

Research Paper

Effect of Aerobic Training on the Relationship Between Loading Rate and Quadriceps Muscle Activities in Men With Diabetic Neuropathy: A Clinical Trial



*AmirAli Jafarnejadgero¹, Elahe Mamashli¹, Ebrahim Noorian²

1. Department of Sports Management and Biomechanics, Faculty of Education Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, Ardabili Branch, Payam Noor University, Ardabili, Iran.



Citation Jafarnejadgero AA, Mamashli E, Noorian E. [Effect of Aerobic Training on the Relationship Between Loading Rate and Quadriceps Muscle Activities in Men With Diabetic Neuropathy: A Clinical Trial (Persian)]. J Rehab Med. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(3):460-471. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.5>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.5>



ABSTRACT

Background and Aims The increase in loading rate is associated with lower limb injuries such as tibial stress fracture. Quadriceps muscle activities absorb ground reaction force (GRF) shocks by eccentric activation. This study aims to evaluate the effect of aerobic training on the relationship between loading rate and quadriceps muscle activities in men with diabetic neuropathy (DN).

Methods In this double-blinded, randomized, controlled clinical trial, participants were 40 men with DN who were selected by a convenience sampling method and randomly divided into two groups of training (n=20, age: 54.9±7.3, body mass index: 28.4±5.4) and control (n=20; age: 54.1±7.3, body mass index: 28.5±5.1). The GRF data was recorded using a force plate system during walking. The electrical activity of selected lower limb muscles was recorded using electromyography method. The training group performed aerobic training for 12 weeks (three sessions per week).

Results The results showed an increase in the negative relationship between vertical loading rate and vastus lateralis activities after training (P=0.028). The activities of vastus medialis and rectus femoris muscles showed no significant relationship with loading rate after training (P>0.05).

Conclusion Aerobic training can improve the relationship between vastus lateralis muscle activity and vertical loading rate in men with DN.

Keywords Electromyography, Diabetic neuropathy, Ground reaction force, Gait

Received: 06 Jun 2021

Accepted: 03 Jul 2021

Available Online: 23 Jul 2023

* **Corresponding Author:**

AmirAli Jafarnejadgero

Address: Department of Sports Management and Biomechanics, Faculty of Education Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Tel: +98 (45) 31505253

E-Mail: amiralijafarnejad@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

In more than 50% of patients with diabetic neuropathy (DN) irreparable nerve damage occurs before diagnosis. Due to the rather high DN prevalence rates, rehabilitation programs are needed to effectively treat the DN. However, less is known about the underlying physiological and biomechanical mechanisms responsible for the observed exercise-induced adaptations in DN patients. Ground reaction forces (GRFs) during activities such as walking and running can lead to lower limb injuries such as tibial stress fracture. Quadriceps muscles absorb the shocks of ground reaction forces by eccentric activation. This study aims to evaluate the effect of aerobic training on relationship between loading rate and quadriceps muscle activities in men with DN.

Materials and Methods

In this double-blinded, randomized, controlled clinical trial, participants were 40 men with DN (20 in the training group: age= 54.9±7.3 years, body mass index= 28.4±5.4 kg/m²; and 20 in the control group: age= 54.1±7.3 years, body mass index= 28.5±5.1 kg/m²), who were selected by a convenience sampling method. All participants provided their written informed consent prior to the study. Average score of 6 in the Michigan test was needed for all participants to participate in the study. The GRF data was recorded using a force plate system at sampling rate of 1000 Hz during walking. The electrical activity of selected lower limb muscles was recorded using the electromyography method before and after training protocol. The sampling rate of the electromyography system was set at 1000 Hz. The training group performed aerobic training for 12 weeks (three sessions per week). The normal distribution of data was confirmed using the Shapiro-Wilk test. Pearson correlation coefficient was used to calculate the relationship between loading variables and quadriceps activities. The significance level was set at 0.05. All statistical analyses were performed in SPSS software, version 18.

Results

The results showed an increase in the negative relationship between vertical loading rate and vastus lateralis activities after training ($P < 0.05$). The vastus medialis and rectus femoris activities did not demonstrate any significant relationship with loading rate after training protocol ($P > 0.05$).

Conclusion

Aerobic training can improve the relationship between vastus lateralis activities and vertical loading rate amplitudes in men with DN.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the ethics committee of [Ardabil University of Medical Sciences](#) (Code: IR.ARUMS.REC.1397.287) and was registered by [Iranian Registry of Clinical Trials](#) (Code: IRCT20200201046326N1).

Funding

This article was extracted from the research proposal of [AmirAli Jafamezhadgero](#). The study was funded by [Moghagh Ardabili University](#).

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank the participants for their cooperation.

This Page Intentionally Left Blank



مقاله پژوهشی

اثرات تمرینات هوازی بر رابطه بین نرخ بارگذاری و فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرران در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی: یک کارآزمایی بالینی

*امیرعلی جعفرزادگرو^۱، الهه ممشلی^۱، ابراهیم نوریان^۲

۱. گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد اردبیل، دانشگاه پیام نور، اردبیل، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Jafarnezhadgero AA, Mamashli E, Noorian E. [Effect of Aerobic Training on the Relationship Between Loading Rate and Quadriceps Muscle Activities in Men With Diabetic Neuropathy: A Clinical Trial (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(3): 460-471. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.5>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.5>

چکیده



مقدمه و اهداف افزایش نرخ بارگذاری با آسیب‌های اندام تحتانی همچون شکستگی ناشی از فشار در استخوان تیبیا همراه است. فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرران با فعالیت برون‌نگرای خود در جذب شوک‌های ناشی از نیروی عکس‌العمل زمین اثرگذار است. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر تمرینات هوازی بر رابطه بین نرخ بارگذاری و فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرران در افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها پژوهش حاضر یک مطالعه کارآزمایی بالینی از نوع دو سویه کور که به دو گروه کنترل و آزمایش تقسیم شدند. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی (با میانگین سنی: $54/9 \pm 7/3$ ، شاخص توده بدن: $28/4 \pm 5/4$) در گروه آزمایش و ۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی (با میانگین سنی: $54/1 \pm 7/3$ ، شاخص توده بدن: $28/5 \pm 5/1$) در گروه کنترل بود که به‌طور در دسترس انتخاب شدند. گروه آزمایش تمرینات هوازی را به مدت ۱۲ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام دادند. مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین توسط دستگاه صفحه‌نیرو اندازه‌گیری شد. فعالیت الکتریکی عضلات منتخب اندام تحتانی با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی ثبت شد.

یافته‌ها نتایج، یک افزایش در رابطه منفی بین نرخ بارگذاری و فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی را بعد از پروتکل تمرینی نشان داد ($P < 0/028$). فعالیت الکتریکی عضلات پهن داخلی و راست رانی هیچ‌گونه ارتباط معناداری را بعد از دوره تمرینی نشان نداد ($P > 0/05$).

نتیجه‌گیری تمرینات هوازی رابطه بین فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی و نرخ بارگذاری عمودی را بهبود می‌بخشد.

کلیدواژه‌ها الکترومایوگرافی، دیابت نروپتی، نیروی عکس‌العمل زمین، راه رفتن

تاریخ دریافت: ۱۶ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۲ تیر ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

امیرعلی جعفرزادگرو

نشانی: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۳۱۵۰۵۲۵۳ (۴۵) ۰۹۸

رایانامه: amiralijafarnezhad@gmail.com

مقدمه

حساسیت به انسولین در افراد مبتلا دیابت نوروپاتیک می‌شود [۱۳]. سردار و همکاران در سال ۲۰۱۴ گزارش کردند که تمرینات هوازی سبب بهبود سلامت ذهنی و جسمانی در افراد مبتلا دیابت نوروپاتیک می‌شود [۱۴]. با وجود این، اثرات این شیوه تمرینی بر رابطه بین نرخ بارگذاری و فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرران در افراد مبتلا به دیابت نوروپاتیک از لحاظ علمی بررسی نشده است. بررسی این مورد می‌تواند نتایج مفیدی در اختیار محققین این حوزه در ارتباط با توانبخشی بهتر افراد مبتلا به نوروپاتی دیابتی قرار دهد. فرضیه پژوهش حاضر عبارت است از: یک دوره تمرینات هوازی منجر به افزایش مقادیر ضرب همستگی منفی بین دامنه فعالیت الکتریکی عضلات پهن خارجی، پهن داخلی و راست رانی طی فاز تماس پاشنه با مقادیر نرخ بارگذاری عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در افراد دیابتی می‌شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کارآزمایی بالینی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه مردان مبتلا به دیابت نوع ۲ شهرستان اردبیل که سابقه دیابت بیشتر از ۱۲ سال داشتند، تشکیل دادند. از بین جامعه آماری ۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی (با میانگین سنی: $54/7 \pm 85/19$ ، شاخص توده بدن: $28/5 \pm 28/03$) در گروه آزمایش و ۲۰ بیمار مبتلا به نوروپاتی دیابتی (با میانگین سنی: $54/9 \pm 24/1$ ، شاخص توده بدن: $28/5 \pm 25/04$) در گروه کنترل به صورت در دسترس به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند. قرار گرفتن آزمودنی‌ها در دو گروه کنترل و آزمایش به صورت تصادفی انجام شد.

در پژوهش حاضر براساس آزمون می‌شیگان و سیستم امتیازدهی FUZZY تمامی افرادی که در این مقیاس امتیاز به‌طور میانگین ۶ را گرفتند، به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند [۱۵]. به این ترتیب که براساس مدل FUZZY (که شامل ارزیابی علائم براساس امتیازهای تست می‌شیگان، سطح هموگلوبین گلیکولیزه و مدت زمان ابتلا به دیابت است) به بیماران امتیاز داده شد و از بین افراد شرکت‌کننده ۴۰ نفر که طبق این سیستم امتیازدهی در درجه متوسط قرار گرفتند، انتخاب شدند [۱۵]. فازهای امتیازدهی تست می‌شیگان شامل:

۱. پرسش‌نامه‌ای که توسط خود بیمار تکمیل می‌شود؛

۲. امتیازدهی براساس حس و درک ارتعاش با استفاده از دیپاپازون ۱۲۸ هرتز (از این تست جهت تشخیص حس ارتعاش توسط فرد استفاده شد)؛

۳. امتیازدهی براساس حس لمس مونوفیلانمان ۱۰ گرم (حتی اگر یک نقطه به لحاظ لمسی بی حس بود، نتیجه تست مثبت در نظر گرفته می‌شد)،

۴. بازتاب مچ پا با استفاده از چکش رفلکس پزشکی؛

نیروهای عکس‌العمل زمین، زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس‌العمل زمین، نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد از مهم‌ترین متغیرهای کینتیکی هستند که می‌توان آن‌ها را برای حرکات انتقالی در نظر گرفت [۱۱]. نرخ بارگذاری عمودی نشان‌دهنده شیب افزایش اوج اولیه نیروی عمودی عکس‌العمل زمین طی تماس پاشنه با زمین است [۱۲]. گزارش شده است که سرعت بارگذاری عمودی یک متغیر مهم برای ارزیابی بارهای اضافی وارده بر بافت‌های عضلانی اسکلتی است [۲، ۴]. نیروهای عکس‌العمل زمین طی فعالیت‌هایی نظیر راه رفتن و دویدن می‌توانند منجر به آسیب‌هایی در اندام تحتانی همچون شکستگی ناشی از فشار در استخوان تیبیا شوند [۵]. نرخ بارگذاری عمودی به‌عنوان شیب خط اتصال‌دهنده لحظه تماس پاشنه تا اوج اولیه نیروی عمودی عکس‌العمل زمین طی راه رفتن تعریف می‌شود [۱].

یکی از مکانیسم‌های بدن جهت کاهش و جذب نیروهای وارده بر بدن، انقباض برون‌گرایی عضلات چهارسررانی طی فاز پاسخ بارگذاری می‌باشد [۶]. ۳ عضله پهن خارجی، پهن داخلی و راست رانی از گروه عضلات چهارسر ران می‌باشند که به‌دلیل سطحی بودن این عضلات امکان سنجش فعالیت الکتریکی آن‌ها توسط الکترومایوگرافی سطحی میسر است [۷]. یکی از عوارض قابل توجه نوروپاتی دیابتی آتروفی عضلانی به‌صورت کاهش چگالی فیبرهای عضلانی و کاهش مساحت واحد حرکتی است که حتی قبل از بروز علائم نوروپاتی مشاهده می‌شود [۸، ۹]. این تأثیرات در عضلات اسکلتی اندام تحتانی نمود بیشتری دارد. به این دلیل که کاهش ظرفیت عملکردی این عضلات افزایش خطر افتادن، تغییر الگوی راه رفتن و اختلال در حفظ تعادل را در بیماران بالا می‌برد [۸]. ابود و همکاران در سال ۲۰۰۰ به بررسی اختلال در عملکرد عضلات اندام تحتانی در هنگام راه رفتن پرداختند و نشان دادند فعالیت الکتریکی تأخیری در این عضلات باعث می‌شود فشار بیشتری به کف پا هنگام راه رفتن وارد شود [۱۰]. بنابراین، پیدا کردن شیوه‌های درمانی جهت کاهش اثرات مخرب ناشی از دیابت بر کیفیت راه رفتن و عملکرد عضلات از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

یکی از این تمرینات، تمرینات هوازی می‌باشد که با استفاده از تمرین عضلات به‌ویژه در اندام تحتانی منجر به بهبود سیستم قلبی و تنفسی نیز می‌شوند [۱۱]. در بین پارامترهای مختلفی که می‌توان از تحلیل الکترومایوگرام برای بررسی عملکرد عضلانی به دست آورد، یک مورد آن دامنه فعالیت الکتریکی عضلات می‌باشد [۱۲]. افزایش دامنه فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرران در طی فاز پاسخ بارگذاری با جذب شوک بیشتر در طی این فاز می‌تواند همراه باشد. در مطالعات گذشته، وینیک و همکاران در سال ۲۰۰۸ بیان کردند یک دوره تمرینات هوازی سبب بهبود

۵. بررسی وجود زخم پا [۹، ۱۵] که همه موارد برای هر دو پا بررسی شد و همچنین سطح هموگلوبین گلیکولیزه و طول دوره‌ی بیماری، بیماران به‌دقت توسط فرد متخصص بررسی و شدت نوروپاتی تعیین شد.

این تست از اعتبار و دقت ارزیابی بالایی برخوردار است و همبستگی بالایی با روش‌های تشخیصی پایه دارد [۱۵]. همچنین در مورد تأثیرگذاری شاخص وزن بدن بر الگوی راه رفتن دقت شد تا گروه بیمار از نظر شاخص توده بدن با گروه سالم یکسان باشد (دامنه شاخص بین ۲۰ تا ۳۵ کیلوگرم بر مترمربع).

معیارهای ورود به پژوهش شامل نداشتن زخم پای دیابتی در زمان ارزیابی، فاقد اختلالات عصبی و ارتوپدی ناشی از سایر بیماری‌ها، عدم ابتلا به آرتروز و روماتیسم مفصلی، عدم ابتلا به رتینوپاتی شدید، نداشتن ناهنجاری‌های در ناحیه اندام تحتانی و عدم سابقه عمل جراحی در ناحیه اندام تحتانی بود. آزمودنی‌ها توسط پزشک معاینه و جهت شرکت در پژوهش به محققین معرفی می‌شدند. شرکت‌کنندگان فرم‌های مربوط به پرسش‌نامه تندرستی، میزان فعالیت جسمانی روزانه و رضایت‌نامه آگاهانه را تکمیل و تأیید کردند [۱۶].

روش آزمون

اندازه‌گیری پارامترهای پیکرسنجی شامل قد، وزن، چربی زیر پوستی (در ۳ نقطه سینه، شکم و ران و تخمین از طریق فرمول سه نقطه‌ای جکسون-پولاک) طی یک جلسه توجیهی همراه با توضیح اهداف پژوهش و نحوه اجرای اندازه‌گیری الکترومایوگرافی انجام شد [۱۶]. شاخص توده بدن از طرق فرمول مربوطه (وزن تقسیم بر قد به توان ۲) محاسبه شد [۱۶].

فعالیت الکتریکی ۲ عضله اندام تحتانی با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی ۸ کاناله بایومتریک (ساخت انگلیس) با الکترودهای سطحی دو قطبی قبل و بعد از ۸ هفته ثبت شد. محل قرار دادن الکترودها بر روی عضلات پهن خارجی، پهن داخلی و راست رانی بر طبق پروتکل اروپایی سنایام بود [۱۷]. فاصله مرکز تا مرکز الکترودها برابر ۲ سانتی‌متر و سطح الکترودها ضدحساسیت بود. فرکانس نمونه‌برداری برابر با ۱۰۰۰ هرتز بود. فیلترها پایین‌گذر و بالاگذر به ترتیب ۵۰ و ۲۰ هرتز و ناچ فیلتر ۶۰ هرتز (جهت حذف نویز برق شهری) جهت هموارسازی داده‌های خام الکترومایوگرافی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین گین^۱ دستگاه برابر با ۱۰۰۰ بود [۱۸]. محل دقیق قرارگیری هر الکترودها قبل شروع تست بر روی بدن آزمودنی مشخص شد و به‌طور کامل با استفاده از پدهای ضدعقونی‌کننده الکلی تمیز شد. جهت محاسبه دامنه فعالیت عضلات از شاخص ریشه میانگین مجذور^۲ استفاده شد. جهت نرمال

کردن مقادیر دامنه فعالیت عضلات طی تکلیف حرکتی، این مقادیر بر اوج دامنه فعالیت عضلات طی حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد.

برای مشخص کردن فازهای مختلف راه رفتن از دستگاه صفحه نیرو برتک با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. به این ترتیب که لحظه تماس پاشنه توسط تعیین اولین نقطه داده نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بالاتر از ۲۰ نیوتن و لحظه بلند شدن پنجه از آخرین نقطه داده نیروی عمودی عکس‌العمل زمین کمتر از ۲۰ نیوتن تعیین شد. صفحه نیرو در قسمت میانی یک مسیر به طول ۱۸ متر واقع شده بود [۱]. قبل از انجام آزمون از آزمودنی‌ها خواسته شد چند بار در مسیر راه رفتن گام بردارند تا با مسیر آشنا شوند. هنگام اجرای تست هر آزمودنی ۳ بار مسیر گفته‌شده را با سرعت انتخابی خود طی کردند. نرخ بارگذاری عمودی به‌عنوان شیب خط اتصال‌دهنده لحظه تماس پاشنه تا اوج اولیه نیروی عمودی عکس‌العمل زمین طی راه رفتن تعریف می‌شود [۱]. از حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک هر عضله به‌عنوان خط پایه^۳ جهت مقایسه استفاده شد. فعالیت عضلات در هر مرحله به‌عنوان درصد (%) از خط پایه بیان شد. دلیل استفاده از مقادیر حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک هر عضله جهت نرمال کردن داده‌های دامنه فعالیت عضلات این است که در پیش‌آزمون و پس‌آزمون هیچ تضمینی وجود ندارد که الکترودها دقیقاً در یک نقطه قرار گیرند. با توجه به وجود درصد چربی زیرپوستی متفاوت و تغییر احتمالی جهت و مکان قرارگیری الکترودها مقادیر دامنه باید برای هر عضله نسبت به خودش نرمال شود تا امکان مقایسه دامنه فعالیت هر عضله با خودش و سایر عضلات طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون میسر شود [۱۹]. با توجه به کیفیت سیگنال‌های حاصل از کلیدهای پای، سیگنال استراید ششم به بعد راه رفتن مورد مطالعه قرار گرفت. مقادیر دامنه سیگنال‌ها طی فاز پاسخ بارگیری راه رفتن ثبت و محاسبه شد.

برنامه تمرینی

برنامه تمرینی براساس توصیه‌های انجمن دیابت آمریکا^۴ و کالج آمریکایی طب ورزش^۵ و نیز براساس اصول علم تمرین اجرا و طرح‌ریزی شد. انجمن دیابت آمریکا، دیابتی‌های نوع ۲ را به ۲ تا ۳ جلسه تمرین ورزشی (هوایی یا مقاومتی و یا ترکیبی) با گروه‌های عضلانی عمده در هفته که حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش هوایی با شدت متوسط و یا حداقل ۷۵ دقیقه در هفته ورزش هوایی با شدت بالا باشد، توصیه می‌کند [۱۶]. برنامه تمرینی شامل ۱۲ هفته تمرین هوایی به‌صورت ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه خواهد بود. برنامه تمرینی در بخش تمرینی اصلی با شدت ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه انجام شد. زمان‌بندی هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (نرم

3. Base line
4. American Diabetes Association (ADA)
5. American College of Sports Medicine (ACSM)

1. Gain
2. Root mean square

جدول ۱. شرایط برنامه تمرینی منتخب در طول ۸ هفته در گروه تمرین هوازی با شدت ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه (۳ جلسه در هفته)

نوع حرکات	مدت هر بخش از فعالیت در هر جلسه (دقیقه)	شدت تمرین (حداکثر ضربان قلب)	نوع فعالیت	تعداد هفته با شدت فعالیت متفاوت
نرم دویدن و حرکات کششی پویا	۱۰	>۰/۵۵	گرم کردن	هفته ۱-۴
حرکات جابه‌جایی و ترکیبی دست و پا	۵	۵۵	هوازی	
پیاده‌روی سریع، دویدن نرم و سبک	۲۰-۳۰	۶۰	بخش اصلی	
استقامت موضعی و شل کردن عضلات، کششی ایستا	۵	>۰/۵۰	سرد کردن	هفته ۵-۸
نرم دویدن و حرکات کششی پویا	۱۰	>۰/۵۵	گرم کردن	
حرکات جابه‌جایی و ترکیبی دست و پا	۵	۵۵	هوازی	
دویدن نرم	۳۰-۳۵	۶۵-۶۰	بخش اصلی	هفته ۹-۱۲
استقامت موضعی و شل کردن عضلات، کششی ایستا	۵	>۰/۵۰	سرد کردن	
نرم دویدن و حرکات کششی پویا	۱۰	>۰/۵۵	گرم کردن	
حرکات جا به جایی و ترکیبی دست و پا	۵	۰/۶۰	هوازی	هفته ۹-۱۲
دویدن	۴۰	۶۵	بخش اصلی	
استقامت موضعی و شل کردن عضلات، کششی ایستا	۵	>۰/۵۰	سرد کردن	

طبخ توانبخشی

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک^۸ برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. مقادیر همبستگی توسط آزمون ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. از آزمون تحلیل واریانس دوسویه با اندازه‌های تکراری جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد.

یافته‌ها

نتایج مقایسه پارامترهای پیکرسنجی مربوط به هر دو گروه در **جدول شماره ۲** ارائه شده است. نتایج **جدول شماره ۲** نشان می‌دهد دو گروه کنترل و آزمایش در پیش‌آزمون کاملاً از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و شدت دیابت همسان بودند و هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین آن‌ها وجود ندارد ($P > 0/05$).

بررسی پایه مقادیر ضریب همبستگی، عدم وجود اختلاف معناداری را بین پیش‌آزمون‌های دو گروه کنترل و آزمایش طی راه رفتن نشان داد ($P > 0/05$) (**جدول شماره ۳**).

همان‌طور که در **جدول شماره ۴** مشاهده می‌شود، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد اثر عامل زمان تنها بر مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضله پهن خارجی با مقادیر نرخ بارگذاری معنادار می‌باشد ($P = 0/041$). اثر عامل گروه بر مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضلات مختلف با مقادیر نرخ بارگذاری

دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی)، ۴۰ دقیقه تمرین اصلی دویدن با شدت‌های مذکور و در پایان ۵ دقیقه سرد کردن و بازگشت به حالت اولیه بود (**جدول شماره ۱**).

ضربان قلب هدف آزمودنی‌ها در طول دوره تمرینی با استفاده از فرمول ضربان قلب هدف کارونن (**فرمول شماره ۱**) تخمین زده خواهد شد و ضربان قلب بیشینه نیز از فرمول ضربان قلب بیشینه کارونن (**فرمول شماره ۲**) به دست خواهد آمد [۱۶] و شدت فعالیت موردنظر براساس ضربان قلب هدف به دست آمده با استفاده از ضربان سنج دستی (ساعت پولار)^۶ کنترل شد. همچنین برای به دست آوردن VO_{2max} آزمودنی‌ها از آزمون راه رفتن راکپورت^۷ و فرمول مربوطه (**فرمول شماره ۳**) استفاده شد [۱۶]. ۳ جلسه تمرینی به منظور آمادگی و آشنایی آزمودنی‌ها با برنامه تمرینات و شمارش ضربان قلب و نیز اطمینان از حضور داوطلبین، آمادگی پیش از شروع برنامه تمرینات در نظر گرفته خواهد شد.

1. Target heart rate = (maximal heart rate - rest heart rate) %Intensity + rest heart rate (Karvonen)
2. Maximum heart rate = 220 - age (Karvonen)
3. $VO_{2max}(ml.kg^{-1}.min^{-1}) = 132 / 853 - (0 / 1692 \times \text{وزن}) - (3877 / 0 \times \text{سن}) + 6 / 315$ ، برای مردان) + (۳/۴۹/۲۶ × (زمان - ضربان قلب × ۰/۱۵۶۵ × (

6. (Polar Electro, Made in China, 31 CODED, N2965)

7. Rockport walking test

8. Shapiro-Wilk

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار داده‌های پیکرسنجی و برخی داده‌های بیوشیمیایی دو گروه

متغیر	میانگین ± انحراف معیار	
	گروه آزمایش	کنترل
طول دوره بیماری (سال)	۱۵/۱ ± ۳/۳	۱۵/۲ ± ۳/۵
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳/۷ ± ۸/۵	۱۶۴/۷ ± ۸/۹
وزن (کیلوگرم)	۷۲/۸ ± ۱۲/۹	۷۱/۸ ± ۱۲/۹
سن (سال)	۵۴/۹ ± ۷/۳	۵۴/۱ ± ۷/۳
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۲۸/۴ ± ۵/۱	۲۸/۵ ± ۵/۱
درصد چربی (درصد)	۳۱/۱ ± ۶/۲	۳۱/۹ ± ۶/۲
گلوکز ناشتا (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)	۱۶۹/۲ ± ۸/۴	۱۷۰/۲ ± ۸/۴
هموگلوبین A1c	۹/۴ ± ۹/۱	۹/۴ ± ۹/۰
امتیاز Fuzzy	۶/۴ ± ۱/۵	۶/۲ ± ۱/۵

طب توانبخشی

بنابراین به نظر می‌رسد افزایش مقادیر ضریب همبستگی منفی مشاهده شده بعد از دوره تمرینی ناشی از کاهش نرخ بارگذاری عمودی و افزایش فعالیت عضله پهن خارجی است که طی این فاز در افراد دیابتی یک مکانیسم برای کاهش نیروی عکس‌العمل زمین از طریق جذب شوک باشد. به نظر می‌رسد در کنار هم قرار دادن اصل اندازه در کنترل نیروی تولیدی عضلات [۲۰] و تأثیرپذیری بیشتر تارهای عضلانی نوع یک [۲۱] بتواند علت بهبود عملکرد این عضله در جذب شوک نیروی عکس‌العمل زمین را توضیح دهد. به این صورت که در خلال انقباض عضلانی، باتوجه به اصل اندازه، ابتدا تارهای عضلانی با نورون حرکتی کوچکتر به کار گرفته می‌شوند و این نورون‌های حرکتی کوچک تعداد تارهای عضلانی کمتری را حمایت می‌کنند و این واحدهای حرکتی کوچک غالباً شامل تارهای عضلانی نوع یک می‌باشند و از طرفی باتوجه به تأثیرپذیری بیشتر تارهای عضلانی نوع یک از تمرینات هوازی، عضلات برای کنترل شوک، با هماهنگی بهتر و در نتیجه فعالیت کمتر، درگیر شده‌اند. در واقع به دلیل کاهش ظرفیت عملکردی اعصاب محیطی به دنبال نوروپاتی دیابتی و کاهش ظرفیت عملکردی تام عضلات کنترل نیروی عکس‌العمل

عمودی معنادار نبود ($P > 0.05$). اثر تعاملی گروه و زمان بر مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضله پهن خارجی با مقادیر نرخ بارگذاری معنادار می‌باشد ($P = 0.028$). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضله پهن خارجی با مقادیر نرخ بارگذاری عمودی در گروه آزمایش معکوس بوده و افزایش معناداری را بعد از دوره تمرینی داشته است.

بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر تمرینات هوازی بر رابطه بین نرخ بارگذاری و فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرران است. نتایج نشان داد مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضله پهن خارجی با مقادیر نرخ بارگذاری عمودی در گروه آزمایش معکوس بوده و افزایش معناداری را بعد از دوره تمرینی داشته است.

طی فاز پاسخ بارگذاری، افزایش نیروی عکس‌العمل زمین به سرعت افزایش پیدا می‌کند و به کف پا وارد می‌شود. اگر میزان نرخ بارگذاری افزایش یابد، بیشترین احتمال آسیب در این فاز وجود دارد [۱]. دو مکانیسم برای کاهش این نیروها وجود دارد که یکی از آن‌ها آن انقباض برون‌گرای عضلات چهارسرران است.

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار ضریب همبستگی فعالیت عضلات مختلف با مقادیر نرخ بارگذاری بین پیش‌آزمون‌های دو گروه

عضلات	میانگین ± انحراف معیار	
	گروه کنترل	گروه آزمایش
پهن خارجی	۴۵/۰۹ ± ۰/۰	۰/۰۹ ± ۰/۴۴
پهن داخلی	۳۹/۰۷ ± ۰/۰	۰/۰۵ ± ۰/۴۴
راست رانی	۰/۰۶ ± ۰/۴۰	۰/۰۷ ± ۰/۳۸

طب توانبخشی

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار ضریب همبستگی فعالیت عضلات مختلف با مقادیر نرخ بارگذاری بین دو گروه

عضلات	گروه	میانگین ± انحراف معیار				سطح معنی داری	
		پیش آزمون	پس آزمون	مداخله	کنترل	اثر عامل گروه	اثر متقابل زمان و گروه
پهن خارجی		۴۵/۰۹±۰/۰	۴۴/۰۷±۰/۰	۰/۰۹±۰/۴۴	۰/۰۸±۰/۶۹	۰/۰۵۸	۰/۰۲۸
پهن داخلی		۳۹/۰۷±۰/۰	۴۱/۱۱±۰/۰	۰/۵±۰/۴۱	۰/۰۸±۰/۴۰	۰/۱۸۵۵	۰/۷۱۵
راست رانی		۰/۰۶±۰/۴۰	۳۹/۰۹±۰/۰	۰/۷±۰/۳۸	۰/۱۰±۰/۳۸	۰/۶۶۱	۰/۸۱۰

طب توانبخشی

نتیجه گیری

تمرینات هوازی رابطه بین فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی و نرخ بارگذاری عمودی را بهبود می بخشد. بنابراین، استفاده از تمرینات هوازی در بازتوانی افراد مبتلا به دیابت نروپاتی توصیه می شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

پژوهش حاضر کد اخلاق در پژوهش را از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اردبیل به شماره (IR.ARUMS. REC.1397.287) و از مرکز کارآزمایی بالینی ایران هم کد کارآزمایی بالینی به شماره IRCT20200201046326N1 دریافت کرده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی امیرعلی جعفرنژادگرو در گروه بیومکانیک ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی می باشد و دانشگاه محقق اردبیلی منبع مالی پژوهش مورد نظر بوده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع نداد.

تشکر و قدردانی

از تمامی افراد شرکت کننده در پژوهش تشکر می شود.

زمین تقلای عضلانی بیشتری را نسبت به افراد سالم می طلبند [۲۰، ۲۱]. با توجه به اینکه این پژوهش اولین مطالعه در این زمینه است، امکان مقایسه مستقیم نتایج پژوهش حاضر با سایر مطالعات در این زمینه میسر نمی باشد.

ابوود و همکاران در سال ۲۰۰۰ به بررسی اختلال در عملکرد عضلات اندام تحتانی در هنگام راه رفتن پرداختند و نشان دادند فعالیت الکتریکی تأخیری در این عضلات باعث می شود فشار بیشتری به کف پا هنگام راه رفتن وارد شود [۱۰]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرینات هوازی رابطه بین فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی و نرخ بارگذاری عمودی را بهبود می بخشد. بنابراین، استفاده از این تمرینات در افراد دیابتی توصیه می شود. با وجود این، اثبات هر چه بهتر این موضوع نیاز به انجام پژوهش های بیشتر در این زمینه دارد.

مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضله راست رانی با مقادیر نرخ بارگذاری عمودی تحت تأثیر برنامه تمرینی قرار نگرفت. یکی از دلایل احتمالی این موضوع می تواند دو مفصله بودن این عضله باشد. عضله راست رانی دو نقش فلکشن مفصل ران و اکستنشن مفصل زانو را دارا می باشد [۲۲]. به همین دلیل نقش کمتری را نسبت به سایر گروه عضلات چهارسر ران در اکستنشن زانو و در نتیجه جذب شوک دارا می باشد. مقادیر ضریب همبستگی فعالیت عضله پهن داخلی با مقادیر نرخ بارگذاری عمودی تحت تأثیر برنامه تمرینی قرار نگرفت. سطح مقطع فیزیولوژیکی عضله پهن داخلی نسبت به عضله پهن خارجی کمتر است [۷]. بنابراین، احتمالاً با توجه به کوچک بودن سطح مقطع این عضله تأثیرات کمتری را از تمرینات هوازی پذیرفته است.

پژوهش حاضر دارای محدودیت هایی بود که از آن جمله می توان به عدم ثبت کینماتیک حرکت اشاره کرد. از سوی دیگر، در این پژوهش ارتباط فعالیت عضلات با کینتیک مفاصل مورد ارزیابی قرار نگرفته است که نیاز به انجام مطالعات بیشتر در این زمینه می باشد. از سوی دیگر بررسی اثرات سایر تداخلات درمانی از نظر علمی بر روی افراد دیابتی توصیه می شود [۲۳-۲۹].

References

- [1] Farahpour N, Jafarnezhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *Journal of Biomechanics*. 2016; 49(9):1705-10. [DOI:10. 1016/j. jbiomech. 2016. 03. 056] [PMID]
- [2] Stacoff A, Diezi C, Luder G, Stüssi E, Kramers-de Quervain IA. Ground reaction forces on stairs: Effects of stair inclination and age. *Gait & Posture*. 2005; 21(1):24-38. [DOI:10. 1016/j. gaitpost. 2003. 11. 003] [PMID]
- [3] Liikavainio T, Bragge T, Hakkarainen M, Karjalainen PA, Arokoski JP. Gait and muscle activation changes in men with knee osteoarthritis. *The Knee*. 2010; 17(1):69-76. [DOI:10. 1016/j. knee. 2009. 05. 003] [PMID]
- [4] Silva Dde O, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferrari D, Aragão FA, Azevedo FM. Reduced knee flexion is a possible cause of increased loading rates in individuals with patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*. 2015; 30(9):971-5. [DOI:10. 1016/j. clinbiomech. 2015. 06. 021] [PMID]
- [5] Milner CE, Davis IS, Hamill J. Free moment as a predictor of tibial stress fracture in distance runners. *Journal of Biomechanics*. 2006; 39(15):2819-25. [DOI:10. 1016/j. jbiomech. 2005. 09. 022] [PMID]
- [6] Cavanagh PR. *The running shoe book*. California: Anderson World; 1980. [Link]
- [7] Oatis CA. *Kinesiology: The mechanics and pathomechanics of human movement*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. [Link]
- [8] IJzerman TH, Schaper NC, Melai T, Meijer K, Willems PJ, Savelberg HH. Lower extremity muscle strength is reduced in people with type 2 diabetes, with and without polyneuropathy, and is associated with impaired mobility and reduced quality of life. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2012; 95(3):345-51. [DOI:10. 1016/j. diabres. 2011. 10. 026] [PMID]
- [9] Butugan MK, Sartor CD, Watari R, Martins MC, Ortega NR, Vigneron VA, et al. Multichannel EMG-based estimation of fiber conduction velocity during isometric contraction of patients with different stages of diabetic neuropathy. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2014; 24(4):465-72. [DOI:10. 1016/j. jelekin. 2014. 04. 007] [PMID]
- [10] Abboud RJ, Rowley DI, Newton RW. Lower limb muscle dysfunction may contribute to foot ulceration in diabetic patients. *Clinical Biomechanics*. 2000; 15(1):37-45. [DOI:10. 1016/S0268-0033(99)00038-8] [PMID]
- [11] Tessier D, Ménard J, Fülöp T, Ardilouze J, Roy M, Dubuc N, et al. Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2000; 31(2):121-32. [DOI:10. 1016/S0167-4943(00)00076-5] [PMID]
- [12] Rabbi MF, Ghazali KH, Altwijri O, Alqahtani M, Rahman SM, Ali MA, et al. Significance of electromyography in the assessment of diabetic neuropathy. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*. 2019; 19(03):1930001. [DOI:10. 1142/S0219519419300011]
- [13] Winnick JJ, Sherman WM, Habash DL, Stout MB, Failla ML, Belury MA, et al. Short-term aerobic exercise training in obese humans with type 2 diabetes mellitus improves whole-body insulin sensitivity through gains in peripheral, not hepatic insulin sensitivity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2008; 93(3):771-8. [DOI:10. 1210/jc. 2007-1524] [PMID] [PMCID]
- [14] Sardar MA, Boghrabadi V, Sohrabi M, Aminzadeh R, Jalalian M. The effects of aerobic exercise training on psychosocial aspects of men with type 2 diabetes mellitus. *Global Journal of Health Science*. 2014; 6(2):196-202. [DOI:10.5539/gjhs.v6n2p196] [PMID] [PMCID]
- [15] Picon AP, Ortega NR, Watari R, Sartor C, Sacco IC. Classification of the severity of diabetic neuropathy: A new approach taking uncertainties into account using fuzzy logic. *Clinics*. 2012; 67(2):151-6. [DOI:10. 6061/clinics/2012(02)10] [PMID]
- [16] American College of Sports Medicine. *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. [Link]
- [17] Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000; 10(5):361-74. [DOI:10.1016/S1050-6411(00)00027-4]
- [18] Murley GS, Menz HB, Landorf KB. Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2009; 2:35. [DOI:10. 1186/1757-1146-2-35] [PMID] [PMCID]
- [19] Lehman GJ, McGill SM. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: A proof of principle. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 1999; 22(7):444-6. [DOI:10. 1016/S0161-4754(99)70032-1] [PMID]
- [20] Schoenfeld B. *Science and development of muscle hypertrophy*. Champaign: Human Kinetics; 2016. [DOI:10. 5040/9781492595847]
- [21] Fritzsche K, Blüher M, Schering S, Buchwalow IB, Kern M, Linke A, et al. Metabolic profile and nitric oxide synthase expression of skeletal muscle fibers are altered in patients with type 1 diabetes. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 2008; 116(10):606-13. [DOI:10. 1055/s-2008-1073126] [PMID]
- [22] Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2009. [DOI:10. 1002/9780470549148]
- [23] Jafarnezhadgero A, Madadi-Shad M, McCrum C, Karamanidis K. Effects of corrective training on drop landing ground reaction force characteristics and lower limb kinematics in older adults with genu valgus: A randomized controlled trial. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2019; 27(1):9-17. [DOI:10. 1123/japa. 2017-0315] [PMID]
- [24] Madadi-Shad M, Jafarnezhadgero AA, Sheikhalizade H, Dionisio VC. Effect of a corrective exercise program on gait kinetics and muscle activities in older adults with both low back pain and pronated feet: A double-blind, randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2020; 76:339-45. [DOI:10. 1016/j. gaitpost. 2019. 12. 026] [PMID]

- [25] Jafarnezhadgero AA, Sorkhe E, Oliveira AS. Motion-control shoes help maintaining low loading rate levels during fatiguing running in pronated female runners. *Gait & Posture*. 2019; 73:65-70. [DOI:10. 1016/j. gaitpost. 2019. 07. 133] [PMID]
- [26] Jafarnezhadgero A, Majlesi M, Madadi-Shad M. The effects of low arched feet on lower limb joints moment asymmetry during gait in children: A cross sectional study. *The Foot*. 2018; 34:63-8. [DOI:10. 1016/j. foot. 2017. 11. 005] [PMID]
- [27] Jafarnezhadgero AA, Anvari M, Granacher U. Long-term effects of shoe mileage on ground reaction forces and lower limb muscle activities during walking in individuals with genu varus. *Clinical Biomechanics*. 2020; 73:55-62. [DOI:10. 1016/j. clinbiomech. 2020. 01. 006] [PMID]
- [28] Jafarnezhadgero AA, Shahverdi M, Madadi Shad M. The effectiveness of a novel Kinesio Taping technique on the ground reaction force components during bilateral drop landing in athletes with concurrent pronated foot and patella-femoral pain syndrome. *Journal of Advanced Sport Technology*. 2017; 1(1):22-9. [Link]
- [29] Jafarnezhadgero AA, Yadegar A, Valizadehorang A, Dionisio VC. Effect of sports shoe mileage on running mechanics and lower limb muscular activities in male individuals with and without genu varus. *Science & Sports*. 2021; 36(5):e175-83. [DOI:10. 1016/j. scispo. 2020. 10. 010]

This Page Intentionally Left Blank