار نبوده است (۲۴). لذا، ممکن است در این تحقیق رابطه‌ای بین عدم تغییر قدرت و سقوط وجود داشته باشد. بنابراین، توسعه قدرت عامل مهم و تعیین کننده در بهبود شاخص‌های وضعیتی و عملکردی در این بیماران خواهد بود.

با وجود تغییرات قابل ملاحظه مشاهده شده در شاخص‌های تعادل ایستا، پویا و میزان سقوط، تغییر معنی‌داری در شاخص نوسان مرکز فشار کف پایی (COP) به دنبال تمرینات مقاومتی مشاهده نشد. در گروه تجربی میانگین COP در سطح جانبی ۶/۷٪ و در سطح قدامی‌خلفی ۱۰/۷٪ نسبت به پیش آزمون بهبود یافت اما این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌داری نبود.

نوروپاتی محیطی ناشی از دیابت توزیع فشار کف پایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و تعادل توزیع فشار در کف پا در این افراد مختل می‌شود (۲۵). بهبود حس کف پا از تغییراتی است که در اثر برخی از انواع فعالیت ورزشی منظم گزارش شده است. در مطالعه ریچرسون (۲۶)، ۱۸ سالمند مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابتی از لحاظ توانایی حس کف پا و تعادل در دو گروه قرار داده شد و بعد از ۶ ماه تمرین تای‌چی مشاهده شد که توانایی حس کف پا و تعادل در تمامی افراد بهبود یافته است و بهبود تعادل به‌خصوص در افرادی که توانایی حس پایین‌تری داشتند بیشتر بوده است. این مطالعه تاثیر تمرینات تاچی را به‌عنوان روشی برای بهبود حس کف پایی و تعادل در افراد مبتلا به نوروپاتی محیطی دیابت نشان داد. همچنین، لی و همکاران (۲۷) در تحقیقی بر روی مربیان تای چی ماهر عنوان کردند که تمرینات تای‌چی باعث توزیع نرمال فشار کف پایی به سمت مرکز پا می شود. در تحقیقی در این زمینه، فخاری و همکاران (۸۲) گزارش کردند که تمرین هوازی به مدت هشت هفته ممکن است توزیع فشار کف پایی را در این بیماران تغییر دهد. در مقابل، در تحقیق حاضر تمرین مقاومتی تاثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت. با توجه به محدودیت تحقیق در این زمینه، مشخص کردن علت این یافته نیاز به بررسی‌های بیشتر در تحقیقات آتی دارد. بااین حال، کاهش بازخورد صحیح از حس عمقی و کاهش قدرت و توان عضلانی مچ پا، اختلال اطلاعات بصری، وستیبولار و مشکلات شناختی نیز در بی‌ثباتی پاسچر و افزایش نوسان پاسچر افراد دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی نقش دارند. برنامه تمرین قدرتی ارایه شده در مطالعه حاضر با وجود اینکه در بهبود تعادل عملکردی و شاخص سقوط تاثیر معنی‌داری داشته، قادر به تاثیرگذاری معنی‌دار بر نوسانات پاسچر این افراد نبوده است. در واقع، نوروپاتی دیابتی روی ورودی آوران‌های سوماتوسنسور که حس عمقی و لامسه هستند و خروجی حرکتی، یعنی زمان واکنش و قدرت عضلانی که به کنترل پاسچر کمک می‌کند، تاثیر می‌گذارد (۲۵). بهبود قدرت و حس عمقی در عضلات مچ پا از عوامل تعیین کننده و تاثیرگذار بر این متغیرها است. با توجه به اینکه این عضلات در این تحقیق بطور ویژه مورد هدف قرار نگرفتند، این احتمال می‌رود که تمرینات با هدف تقویت این عضلات تاثیرگذاری بیشتری بر توزیع فشار کف پا داشته باشد. در اثر اختلالات بوجود آمده در اعصاب تیبیال، سورال و پرونئال عمقی، گیرنده‌های مکانیکی کپسول و لیگامنت‌های مفصل مچ پا نیز دچار اختلال می‌شود که این تغییرات منجر به کاهش توانایی حس لامسه و عمقی و نیز استراتژی مچ پا در بیماران مبتلا به نوروپاتی محیطی می‌شود (۱۹). در مطالعه‌ای که سانتوس و همکاران (۲۹) روی ۱۳ زن مبتلا به نوروپاتی انجام دادند گزارش شد که ۱۲ هفته تمرینات ویژه حس عمقی باعث کاهش معنادار دامنه نوسانات مرکز فشار در جهت خلفی‌قدامی بعد از هفته ششم و دوازدهم تمرین شد اما تفاوت معناداری در دامنه نوسانات جانبی مشاهده نشد. لازم است جهت بهبود تحریک بیشتر حس عمقی و لامسه از تمرینات تخصصی مربوط به این ارگان‌ها نیز استفاده شود و استراتژی مچ پا (که توسط حس لامسه کف پا و حس عمقی فراهم شده توسط بخش‌های دیستال اندام‌های تحتانی تنظیم می‌شود) تقویت گردد، چرا که بهبود حس عمقی و استراتژی مچ پا نقش بسیار مهمی در کنترل نوسانات ظریف و کوتاه پاسچر دارد (۱۹). از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم استفاده از تمرینات تعادلی ویژه و تمرینات ویژه حس عمقی اشاره کرد که در صورت استفاده از این نوع تمرینات ممکن بود نتایج متفاوتی در زمینه نوسانات فشار پا حاصل شود. با این‌حال، با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

ماهیت تمرینات مقاومتی، استفاده از این نوع تمرینات در تحقیق حاضر امکان پذیر نبود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی منظم به صورت دایره‌ای به مدت ۱۲ هفته می‌تواند باعث تاثیرات مثبتی در بهبود شاخص‌های تعادل ایستا، پویا و کاهش خطر سقوط در افراد دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی شود. باتوجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، تمرین مقاومتی منظم ممکن است به عنوان یک مداخله غیر دارویی ایمن و موثر جهت بهبود تعادل، راه‌رفتن و پیشگیری از سقوط و زمین خوردن در کنار سایر مداخلات درمانی برای بیماران دیابتی مبتلا به نوروپاتی محیطی توصیه شود. با این حال، با توجه اینکه پژوهش حاضر از معدود تحقیقات ورزشی در این زمینه است، عوامل دخیل در این تاثیرات بطور کامل مشخص نیست و نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه است.

قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی است. از تمامی افرادی که ما را در پژوهش حاضر یاری کردند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی با شناسه IR.SHMU.REC.1397.086 تایید شده است.

منابع مالی

تمامی هزینه‌ها توسط محقق پرداخت شده و هیچ‌گونه منابع مالی ندارد.

منافع متقابل

مولفان اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و انتشار این مقاله ندارد.

مشارکت مؤلفان

ف غ، ن ر، طراحی، اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را بر عهده داشتند و مقاله را تالیف نمودند. ع ن و م س در جمع آوری و تحلیل داده‌ها مشارکت داشتند. نسخه نهایی مقاله توسط تمام نویسندگان مطالعه و تایید شده است.

References

1. Bonnet CT, Ray C. Peripheral neuropathy may not be the only fundamental reason explaining increased sway in diabetic individuals. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2011 Aug;26(7):699-706. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2011.03.004. Epub 2011 Mar 31. PMID: 21458121.
2. Hedayati A, Rashidlamir A, Hashemi Javaheri A, Ehsaei MR. The effect of eight weeks of resistance training on static and dynamic balance as well as power of the foot muscles in diabetic women with peripheral neuropathy. SSU_Journals. 2015 Dec 10;23(9):833-43. doi: 10.18502/ssu.v28i8.4455
3. Dickstein R, Shupert CL, Horak FB. Fingertip touch improves postural stability in patients with peripheral neuropathy. Gait Posture. 2001 Dec;14(3):238-47. doi: 10.1016/s0966-6362(01)00161-8. Erratum in: Gait Posture. 2003 Apr;17(2):189-92. PMID: 11600327.
4. Oppenheim U, Kohen-Raz R, Alex D, Kohen-Raz A, Azarya M. Postural characteristics of diabetic neuropathy. Diabetes Care. 1999 Feb;22(2):328-32. doi: 10.2337/diacare.22.2.328. PMID: 10333953.
5. Chen GQ, Mou CY, Yang YQ, Wang S, Zhao ZW. Exercise training has beneficial anti-atrophy effects by inhibiting oxidative stress-induced MuRF1 upregulation in rats with diabetes. Life Sci. 2011 Jul 4;89(1-2):44-9. doi: 10.1016/j.lfs.2011.04.018. Epub 2011 May 18. PMID: 21620866.
6. Andersen H, Gjerstad MD, Jakobsen J. Atrophy of foot muscles: a measure of diabetic neuropathy. Diabetes Care. 2004 Oct;27(10):2382-5. doi: 10.2337/diacare.27.10.2382. PMID: 15451904.
7. Low DC, Walsh GS, Arkesteijn M. Effectiveness of Exercise Interventions to Improve Postural Control in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analyses of Centre of Pressure Measurements. Sports Med. 2017 Jan;47(1):101-12. doi: 10.1007/s40279-016-0559-0. Erratum in: Sports Med. 2018 Jan;48(1):241. PMID: 27245061; PMCID: PMC5215248.
8. Jacobson BH, Thompson B, Wallace T, Brown L, Rial C. Independent static balance training contributes to increased stability and functional capacity in community-dwelling elderly people: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2011 Jun;25(6):549-56. doi: 10.1177/0269215510392390. Epub 2011 Mar 14. PMID: 21402649.
9. Dixit S, Asiri F. Pharmacological and nonpharmacological therapies in the management of diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes: A comprehensive review. Journal of Cardiovascular Disease Research.2014;5(4). doi: 10.5530/jcdr.2014.4.7
10. Bashiri J, Hadi H, Bashiri M, Rostamkhani H. Comparison effect of six week resistance-balance, velocitybalance and balance training on dynamic balance in active elderly males. J reaserch in rehabilitation sciences. 2009;4(5):104-15. [In Persian].

www.SID.ir

Archive of SID

11. Gholami F, Nikookheslat S, Salekzamani Y, Boule N, Jafari A. Effect of aerobic training on nerve conduction in men with type 2 diabetes and peripheral neuropathy: A randomized controlled trial. Neurophysiol Clin. 2018 Sep;48(4):195-202. doi: 10.1016/j.neucli.2018.03.001. Epub 2018 Mar 30. PMID: 29606547
12. Rossiter-Fornoff JE, Wolf SL, Wolfson LI, Buchner DM, Group F. A cross-sectional validation study of the FICSIT common data base static balance measures. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 1995;50(6):M291-M7. doi: 10.1093/gerona/50a.6.m291
13. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. Physical therapy. 2000;80(9):896-903. doi: 10.1093/ptj/80.9.896
14. Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, Liao S. The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. Physical therapy. 1997;77(1):46-57. doi: 10.1093/ptj/77.1.46
15. Delbaere K, Close JC, Mikolaizak AS, Sachdev PS, Brodaty H, et al. The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. Age and ageing. 2010;39(2):210-6. doi: 10.1093/ageing/afp225.
16. 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. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2013;94(12):2465-70. doi: 10.1016/j.apmr.2013.06 .007.
17. Morrison S, Colberg SR, Mariano M, Parson HK, Vinik AI. Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. Diabetes care. 2010;33(4):748-50. doi: 10.2337/dc09-1699
18. 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. Journal of diabetes and its complications. 2006;20(4):216-23. doi: 10.1016/j. jdiacomp.2005.07.005
19. El Bardawil MM, El Hamid MMA, El Sawy NAEH, Megallaa MHZ, El Emary W. Postural control and central motor pathway involvement in type 2 diabetes mellitus: dynamic posturographic and electrophysiologic studies. Alexandria Journal of Medicine. 2013;49(4):299-307. doi: 10.1016/j.aj me.2013.03.009
20. Docherty CL, Moore JH, Arnold BL. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. J Athl Train. 1998 Oct;33(4):310-4. PMID: 16558526; PMCID: PMC1320579.
21. Sekir U ,Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Aydin T. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2007;15(5):654-64. doi: 10.1007/s00167-006-0108-8
22. Kruse RL, LeMaster JW, Madsen RW. Fall and balance outcomes after an intervention to promote leg strength, balance, and walking in people with diabetic peripheral neuropathy: "feet first" randomized controlled trial. Physical Therapy. 2010;90(11):1568-79. doi: 10.2522/ptj.20090362
23. Bird M-L, Hill KD, Fell JW. A randomized controlled study investigating static and dynamic balance in older adults after training with Pilates. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2012;93(1):43-9. doi: 10.1016/j.apmr.2011.08.005
24. Morrison S, Colberg SR, Parson HK, Vinik AI. Exercise improves gait, reaction time and postural stability in older adults with type 2 diabetes and neuropathy. Journal of Diabetes and its Complications. 2014;28(5):715-22. doi: 10.1016/j.j diacomp.2014.04.007
25. Caselli A, Pham H, Giurini JM, Armstrong DG, Veves A. The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. Diabetes care. 2002;25(6):1066-71. doi: 10.2337/diacare.25.6.106 6
26. Richerson S, Rosendale K. Does Tai Chi improve plantar sensory ability? A pilot study. Diabetes technology & therapeutics. 2007;9(3):276-86. doi: 10.1089/dia.2006.0033
27. Li JX, Hong Y. Plantar pressure distribution during Tai Chi exercise. Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation. 2006;87(6):814-20. doi: 10.1016/j.apmr.2006.02.035.
28. Fakhari M, Khayambashi KH, *Lenjannezhadian* SH, Kachuei A. The effect of an 8-week aerobic exercise training program on the distribution patterns of foot plantar pressure in patients with diabetic. Journal of Research in Rehabilitation Sciences 2012;8(1):84-92. doi: 10.22122/jrrs.v8i1.269
29. Santos AA, Bertato FT, Montebelo MI, Guirro EC. Efeito do treinamento proprioceptivo em mulheres diabéticas. Brazilian Journal of Physical Therapy. 2008 Jun;12(3):183-7.

www.SID.ir