بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات هوازی بر الگوی توزیع فشار کف پایی بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتی

مریم فخاری*، خلیل خیام‌باشی[۱]، شهرام لنجان‌نژادیان[۲]، علی کچویی[۳]

چکیده

مقدمه: نوروپاتی حسی- حرکتی با تحت تأثیر قرار دادن اعصاب حسی و حرکتی منجر به کاهش حس عمقی، درک حرکت و موقعیت مفصل می‌شود. نتیجه آن تغییر الگوی راه رفتن از حالت طبیعی و تغییر مسیر مرکز فشار و اعمال فشار غیر طبیعی در نواحی متاتارسال می‌شود که در طی زمان احتمال بروز زخم پا را به همراه دارد. مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر تمرینات هوازی بر فشار کف پا در حین راه رفتن در بیماران نوروپاتی مبتلا به دیابت انجام شد.

مواد و روش‌ها: جامعه آماری شامل بیماران مبتلا به دیابت، مبتلا به عارضه نوروپاتی بودند که ۳۰ نفر از آن‌ها به عنوان نمونه آماری با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به طور داوطلبانه در دو گروه مساوی تمرین و شاهد قرار گرفتند که در پایان به ۱۲ نفر در هر گروه کاهش یافتند {گروه تمرین ۹/۰۷ ± ۵۵/۸۵ سال و BMI = ۲۹/۵۰ ± ۱۰/۰۹ kg/m^2 (Body mass index)، گروه شاهد ۵/۵۳ ± ۵۴/۶۶ سال و BMI = ۳۱/۵۵ ± ۴/۲۶ kg/m^2}. میزان حداکثر فشار کف پا در حین راه رفتن آزمودنی‌ها قبل و بعد از برنامه تمرینی با دستگاه Foot scan (RSscan) در ده ناحیه آناتومیکی اندازه‌گیری شد تا نواحی متأثر از تمرین به طور دقیق مشخص شود. گروه تمرین به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه و ۱ ساعت در هر جلسه به انجام ورزش هوازی (بدون کنترل شدت تمرین) پرداختند. گروه شاهد در این مدت به زندگی معمول خود ادامه دادند.

یافته‌ها: داده‌های فشار در پیش و پس آزمون با روش ANOVA با اندازه‌گیری‌های مکرر در نواحی ده‌گانه بررسی شد و نتایج نشان‌گر کاهش معنی‌دار فشار در نواحی متاتارسال و میان پا در گروه تمرین بود ($P \leq ۰/۰۵$). در حالی که در گروه شاهد هیچ تغییر معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که بیماران مبتلا به دیابت با انجام فعالیت‌های ورزشی می‌توانند صدمات ناشی از نوروپاتی مانند زخم پا را که به دلیل توزیع غیر طبیعی فشار به خصوص در ناحیه متاتارسال به وجود می‌آید، کاهش دهند.

کلید واژه‌ها: فشار کف پایی، تمرینات هوازی، نوروپاتی مبتلا به دیابت

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۳
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۲

مقدمه

دیابت یکی از شایع‌ترین علل ایجاد دردها و آسیب‌های پا است. یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در درد پای دیابتی، آسیب عصبی است که به آن نوروپاتی محیطی دیابت (DPN یا Diabetic peripheral neuropathy) گفته می‌شود. سه نوع نوروپاتی شامل نوروپاتی حسی، نوروپاتی حرکتی و نوروپاتی خودکار شناخته شده است. نوروپاتی حسی به صورت درد شدید یا بدون درد (کرختی) تظاهر می‌کند (۱). نوروپاتی حرکتی باعث

* دانشجوی کارشناسی ارشد تربیت بدنی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
Email: m.fakhari87@yahoo.com

۱- دانشیار، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استادیار، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- فوق تخصص غدد و متابولیسم، اصفهان، ایران

آتروفی عضلانی (۲)، ناهنجاری‌های انگشتان پا و در نهایت اختلال در تحمل وزن می‌شود. نوروپاتی خودکار به خشکی و ترک خوردگی پوست و اختلال در جریان خون پا منجر می‌گردد.

نوروپاتی با ایجاد اختلال حسی در پا و نقص در درک حس عمقی، موجب می‌شود وزن و بار اضافی و با الگوی غیر طبیعی به پاها تحمیل شود و زخم پا در مناطقی که نقطه دقیق انتقال فشار نامناسب هستند، ایجاد گردد (۳). زخم پا مشکلی شایع و دردناک در پای بیماران نوروپاتی دیابتی است. حدود ۱۵ درصد از بیماران مبتلا به دیابت در طول زندگی خود دچار زخم پا می‌شوند (۴). فشار کف پایی غیر طبیعی به عنوان عاملی مهم در بروز زخم پای دیابتی شناخته می‌شود (۵). افزایش فشار کف پا در حین راه رفتن با میزان شیوع زخم پای دیابتی مرتبط است و بین افزایش فشار کف پا و درجه شدت نوروپاتی همبستگی بالایی وجود دارد (۶). در بیماران مبتلا به دیابت فشار کف پایی در سر متاتارسال‌ها در ناحیه جلوی پا افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد و بیشترین شیوع بروز زخم پا نیز در همین ناحیه است (۷).

بنابراین کاهش فشار کف پا در ناحیه جلوی پا خطر پارگی بافت و ایجاد زخم را کاهش می‌دهد. با استفاده از روش‌های بیومکانیکی، استراتژی‌های مختلفی مثل گچ‌گیری، کفی طبی، کفش طبی برای کاهش حداکثر فشار کف پا در حین راه رفتن به کار گرفته شده است (۹، ۸). این وسایل برای جلوگیری از وارد شدن فشار بیش از اندازه به یک ناحیه و افزایش سطح تحمل کننده وزن به کار می‌روند. در بعضی از تحقیقات هم به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی در پیش‌روی نوروپاتی و کاهش فشار پرداخته شده است.

Balducci و همکاران برای اولین بار به بررسی تأثیر فعالیت‌های طولانی مدت بر شروع و پیش‌روی نوروپاتی دیابت پرداختند. گروه تمرینی به مدت ۴ سال، ۴ ساعت در هفته به پیاده‌روی سریع با شدت ۵۰ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره پرداختند. در نهایت، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تفاوت سرعت هدایت اعصاب حرکتی (NCV یا Nerve conduction velocity) بین گروه شاهد و گروه آزمون از لحاظ آماری معنی‌دار بود و درصد افرادی که مبتلا به نوروپاتی حسی و نوروپاتی حرکتی شدند، در گروه شاهد بیشتر از گروه آزمون بود. به علاوه، آستانه درک لرزش (VPT یا Vibration perception threshold) به طور معنی‌داری در گروه شاهد بالاتر بود. به طور کلی، این تحقیق اولین مطالعه‌ای بود که نشان داد تمرینات هوازی می‌تواند شروع نوروپاتی را به تأخیر اندازد یا سیر پیش‌روی آن را تعدیل کند (۱۰).

علاوه بر این، نوروپاتی ممکن است باعث کاهش دامنه حرکتی مفصل شود. چسبیدن مولکول‌های قند به رشته‌های کلاژن (Glycosylation) باعث سفت شدن کپسول و لیگامان‌های مفصلی و در نتیجه محدودیت حرکات مفصل می‌شود (۱۳-۱۱). کاهش دامنه حرکتی مفاصل پا و مچ پا الگوی راه رفتن را غیر طبیعی می‌کند و الگوهای شبیه راه رفتن کف پای صاف یا برخورد قسمت جلوی پا (Forefoot contact gait pattern) را به وجود می‌آورد. چنین الگوهایی با اتلاف انرژی، جنبش و تحرکی را که در مفاصل مچ و کف پایی در یک الگوی طبیعی راه رفتن به وجود می‌آید، کاهش می‌دهد.

علاوه بر این، کاهش دامنه دورسی فلکشن مفاصل کف پایی- بند انگشتی (MTP یا Metatarsophalangeal joint) پیش از مرحله سوینگ (Swing phase) (مرحله‌ای که پا در فضا است) باعث کاهش تعادل و فشار غیر طبیعی در جلوی پا می‌شود. اگر دامنه حرکتی دورسی فلکشن مفاصل کف پایی- بند انگشتی به اندازه کافی نباشد، بیمار طول گام را کوتاه‌تر می‌کند و انرژی بیشتری را برای بلند کردن پا به کار می‌برد، زیرا اهرم محکمی برای هل دادن و جلو بردن وجود ندارد. این الگو ریسک افتادن و آسیب را بالا می‌برد. علاوه بر کاهش تعادل، سفتی مفاصل پا منجر به افزایش فشار در وسط (Midfoot) و جلوی پا در حین راه رفتن می‌شود و احتمال زخم پا افزایش می‌یابد (۱۵، ۱۴).

Goldsmith و همکاران به بررسی تأثیر تمرینات دامنه حرکتی بر سفتی مفصل و فشار کف پایی پرداختند. بعد از یک ماه تمرین دامنه حرکتی، به طور متوسط ۴/۴ درصد از حداکثر فشار در هر مرحله از راه رفتن کم شد و اگر چه سفتی مفاصل کاهش یافت، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود (۱۶).

در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر تمرینات هوازی در کاهش فشار کف پایی و تغییرات الگوی فشار در نواحی مختلف پا به خصوص در ناحیه متاتارسال پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون با گروه شاهد بود و جامعه آماری آن را کلیه بیماران زن عضو انجمن خیریه دیابت اصفهان که با تشخیص پزشک متخصص، مبتلا به عارضه نوروپاتی محیطی دیابت (DPN) بودند، تشکیل می‌داد. از بین کلیه بیماران، آزمودنی‌های تحقیق مطابق معیارهای حذف و شمول انتخاب شدند. معیارهای شمول شامل جنسیت زن، وجود قطعی سندروم نوروپاتی محیطی دیابت و معیارهای حذف شامل زخم پا، سابقه شکستگی و دررفتگی پا، بیماری‌های مفصلی مثل آرتریت یا روماتیسم، مشکلات حاد تنفسی و قلبی، سابقه عمل جراحی در کمتر از یک سال اخیر و منع پزشک از ورزش بود.

به دلیل اینکه آزمودنی‌ها برای شرکت در تحقیق حق انتخاب داشتند، به طور داوطلبانه به دو گروه تمرین و شاهد تقسیم‌بندی شدند. در هر گروه ۱۵ نفر قرار گرفتند که در پایان دوره تمرینی به ۱۲ نفر در هر گروه کاهش یافتند. در جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی هر دو گروه آورده شده است. از کلیه داوطلبان حضور در طرح، رضایت‌نامه کتبی دریافت شد. پیش آزمون و پس آزمون هر دو در نوبت صبح در مؤسسه خیریه دیابت اصفهان، در محل حسینیه جوادالائمه (ع)، انجام شد. آزمون‌ها شامل اندازه‌گیری وزن، قد و ثبت میزان فشار کف پا

جدول ۱. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها

ویژگی‌های توصیفی	گروه تمرین	گروه شاهد
تعداد	۱۲	۱۲
سن (سال)	۵۵/۸۵ ± ۹/۰۷	۶۶/۵۴ ± ۵/۵۳
قد (cm)	۱۵۹/۳۶ ± ۳/۴۶	۱۵۲/۰۸ ± ۳/۰۱
وزن (kg)	۷۳/۳ ± ۷/۸۶	۷۱/۳۳ ± ۹/۰۹
BMI* (kg/cm^2)	۲۹/۵۰ ± ۱۰/۰۹	۳۱/۵۵ ± ۴/۲۶

* Body mass index

در حین راه رفتن با الگوی طبیعی بود.

اندازه‌گیری فشار کف پا

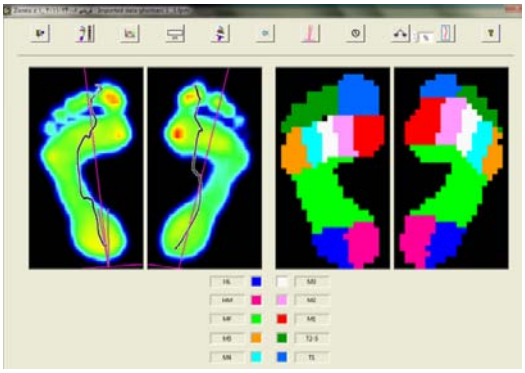
دستگاه Foot scan با مارک RSscan ساخت کشور بلژیک، یک صفحه شامل سنسورهای حساس به فشار است و با استفاده از نرم‌افزار Foot scan ۷ پارامترهای بیومکانیکی مثل نیرو، فشار، زمان برخورد، سطح تماس و ... را محاسبه می‌کند. صفحه اندازه‌گیری دارای ابعاد cm^2 ۴۰ × ۵۰، سطح فعال حس‌گری به مساحت cm^2 ۳۲ × ۴۸، تعداد ۴۰۹۶ حس‌گر و فرکانس نمونه‌گیری Hz ۱۶۵ بود. پیش آزمون و پس آزمون هر دو در نوبت صبح انجام شد.

پیش از تست‌گیری به بیماران توضیحات کامل در رابطه با روش آزمون داده شد و هر بیمار چندین مرتبه تا موقع آشنا شدن با روش کار و سازگاری با محل دستگاه، تست را به صورت آزمایشی انجام می‌داد. قابل ذکر است که صفحه دستگاه پوشیده نبود و محل قرارگیری آن مشخص بود. بعد از آموزش از هر بیمار، فقط یک مرتبه و در حالت پای برهنه تست گرفته شد. در موقع آزمون بیمار از فاصله ۲ تا ۳ متری نسبت به صفحه شروع به حرکت می‌کرد و فقط یک پا را روی صفحه قرار می‌داد.

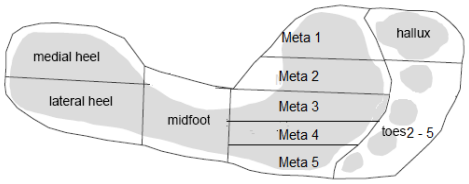
داده‌ها هم برای پای راست و هم برای پای چپ جمع‌آوری شد و محقق به دلخواه فقط از داده‌های پای چپ استفاده کرد. نرم‌افزار دستگاه به طور خودکار کف پا را به ده ناحیه آناتومیکی تقسیم می‌کرد که هم‌سانی این ناحیه‌ها توسط محقق بررسی و تأیید می‌شد. شکل ۱، نمایی از نرم‌افزار دستگاه با نمایش مقدار فشار در رنگ‌های مختلف و تقسیم‌بندی خودکار نواحی پا را نشان می‌دهد. نواحی ده‌گانه کف پا به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است.

برنامه تمرینی

بعد از پیش آزمون، گروه تجربی وارد برنامه تمرینی شد. برنامه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴۰ دقیقه فعالیت هوازی و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. گرم کردن شامل راه رفتن آرام همراه با کشش دست‌ها و پاها در زوایای مختلف، بالا آوردن زانو در جهت بالا، پهلو و پشت، کشش بدن رو به بالا و پهلو،



شکل ۱. نمایی از نرم‌افزار دستگاه



شکل ۲. نواحی ده‌گانه کف پا

راه رفتن روی انگشتان و پاشنه پا و در آخر ۳ تا ۵ دور راه رفتن سریع با حرکت دست‌ها در کنار بدن بود. برنامه اصلی، فعالیت هوازی با پروتکل ورزش ایروبیک شامل حرکات مارش کوتاه و بلند، مارش باز و جمع، استپ تاچ کنار، پهلو، پشت و بالا، زانو جلو و پهلو، دگاژه، تپ استپ، کیک پهلو و جلو با حرکات مختلف دست که هر حرکت ۸ تا ۱۰ بار تکرار می‌شد. بعد از پایان ۳۰ دقیقه برنامه اروبیک، استراحت فعال (راه رفتن نرم) برای کاهش شدت تمرین انجام می‌گرفت و فعالیت هوازی در حالت نشسته و خوابیده به پهلو و کمر شامل بلند کردن پا در هر ۳ حالت همراه با دست و بلند کردن تنه انجام می‌شد. ۱۰ دقیقه برنامه سرد کردن شامل کشش‌های ملایم دست، پا و کمر در حالت نشسته و چند نفس عمیق انجام می‌گرفت.

برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته در هر هفته ۳ جلسه به مدت ۱ ساعت انجام می‌گرفت. هدف محقق از عدم کنترل شدت تمرینات هوازی، عدم تحمیل شرایط سخت و ناخواسته به بیماران و بررسی تأثیر تمرینات در شرایط متناسب با توانایی‌ها و وضعیت سلامتی و بیماری افراد بود و بیماران حداکثر توانایی خود را به کار بستند. پس از اتمام ۸ هفته تمرین، پس آزمون به همان شیوه پیش آزمون برای هر دو گروه طی دو جلسه جداگانه انجام شد.

تحلیل آماری

جهت نشان دادن شاخص‌های گرایش مرکزی و شاخص‌های پراکندگی، از آمار توصیفی استفاده شد. برای نشان دادن تفاوت بین میانگین‌ها در پیش آزمون و پس آزمون در دو گروه تمرین و شاهد، از روش آماری ANOVA با اندازه‌گیری‌های مکرر به کمک نرم‌افزار $SPSS_{۱۶}$ استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون‌های آماری در سطح ۹۵ درصد ($P < ۰/۰۵$) تعریف شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار حداکثر فشار برای هر یک از قسمت‌های پا در جدول ۲ نشان داده شده است.

اگر اختلاف بین میانگین پس آزمون و پیش آزمون منفی باشد، نشان دهنده کاهش فشار است. با آزمون ANOVA میزان معنی‌داری این اختلاف مورد بررسی قرار گرفت، قبل و بعد از ۸ هفته، اختلاف میانگین حداکثر فشار در گروه شاهد تغییر معنی‌داری نداشت ($P < ۰/۰۵$). این بدان معنا است که میزان فشار در قبل و بعد از تمرین در گروه شاهد تغییر نکرده است. در گروه تمرین، با ANOVA اختلاف میانگین‌ها در تمام نواحی متاتارسال و میان پا از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). این بدان معنا است که میزان حداکثر فشار قبل و بعد از ۸ هفته تمرین، در این ۶ ناحیه کاهش معنی‌دار داشته است. ANOVA برای اندازه‌گیری‌های مکرر در نواحی مختلفی که در گروه شاهد و گروه تمرین اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، در جدول ۳ ارایه گردیده است. نواحی بروز اختلاف معنی‌دار نیز در شکل ۳ به صورت شماتیک نشان داده شده است.

بحث

هدف از این مطالعه ارزیابی تاثیر فعالیت بدنی هوازی بر تغییرات فشار کف پا در حین راه رفتن در بیماران مبتلا به

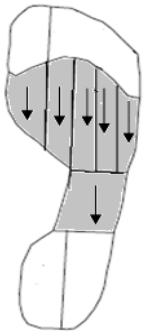
جدول ۲. میانگین ± انحراف معیار میزان حداکثر فشار کف پای آزمودنی‌ها ($KPa^{*}10^{-1}$ یا N/cm^2) در پیش و پس‌آزمون

ناحیه	شاهد		تمرین	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
شست پا	۶/۵۰ ± ۳/۰۴	۷/۷۵ ± ۴/۰۲	۹/۳۴ ± ۵/۴۶	۸/۴۶ ± ۲/۷۸
انگشت دوم تا پنجم	۴/۰۹ ± ۷/۲۱	۴/۷۳ ± ۶/۶۹	۳/۳۳ ± ۲/۵۸	۲/۴۹ ± ۱/۵۰
متاتارسال اول*	۶/۹۳ ± ۳/۴۰	۸/۱۲ ± ۴/۹۹	۹/۰۵ ± ۴/۱۵	۶/۴۲ ± ۳/۰۵
متاتارسال دوم*	۱۵/۱۹ ± ۴/۰۸	۱۶/۳۳ ± ۷/۳۷	۱۷/۹۵ ± ۴/۲۴	۱۴/۱۷ ± ۳/۰۰
متاتارسال سوم*	۱۷/۲۴ ± ۴/۶۸	۱۸/۲۴ ± ۷/۸	۲۱/۰۷ ± ۵/۳۴	۱۷/۱۸ ± ۲/۵۱
متاتارسال چهارم*	۲۲/۴۷ ± ۲۱/۷۲	۱۴/۱۰ ± ۷/۰۹	۱۸/۸۸ ± ۲/۹۹	۱۶/۶۸ ± ۴/۷۸
متاتارسال پنجم*	۷/۵۷ ± ۳/۷۹	۸/۴۴ ± ۳/۴۱	۹/۱۸ ± ۳/۴۹	۵/۹۰ ± ۲/۱۴
میان پا*	۶/۷۶ ± ۲/۰۵۶	۷/۲۴ ± ۲/۲۴	۶/۳۲ ± ۱/۶۰	۴/۹۶۶۷ ± ۰/۹۸
خارج پاشنه	۱۲/۹۱ ± ۲/۹۳	۲۲/۳۲ ± ۳۳/۵۹	۱۳/۲۸ ± ۲/۸۳	۱۱/۵۸ ± ۴/۱۹
داخل پاشنه	۱۰/۷۵ ± ۲/۳۲	۱۹/۷۵ ± ۳۳/۸۶	۱۱/۷۰ ± ۳/۱۳	۹/۸۸ ± ۳/۵۳
کل پا	۱۱/۰۱ ± ۹/۳۷	۱۰/۲۵ ± ۴/۶۲	۱۲/۰۱ ± ۶/۵۷	۹/۸۰ ± ۵/۶۴

* تفاوت میانگین میزان حداکثر فشار کف پا در سطح ۰/۰۵ در گروه تمرین معنی‌دار است.

جدول ۳. آزمون تأثیرات فشار درون گروه تمرین در نواحی معنی‌دار شده (Kpa × ۱۰-۱).

ناحیه	Mean post– Mean pre	df	F	P
متاتارسال اول	-۰/۸۷۵	۱	۱۵/۵۴۷	۰/۰۰۲
متاتارسال دوم	-۰/۸۴۱۶	۱	۲۱/۹۰۴	۰/۰۰۱
متاتارسال سوم	-۲/۶۲۵	۱	۸/۷۰۶	۰/۰۱۳
متاتارسال چهارم	-۳/۷۸۳۳	۱	۵/۰۳۰	۰/۰۴۶
متاتارسال پنجم	-۳/۸۹۱۷	۱	۱۳/۶۲۵	۰/۰۰۴
میان پا	-۲/۲	۱	۱۱/۲۵۰	۰/۰۰۶



شکل ۳. کاهش معنی‌دار حداکثر فشار در نواحی مشخص شده

نوروپاتی دیابتی بود. یافته‌های این تحقیق نشان دهنده کاهش معنی‌دار حداکثر فشار در نواحی در معرض خطر و با بیشترین شیوع ایجاد زخم در پای بیماران نوروپاتی دیابت و کاهش فشار در سر متاتارسال‌ها و میان پا بود. یافته‌های مطالعه حاضر با یافته‌های Goldsmith و همکاران هم‌خوانی دارد. آن‌ها به بررسی تأثیر تمرینات دامنه حرکتی بر فشار کف پایی و سفتی مفصل (Joint stiffness) پرداخت. در پژوهش ایشان ۱۹ بیمار مبتلا به دیابت به مدت یک ماه تمرینات دامنه حرکتی انجام دادند و نتایج نشان داد که تمرینات دامنه حرکتی موجب کاهش فشار کف پایی در پای دیابتی می‌شود و با این که از نظر تحرک مفصل تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد، اما تمایل به کاهش سفتی مفصل در گروه تجربی دیده شد (۱۶).

بر اساس مطالعه صفایی‌پور و همکاران، در پای سالم بیشترین فشار در حین راه رفتن به پاشنه وارد می‌شود و سپس متاتارسال دوم، سوم و شست پا بیشترین فشار را تحمل می‌کنند (۱۷)، اما بنا بر مجموعه تحقیقات انجام شده، ثابت شده است که در بیماران نوروپاتی در زیر سرمتاتارسال‌ها فشار کف پا افزایش می‌یابد و زخم پا به وجود می‌آید (۲۲-۱۸).

علت اصلی بروز نوروپاتی دیابتی، بالا بودن قند خون برای مدت طولانی است. یکی از مکانیسم‌های احتمالی این است که بر خلاف بیشتر سلول‌های بدن به خصوص

سلول‌های عضلانی که برای گرفتن گلوکز از خون نیاز به انسولین دارند، سلول‌های عصبی به انسولین احتیاج ندارند و گلوکز بدون واسطه وارد سلول‌های عصبی می‌شود و با افزایش قند خون (بیماری دیابت)، مقدار گلوکز در درون سلول‌های عصبی بیشتر از حد معمول می‌شود و در نهایت گلوکز شکسته و به سوربیتول (Sorbitol) یا قند الکلی تبدیل می‌شود. سوربیتول تولید شده به قند ۵ کربنی فروکتوز تبدیل می‌شود. بنابراین در بیماران مبتلا به دیابت نه تنها مقدار گلوکز در سلول‌های عصبی بیش از حد معمول است، بلکه مقدار سوربیتول و فروکتوز بالایی دارد و بالا بودن مجموعه این‌ها باعث آسیب به اعصاب می‌شود (۲۳).

بنابراین به نظر می‌رسد بهترین راه برای پیشگیری از نوروپاتی و کاهش عوارض آن، کنترل قند خون است. از آنجا که ورزش هوازی موجب کاهش قند خون، بهبود جریان خون و در نهایت تغذیه بهتر اعصاب می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش اطلاعات دریافتی از پاها منجر به کنترل دقیق‌تر پوسچر و الگوی گام‌برداری صحیح‌تر می‌شود و عملکرد صحیح اعصاب بازخوردهای عصبی بهتر و بیشتری را فراهم می‌کند که در نتیجه الگوی راه رفتن را بهبود می‌بخشد و توزیع فشار در کف پا به الگوی طبیعی نزدیک‌تر و فشار از نواحی حساس برداشته می‌شود.

Balducci و همکاران برای نخستین بار نشان دادند که تمرینات هوازی طولانی مدت، حتی با شدت پایین، از بروز و پیش‌روی نوروپاتی جلوگیری می‌کند و تأثیر مثبتی بر پارامترهای عصبی- عضلانی نوروپاتی حسی و حرکتی دارد (۱۰).

علاوه بر این، محققان به بررسی تأثیر انواع دیگر فعالیت‌های بدنی پرداختند و تأثیر مثبت آن بر نوروپاتی را گزارش کردند. در بررسی تأثیر تمرینات PNF (Proprioceptive neuromuscular facilitation) بر افزایش قدرت عضلات و بهبود حس عمقی، بعد از ۶ هفته تمرین درصد پلی نوروپاتی حسی- حرکتی کاهش و میانگین قدرت عضلات چهارسر و درشت نی قدامی به طور معنی‌داری بیشتر شد؛ اما تفاوت معنی‌داری در شاخص حس عمقی مشاهده نشد (۲۴).

Mokshagundam تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر بهبود علایم نوروپاتی و عوامل خطرساز بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ و نوروپاتی محیطی را گزارش کرده است (۲۵). همچنین Richerson و Rosendale ۱۸ سالمند مبتلا به نوروپاتی دیابتی را از لحاظ توانایی حس کف پا و تعادل در دو گروه قرار دادند و بعد از ۶ ماه تمرین Tai Chi، توانایی حس کف پا و تعادل در تمامی افراد بهبود یافت و بهبود تعادل به خصوص در افرادی که توانایی حسی پایین‌تری داشتند، بیشتر بود. این مطالعه، تأثیر تمرینات Tai Chi را به عنوان روشی برای بهبود حس کف پایی و تعادل ثابت کرد (۲۶).

بیماران مبتلا به دیابت در مقایسه با افراد غیر دیابتی آهسته‌تر قدم بر می‌دارند و گام‌های کوتاه با عرض زیاد و زمان مرحله ایستا و حمایت دوگانه طولانی‌تری دارند (۲۷). Allet و همکاران بعد از ۱۲ هفته برنامه تمرینی گزارش دادند که برنامه تمرینی باعث بهبود سرعت راه رفتن، تعادل، قدرت عضلات و تحرک مفصل در بیماران نوروپاتی دیابتی شده است که می‌توان گفت نتیجه آن کاهش فشارهای نامناسب و در نهایت کاهش خطر بروز زخم پا است (۲۸). نوروپاتی با تحت تأثیر قرار دادن اعصاب حسی آوران و وابران باعث کاهش حس عمقی و در نهایت کاهش تعادل و افزایش دامنه نوسانات مرکز فشار می‌شود (۳۰، ۲۹).

Santos و همکاران پس از ۱۲ هفته تمرینات حس عمقی مشاهده کردند که حس لامسه کف پا (Plantar tactile sensitivity) افزایش و دامنه نوسانات مرکز فشار در حالت ایستاده در نمای خلفی- قدامی در بیماران زن نوروپاتی دیابتی کاهش معنی‌دار داشت (۳۱). Stess و همکاران پس از ۳ هفته برنامه تمرینی متمرکز و ویژه، بهبود تعادل را در بیماران نوروپاتی مبتلا به دیابت گزارش کردند (۱۸). به نظر می‌رسد بیماران نوروپاتی که حس کف پا را از دست داده‌اند، باید از فعالیت‌هایی که منجر به تحمل وزن بدن روی پاها می‌شود، خودداری کنند. اما Lemaster و همکاران که به بررسی تأثیر تمرینات تحمل وزن شامل راه رفتن

و تمرینات تعادلی و قدرتی اندام پایینی در شیوع زخم پای دیابتی پرداختند، پس از ۱۲ ماه تمرین، تفاوت معنی‌داری در شیوع زخم پا در دو گروه تمرین و شاهد مشاهده نکردند (۳۲).

نتیجه‌گیری

از تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که با انجام فعالیت هوازی، فشار در مناطق پرخطر کاهش می‌یابد و در نهایت این گونه فعالیت‌ها از عارضه جبران ناپذیری همچون زخم پا و مشکلات ناشی از آن پیش‌گیری می‌نماید.

تشکر و قدردانی

از اعضای هیأت مدیره مؤسسه خیریه دیابت اصفهان واقع در حسینیه جوادالائمه (ع) که در طول انجام تحقیق به یاری پژوهشگران اهتمام ورزیدند، کمال تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References

1. Tanenberg RJ. Diabetic Peripheral Neuropathy: Painful or Painless. Hospital Physician 2009; 1-8.
2. Newton V, McIntosh C. Neuropathy: Gait Changes In the Diabetic Foot. Wound Essentials 2008; 3(152): 155.
3. Kahn CR, Joslin EP, Weir GC. Joslin's Diabetes Mellitus. 13th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 1994.
4. Jahandideh H. Treatment of diabetic foot complications. Novin magazine 2012; 14(524). [In Persian].
5. Afiq Rahman M, Aziz Z, Acharya UR, Peck Ha T, Kannathal N, Ng EYK, et al. Analysis of plantarpressure in diabetictype2 subjects with and without neuropathy. ITBM-RBM 2006; 27(2): 46-55.
6. Hohne A, Stark C, Bruggemann GP. Plantar pressure distribution in gait is not affected by targeted reduced plantar cutaneous sensation. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009; 24(3): 308-13.
7. Mueller MJ, Zou D, Bohnert KL, Tuttle LJ, Sinacore DR. Plantar stresses on the neuropathic foot during barefoot walking. Phys Ther 2008; 88(11): 1375-84.
8. Kwon OY, Mueller MJ. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in people with diabetic neuropathies. Phys Ther 2001; 81(2): 828-35.
9. Bus SA, Valk GD, van Deursen RW, Armstrong DG, Caravaggi C, Hlavacek P, et al. The effectiveness of footwear and offloading interventions to prevent and heal foot ulcers and reduce plantar pressure in diabetes: a systematic review. Diabetes Metab Res Rev 2008; 24 Suppl 1: S162-S180.
10. Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di BN, Calandriello E, Leonetti F, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. J Diabetes Complications 2006; 20(4): 216-23.
11. Larijani B, Forozande F. Diabetic foot disorders. Iranian Journal of Diabetes and Lipid 2003; 2(2): 93-103. [In persian].
12. Zimny S, Schatz H, Pfohl M. The role of limited joint mobility in diabetic patients with an at-risk foot. Diabetes Care 2004; 27(4): 942-6.
13. Fernando DJ, Masson EA, Veves A, Boulton AJ. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. Diabetes Care 1991; 14(1): 8-11.
14. Sacco IC, Hamamoto AN, Gomes AA, Onodera AN, Hirata RP, Hennig EM. Role of ankle mobility in foot rollover during gait in individuals with diabetic neuropathy. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009; 24(8): 687-92.
15. Fernando DJ, Masson EA, Veves A, Boulton AJ. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. Diabetes Care 1991; 14(1): 8-11.
16. Goldsmith JR, Lidtke RH, Shott S. The effects of range-of-motion therapy on the plantar pressures of patients with diabetes mellitus. J Am Podiatr Med Assoc 2002; 92(9): 483-90.
17. Safaeepour Z, Ebrahimi I, Saeedi H, Kamali M. Investigation of dynamic plantar pressure distribution in healthy adults during standing and walking. J Rehab 2009; 10(2): 8-15. [In persian].
18. Stess RM, Jensen SR, Mirmiran R. The role of dynamic plantar pressures in diabetic foot ulcers. Diabetes Care 1997; 20(5): 855-8.
19. Bus SA, Maas M, de LA, Michels RP, Levi M. Elevated plantar pressures in neuropathic diabetic patients with claw/hammer toe deformity. J Biomech 2005; 38(9): 1918-25.
20. 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.

21. Taylor AJ, Menz HB, Keenan AM. Effects of experimentally induced plantar insensitivity on forces and pressures under the foot during normal walking. Gait Posture 2004; 20(3): 232-7.
22. Xiao HS, Yan L, Chen LH, Yang C, Zhang SL, Wang YH, et al. [Study of foot plantar pressure in Chinese diabetic patients]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi 2007; 87(26): 1825-7.
23. Neurological complications of diabetes. Diabetes 2005; 2(4-5): 84-7.
24. Kumar P. Efficacy of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation in improving sensori-motor function in patients with Diabetic Neuropathic Lower Limb. The oxford college of physiotherapy banglore, Karnataka, India 2005.
25. Mokshagundam SP. Resistance Training For Neuropathy. Neurology reviews 2004; 12(10).
26. Richerson S, Rosendale K. Does Tai Chi improve plantar sensory ability? A pilot study. Diabetes Technol Ther 2007; 9(3): 276-86.
27. Brach JS, Talkowski JB, Strotmeyer ES, Newman AB. Diabetes mellitus and gait dysfunction: possible explanatory factors. Phys Ther 2008; 88(11): 1365-74.
28. Allet L, Armand S, De Bie RA, Golay A, Monnin D, Aminian K, et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. Diabetologia 2010; 53(3): 458-66.
29. Yamamoto R, Kinoshita T, Momoki T, Arai T, Okamura A, Hirao K, et al. Postural sway and diabetic peripheral neuropathy. Diabetes Res Clin Pract 2001; 52(3): 213-21.
30. Turcot K, Allet L, Golay A, Hoffmeyer P, Armand S. Investigation of standing balance in diabetic patients with and without peripheral neuropathy using accelerometers. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009; 24(9): 716-21.
31. Santos AA, Bertato FT, Montebelo MIL, Guirro ECO. Effect of proprioceptive training among diabetic women. Revista Brasileira de Fisioterapia 2008; 12(3): 183-7.
32. Lemaster JW, Mueller MJ, Reiber GE, Mehr DR, Madsen RW, Conn VS. Effect of weight-bearing activity on foot ulcer incidence in people with diabetic peripheral neuropathy: feet first randomized controlled trial. Phys Ther 2008; 88(11): 1385-98.

The effect of an 8-week aerobic exercise training program on the distribution patterns of foot plantar pressure in patients with diabetic peripheral neuropathy

Maryam Fakhari[*], *Khalil Khayambashi*[1], *Shahram Lenjannejadian*[2], *Ali Kachuei*[3]

Received date: 14/11/2011
Accept date: 10/04/2012

Abstract

Introduction: Decreased sense of joint movement and position (i.e., proprioceptive sense) due to peripheral neuropathy can cause such deficits as changed gait, modified foot plantar pressure distribution and, as a consequence of these processes, increased pressure beneath metatarsal bones. By the time, extra pressure may increase the risk of plantar ulcer. The aim of present study was to assess the effect of an 8-week aerobic exercise training program on foot plantar pressure distribution during gait in patients with diabetic peripheral neuropathy.

Materials and Methods: 30 patients with diabetic peripheral neuropathy participated in this study. Subjects were divided into experimental {mean age: 55.85 ± 9.07 years; mean BMI (Body mass index): 29.50 ± 10.09 kg/m^2} and control (mean age: 54.66 ± 5.53 years; mean BMI: 31.55 ± 4.26 kg/m^2) groups. To measure maximum foot plantar pressure during gait, foot scan (RSscan) was carried out for 10 anatomical references points of foot prior to and after implementing the intervention program. Experimental group was provided with three one-hour aerobic exercise sessions a week for 8 weeks. Control group did not participate in any exercise program. Obtained data was statistically analyzed via ANOVA with repeated measures.

Results: Comparing pre- and post-test results, pressure differences were significant in the experimental group ($P \leq 0.05$) while no such difference was found in the control group.

Conclusion: Based on the study results, aerobic exercise can decrease foot plantar pressure in patients with diabetic peripheral neuropathy and may decrease the risk of developing plantar ulcer due to the abnormal distribution of pressure in metatarsal area.

Keywords: Plantar pressure, Aerobic exercise, Neuropathy

* MSc Student in Physical Education, Students Research Committee, School of Physical Education and Sports Sciences, Isfahan University, Isfahan, Iran Email: m.fakhari87@yahoo.com
1. Associate Professor, School of Physical Education and Sports Sciences, Isfahan University, Isfahan, Iran
2. Assistant Professor, School of Physical Education and Sports Sciences, Isfahan University, Isfahan, Iran
3. Specialty of Endocrinology and Metabolism, Isfahan, Iran