کارآزمایی بالینی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۴، دی ۱۴۰۴، ۹۷۰-۹۵۵

اثر ۸ هفته تمرینات هوازی و مقاومتی به همراه تمرینات اصلاحی بر مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در مردان چاق با پای پرونیت طی راه‌رفتن: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

احسان فخری میرزانق[۱]، امیرعلی جعفرنژادگرو[۲]، ماهرخ دهقانی[۳]، فرهاد رضازاده[۴]، افسانه انتشاری مقدم[۵]

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹

چکیده

زمینه و هدف: چاقی و پرونیشن پا از جمله اختلالاتی هستند که می‌توانند تعادل و الگوی راه رفتن را مختل کنند. لذا این مطالعه با هدف تعیین اثر یک دوره تمرینات ترکیبی بر مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین در مردان چاق با پای پرونیت طی راه‌رفتن انجام شد.

مواد و روش‌ها: مطالعه کارآزمایی بالینی حاضر در سال ۱۴۰۳ در شهرستان اردبیل انجام شد. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۳۰ مرد بزرگسال مبتلا به چاقی با پای پرونیت که به صورت تصادفی در گروه تمرین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرین به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته، تمرینات ترکیبی شامل تمرینات مقاومتی و هوازی همراه با اصلاحی را اجرا کردند. گروه کنترل در این مدت هیچ برنامه تمرینی خاصی نداشتند. مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین از طریق یک صفحه نیرو سنج ثبت شد. برای تجزیه وتحلیل داده‌ها از آنالیز کوواریانس چندمتغیره استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اجرای ۸ هفته تمرینات ترکیبی بر مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین در مردان چاق با پای پرونیت تأثیر دارد ($P<۰/۰۰۱$) که بیشترین تأثیر بر مؤلفه زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی با افزایش ۴/۳۸ درصدی بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد که تمرینات هوازی و مقاومتی، همراه با تمرینات اصلاحی، مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی‌های عکس‌العمل زمین را در مردان چاق با پای پرونیت طی راه رفتن بهبود می‌بخشد. با این حال، تحقیقات آینده باید هنگام طراحی مداخلات توان‌بخشی، شرایط خاص بیماران را در نظر بگیرند.

واژه‌های کلیدی: چاقی، راه رفتن، تمرینات ترکیبی، نیروی‌های عکس‌العمل زمین، پای پرون

ارجاع: فخری میرزانق ا، جعفرنژادگرو اع، دهقانی م، رضازاده ف، انتشاری مقدم ا. اثر ۸ هفته تمرینات هوازی و مقاومتی به همراه تمرینات اصلاحی بر مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در مردان چاق با پای پرونیت طی راه‌رفتن: یک مطالعه کارآزمایی بالینی. *مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، سال ۱۴۰۴، دوره ۲۴، شماره ۱۰، صفحات: ۹۷۰-۹۵۵.

۱- کاندید دکتری بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تلفن: ۰۹۱۰۵۱۴۶۲۱۴، پست الکترونیکی: amiralijafarnezhad@gmail.com
۲- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استاد رفتار حرکتی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴- استادیار آسیب شناسی ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۵- دانشیار روماتولوژی گروه تخصص داخلی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

مقدمه

چاقی یک مشکل عمده سلامتی در سراسر جهان است که در آن وزن بدن از حالت ایده‌آل خود ۲۰ درصد بیشتر می‌باشد و در دراز مدت کیفیت زندگی انسان را دچار اختلال می‌کند (۱). چاقی ارتباط زیادی دارد با بیماری‌های مزمن نظیر بیماری قلبی-عروقی، سکته، فشارخون، دیابت و سرطان روده بزرگ در نتیجه ۲/۸ میلیون نفر از مرگ و میر در سال با چاقی مرتبط است. بر اساس آمار در جهان بزرگسالان با چاقی ۱۸/۹درصد و اضافه وزن ۵۳/۸ درصد می‌باشد. علاوه بر این درصد شیوع چاقی در کودکان و جوانان حدود ۴۰ درصد می‌باشد (۱). هم‌چنین، چاقی ارتباط بالایی با آسیب‌های اسکلتی-عضلانی مانند کمردرد، استوآرتریت و آسیب در اندام تحتانی که مهم‌ترین مسله آن اختلال در عملکرد نواحی پا می‌باشد (۲). این امر به دلیل افزایش فشار وارد شده بر روی پاها به دلیل چاقی می‌باشد. پا به عنوان تکیه‌گاه بدن می‌باشد که ضربات و نیروهای چرخشی وارده به اندام را تضیف می‌کند (۳)، هم‌چنین از طریق انعطاف‌پذیری و پایداری بدن انسان را طی فعالیت‌های روزمره کنترل می‌کند (۳). از آن‌جایی که پا به عنوان رابط بین اندام تحتانی با سطح زمین می‌باشد چاقی می‌تواند سبب اعمال بارهای اضافی و در نتیجه استرس و Strain گردد و در نتیجه اندام تحتانی را مستعد آسیب‌های ناشی از بار اضافی می‌نماید (۳).

از سوی دیگر، ناهنجاری‌های ساختاری مانند پای پرونیت نیز می‌تواند وضعیت مکانیکی اندام تحتانی را پیچیده‌تر کرده و خطر بروز آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد را افزایش دهد. ترکیب چاقی و پرونیشن پا نه تنها به اختلال در توزیع نیروهای وارده بر مفاصل زانو و مچ می‌انجامد، بلکه کیفیت راه‌رفتن و پایداری فرد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴). Irving و همکاران طی پژوهشی گزارش دادند که چاقی و پای پرونیت با درد مزمن در ناحیه پاشنه پا مرتبط هستند و ممکن است از عوامل خطر برای ایجاد این عارضه باشند (۵). هم‌چنین، Jafarnezhadgero و همکاران گزارش کردند که وزن بیش از حد بدن بر مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین تأثیر می‌گذارد. به ویژه افزایش نیروهای داخلی-خارجی و پیچشی را در طول مرحله فاز اتکا مشاهده شد. به نظر می‌رسد افرادی که وزن بیش از حد بدن دارند، الگوی فعالیت دینامیک آن‌ها برای کاهش میزان نیروی عمودی اولیه تطبیق می‌دهند (۶).

یکی از شاخص‌های مهم در تحلیل راه‌رفتن، نیروهای عکس‌العمل زمین است که بازتابی از نحوه تعامل بدن با سطح زمین بوده و اطلاعات ارزشمندی درباره الگوهای بارگذاری مکانیکی فراهم می‌کند. تغییر در مقدار یا زمان‌بندی این نیروها می‌تواند نشان‌دهنده افزایش فشارهای غیرطبیعی بر مفاصل و در نتیجه، افزایش خطر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی باشد. از این رو، یافتن راه‌کارهایی برای اصلاح و بهبود الگوی نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد چاق با پای پرونیت اهمیت ویژه‌ای دارد (۷). در این میان، تمرینات ورزشی به عنوان رویکردی غیردارویی و کم‌هزینه نقش مهمی در اصلاح الگوهای حرکتی و کاهش فشارهای مکانیکی ایفاء می‌کنند. تمرینات مقاومتی با تقویت عضلات تثبیت‌کننده اندام تحتانی، تمرینات هوازی با کمک به کاهش وزن و بهبود ظرفیت قلبی–تنفسی، و تمرینات اصلاحی با تقویت عضلات نواحی کف پا و اصلاح وضعیت پرونیشن، می‌توانند به صورت هم‌افزا به بهبود عملکرد حرکتی و کاهش بارهای غیرطبیعی کمک کنند (۲).

CCBY-NC.4.0 DEED

با وجود شواهد متعدد مبنی بر اثر مثبت هر یک از این نوع تمرینات به صورت جداگانه، بررسی تأثیر یک دوره تمرینات ترکیبی که شامل تمرینات مقاومتی، هوازی و اصلاحی به طور همزمان باشد، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۸). بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر یک دوره تمرینات ترکیبی بر مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد چاق با پای پرونیت طی راه‌رفتن انجام شد تا شواهد دقیق‌تری درباره کارآیی این نوع مداخلات در بهبود الگوهای بیومکانیکی فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع کارآزمایی بالینی است که در سال ۱۴۰۳ در شهرستان اردبیل انجام شد. پژوهش حاضر توسط کمیته اخلاقی دانشگاه محقق اردبیلی با کد IR.UMA.REC.1403.062 و کد کارآزمایی بالینی IRCT20170806035517N7 تصویب شد.

جهت تعیین تعداد نمونه از نرم‌افزار G*Power نسخه ۳/۱ استفاده شد. پارامترهای محاسباتی در این نرم‌افزار شامل سطح معناداری ۰/۰۵ (خطای نوع I) و خطای نوع II برابر ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۸ با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه حداقل ۲۶ نفر جهت شرکت در پژوهش حاضر مورد نیاز است (۹). در نتیجه نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۳۰ نفر از مردان مبتلا به چاقی شهرستان اردبیل که سایر مشخصات دموگرافیک و روند انتخاب و ارزیابی آن‌ها در جدول و نمودار ۱ به آن‌ها اشاره شده که در ادامه به صورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفره تمرین و کنترل قرار گرفتند. تخصیص شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی ساده با روش قرعه‌کشی انجام شد. پس از کسب رضایت و تأیید معیارهای ورود، پژوهشگر قرعه را اجرا کرده و شرکت‌کنندگان به گروه تمرین یا کنترل اختصاص یافتند. برای جلوگیری از سوگیری، اجرای قرعه‌کشی توسط پژوهشگری غیرمرتبط انجام شد.

ویژگی‌های دموگرافیک و آنتروپومتریک شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی با تقسیم وزن فراد (کیلوگرم) بر مجذور قد آن‌ها (متر) (۱۰) و افت استخوان ناوی اندازه‌گیری شد. همه شرکت کنندگان راست پا و پای برتر آن‌ها توسط آزمون ضربه زدن به توپ مشخص شد یک پزشک ارتوپد ویژگی‌های آنتروپومتریک را در همه شرکت کنندگان قبل از شروع مطالعه ارزیابی نمود. عدم وجود آسیب‌های ارتوپدی و بیماری قلبی-تنفسی و متابولیک و عدم مصرف الکل یا سیگار از معیارهای ورود به پژوهش حاضر بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل سابقه جراحی‌های ارتوپدی (به استثنای پای پرونیت) و اختلاف طول اندام بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر، دیابت، یا هر گونه شرایط پزشکی شناخته شده دیگر، مانند استفاده از داروهای بی اشتهایی یا جراحی برای کاهش وزن، استفاده از داروهای تجویزی، از جمله مکمل‌های غذایی و سیگار کشیدن هم‌چنین در تمامی مراحل، اخلاق پژوهشی رعایت گردید و از شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه شرکت در پژوهش اخذ شد. تمام موارد اجرای پژوهش مطابق با اعلامیه هلسینکی بود (۱۱).

در ادامه، از تفاوت افت استخوان ناویکولار جهت تشخیص پای پرونیت آزمودنی‌ها استفاده شد، به طوری‌که از آزمودنی خواسته شد روی صندلی نشسته و پای خود را در حالت بی وزنی قرار دهد. در این حالت فاصله بین برجستگی استخوان ناویکولار تا سطح زمین اندازه‌گیری شد. سپس از آزمودنی خواسته شد در حالت ایستاده قرار گیرد و وزن خود را روی دو پا به طور مساوی تقسیم کند. در این حالت نیز ارتفاع استخوان ناویکولار تا کف پا اندازه‌گیری شد. درصورتی که اختلاف اندازه این دو حالت بین ۱۰-۵ میلی‌متر باشد، فرد دارای پای طبیعی و اگر از ۱۰ میلی‌متر

CCBY-NC.4.0 DEED

بیشتر باشد فرد دارای پای پرونیت است (۱۳، ۱۲). هم‌چنین، از شاخص ۶ گانه اندازه‌گیری پا به طوری که از شرکت‌کنندگان خواسته شد در حالت آناتومیکی به طوری‌که دست‌ها کنار بدن آویزان و با کمترین انقباض عضلانی جلو را نگاه کنند (۱۴).

شش معیار اندازه‌گیری شاخص پا شامل لمس استخوان تالوس، انحنای داخلی و خارجی مفصل مچ پا، موقعیت قرار گیری استخوان پاشنه در صفحه فرونتال، برآمدگی ناحیه مفصل تالوناویکولار، اختلاف قوس طولی داخلی طی تحمل وزن، آبداکشن و اورژن قسمت فور فوت و ریر فوت به طوری‌که هر معیار در مقیاسی بین ۲- تا ۲+ امتیازگذاری شد، وقتی که مقایس از ۰ تا ۵ باشد، پا نرمال در نظر گرفته شد و از ۶ تا ۱۲+ به عنوان پای پرونیت بود (۲). به منظور یکسان سازی داده‌های شاخص اندازه‌گیری پا از پای چپ تمامی شرکت‌کنندگان برای تجزیه و تحلیل استفاده شد.

در ادامه، داده‌های کینتیکی مطابق با مطالعات قبلی پردازش شد (۱۶، ۱۵)، به طوری‌که مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین با فیلتر پایین‌گذر ۲۰ هرتز هموار شدند (فیلتر درجه چهارم باترورث). به این ترتیب که لحظه تماس پاشنه پا توسط اولین نقطه داده نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بالاتر از ۲۰ نیوتن و لحظه جدا شدن پنجه پا از آخرین نقطه داده نیروی عمودی عکس‌العمل زمین کمتر از ۲۰ نیوتن تعیین شد. اندازه‌گیری مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین در سه راستای محور عمودی، قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و زمان رسیدن به اوج نیرو از مهم‌ترین متغیرهای کینتیکی مرتبط با الگوهای آسیب‌های اسکلتی‌عضلانی طی راه رفتن با سرعت ثابت ۱/۰۱ متر بر ثانیه طی پیش آزمون و پس آزمون اندازه‌گیری خواهند بود (۱۵). اولین اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین از داده‌های نیروهای عکس‌العمل زمین عمودی استخراج گردید (۱۵). اوج مثبت از منحنی داخلی-خارجی که درست بعد از ضربه پاشنه رخ می‌دهد، محاسبه گردید، این متغیرها بر اساس تحقیقات قبلی در مورد نیروهای عکس‌العمل زمین طی اجرا به عنوان یکی از پارامترهای مهم انتخاب شدند (۱۷). دامنه نیروهای عکس‌العمل زمین به وزن بدن نرمال شد.

گروه تمرین به مدت ۳ بار در هفته و در طول ۸ هفته تمرینات را اجرا کرد. گروه کنترل در طول دوره ۸ هفته‌ای مطالعه، هیچ مداخله تمرینی خاصی دریافت نکردند و فعالیت‌های روزمره خود را ادامه دادند. این گروه برای حفظ شرایط مقایسه، در تمام مراحل اندازه‌گیری‌ها شرکت کردند، مشابه گروه تمرین، ولی تحت هیچ برنامه تمرینی قرار نگرفتند.

جلسات تمرین در دانشگاه محقق اردبیلی و زیر نظر یک متخصص علم تمرین به طوری‌که هر جلسه ۴۵ تا ۶۵ دقیقه طول می‌کشید (میانگین مدت جلسات تمرینی ۵۵ دقیقه) بود. انواع برنامه‌های تمرینی ترکیبی و متفاوت که ترکیبی از برنامه‌های تمرینی قدرتی، ایروبیک و هم‌چنین یک سری تمرینات اصلاحی بود. تمرینات قدرتی و ایروبیک با حداکثر ضربان قلب ۸۵-۶۵ درصد اجرا شد (محاسبه حداکثر ضربان قلب: سن-۲۲۰). در حالی‌که در شروع برنامه‌های تمرینی تا دو هفته اول با حداکثر ضربان قلب ۶۰-۵۰ درصد به منظور اینکه اطمینان پیدا شود که شرکت‌کنندگان نسبت به برنامه‌های تمرینی احساس مثبتی دارند اجرا شد. افزایش بار و حجم اجرای تمرینات به صورت پیوسته و تدریجی بود. ضربان قلب طی ۱۵-۱۰ دقیقه به طوری‌که یک بار در شروع تمرینات، وسط تمرینات و آخر تمرینات اندازه‌گیری شد. اگر شدت اجرای تمرینات پایین‌تر از شدت مورد نظر در مطالعه

CCBY-NC.4.0 DEED

حاضر باشد به شرکت‌کنندگان گفته می‌شد که شدت تمرینات را افزایش دهند (۱۸).

برنامه‌های تمرینی به مدت زمان ۳ بار در هفته به طوری‌که یک جلسه ۶۵ دقیقه‌ای شامل تمرینات قدرتی به همراه تمرینات اصلاحی به مدت یک بار در هفته به طوری‌که دوره اجرای تمرینات قدرتی به مدت زمان ۲۵ دقیقه و دوره اجرا تمرینات اصلاحی به مدت زمان ۳۰ دقیقه و دوره اجرا برنامه‌های گرم کردن و سرد کردن به مدت زمان ۱۰ تا ۱۵ دقیقه بود. هم‌چنین، جلسه دوم دوره اجرای تمرینات در هفته شامل یک جلسه ۵۵ تا ۶۵ دقیقه‌ای تمرینات ایروبیک به همراه تمرینات اصلاحی به مدت یک بار در هفته به طوری‌که دوره اجرای تمرینات ایروبیک به مدت زمان ۲۵ دقیقه دوی نرم و دوره اجرای تمرینات اصلاحی به مدت زمان ۳۰ دقیقه و دوره اجرا برنامه‌های گرم کردن و سرد کردن به مدت زمان ۱۰ تا ۱۵ دقیقه بود. هم‌چنین، جلسه سوم در هفته به صورت تصادفی یک جلسه تمرینات ایروبیک به همراه تمرینات اصلاحی و یک جلسه در هفته تمرینات مقاومتی به همراه تمرینات اصلاحی برگزار می‌شد (۲۰، ۱۹).

این تمرینات در سالن ورزشی شهرستان اردبیل برگزار شد که ۳۰ تا ۲۵ دقیقه تمرینات دایره‌ای شامل برنامه‌های تمرینی قدرتی سبک با استفاده از توپ‌های مدیسین‌بال ۵-۲ کیلوگرمی با (۴ ایستگاه تمرین با مدت زمان تمرین ۶ دقیقه) تعداد برنامه‌های دایره‌ای مقاومتی به تدریجی از ۱ به ۳ ست با ۸ تا ۲۵ تکرار به صورت تدریجی با افزایش مقاومت یا بار افزایش پیدا کرد. برنامه‌های تمرینی مقاومتی شامل انواع حرکات تمرینی پرتاب یا پاس دادن توپ مدیسین‌بال به یار تمرینی و اجرای انواع حرکات تمرینی توپ با سطح زمین بود. استراحت بین هر یک از ست‌های تمرین ۳-۱ دقیقه البته بستگی به آمادگی هوازی فرد داشت.

یک برنامه تمرینی هوازی ایروبیک ۲۵ دقیقه‌ای به مدت یک بار در هفته که به مدت ۸ هفته برگزار شد. هر جلسه تمرین با ۱۰ تا ۱۵ دقیقه فعالیت‌های گرم کردن شامل حرکات کششی و نرمشی شروع شد. تمرین اصلی که شامل ۲۵ دقیقه دوی نرم و دویدن در فضای باز بود، بعد از گرم کردن ۱۰ تا ۱۵ دقیقه شروع شد. در روزهای بارانی با استفاده از دوچرخه ثابت یا دویدن روی تردمیل در مرکز سلامت و تندرستی دانشگاه محقق اردبیلی برگزار شد. بعد از اتمام تمرینات اصلی هر جلسه تمرین شامل ۱۰ تا ۱۵ دقیقه سرد کردن با اجرای حرکات کششی و نرمشی بود. پروتکل اجرای تمرینات ایروبیک برای سال‌ها در آزمایشگاه Tanaka مورد استفاده قرار گرفته و روایی و پایایی آن توسط چندین مطالعه کاملاً تأیید شده است (۲۴-۲۱). در طول دوره اجرای تمرینات، از شرکت‌کنندگان خواسته شد که فعالیت‌های تمرینی خاص کارآزمایی را خارج از مداخله ورزشی انجام ندهند.

آزمودنی‌ها در گروه تجربی به مدت ۸ هفته تمرینات را تحت نظر یک متخصص علم تمرین اجرا نمودند، تمرینات توسط یک پژوهشگر با همکاری یک فیزیوتراپیست با تجربه طراحی شد (۲۳). هر جلسه تمرین شامل ۶ تمرین همراه با مقاومت فعال بود.

۱- راه رفتن روی قسمت پاشنه و قسمت فورفوت: الف: شرکت‌کنندگان باید با حمایت پاشنه پا یک مسیر ۱۲ متری با تکرار تلاش ۳ بار راه بروند ب: شرکت‌کنندگان باید با حمایت بخش سر متاتارسال و بند انگشتان طوری‌که طی اجرای تمرین پا عمود بر ساق پا باشد یک مسیر ۱۲ متری با تکرار تلاش ۳ بار راه بروند (۱۴).

۲- راه رفتن روی بخش خارجی و داخلی پا الف: شرکت‌کنندگان باید با حمایت بخش داخلی قوس طولی-داخلی یک مسیر ۱۲ متری با تکرار تلاش ۳ بار راه بروند ب:

CCBY-NC.4.0 DEED

شرکت‌کنندگان باید با حمایت بخش خارجی قوس طولی-داخلی یک مسیر ۱۲ متری با تکرار تلاش ۳ بار راه بروند (۱۴).

۳- برداشتن اشیاء کوچک با انگشتان پا. شرکت‌کنندگان در حالت ایستاده باید سنگ‌های کوچک را با انگشتان پا بردارند و در جای دیگر رها کنند (۱۴).

۴- اجرای حرکت اورژن و اینورشن در برابر یک باند الاستیک به طوی‌که شرکت‌کنندگان در حالت نشسته باید ساق پا خود را صاف و حرکت مقاومتی اینورژن و اورژن با یک باند الاستیکی به مدت ۸ ثانیه انجام و بعد از ۸ ثانیه استراحت با تکرار تلاش ۳ بار آن را انجام داد (۱۴).

۵- حرکت آبداکش ران: به طوری‌که یک ساق پا به طور خمیده با سطح زمین تماس پیدا می‌کند، و ساق پا به طوری‌که عمود بر نواحی شکم بود و حرکت آبداکشن مفصل ران به مدت زمان ۸ ثانیه انجام و بعد از ۸ ثانیه استراحت با تکرار تلاش ۳ بار آن را انجام داد (۱۴).

۶- فرد در حالت سوپاین دارز کشید به طوری‌که زانوها در حالت ۹۰ درجه خمیده و یک توپ پزشکی در بین ساق پا قرار گرفت و حرکت آداکشن به مدت زمان ۸ ثانیه انجام و بعد از ۸ ثانیه استراحت با تکرار تلاش ۳ بار آن را انجام داد (تصویر ۱) (۱۴).

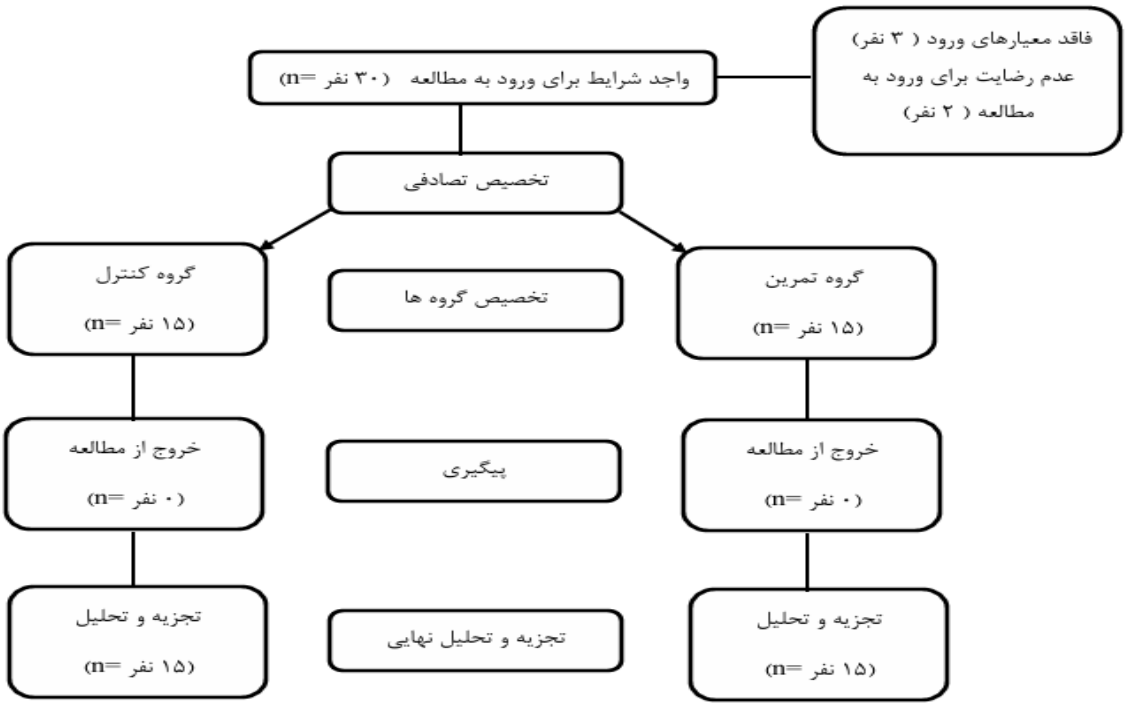
بعد از پایان پروتکل ۸ هفته تمرین شرکت‌کنندگان در گروه کنترل و تجربی جهت شرکت در طرح پس‌آزمون فراخوانده شدند و به منظور حذف برخی اثرات فیزیولوژیکی پروتکل اجرای تمرین پس آزمون ۴ روز پس از پایان تمرینات گرفته شد.



تصویر ۱- تمرینات اصلاحی جهت اصلاح ناهنجاری پرونشین

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شد. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. از آزمون امباکس (Box's M) برای بررسی همگنی ماتریس‌های کوواریانس، از آزمون Levene برای بررسی همگنی واریانس بین گروه‌ها و از آنالیز کوواریانس چندمتغیره (مانکووا) و آنالیز کوواریانس یک‌متغیره در متن مانکوا، به منظور مقایسه میانگین‌ها در گروه تمرین و کنترل با حذف اثر پیش‌آزمون استفاده شد. با استفاده از داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون، درصد تغییرات برای تمامی متغیرها محاسبه شد (Pretest × 100 / (Posttest-Pretest) (۱)، و اندازه اثر با استفاده از η^2 (Partial eta squared) محاسبه گردید. مقایسه گروه‌ها در پیش‌آزمون با آزمون t مستقل و مقایسه دو نوبت آزمون‌ها با t زوجی انجام گرفت. سطح معنی‌داری در آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

CCBY-NC.4.0 DEED



نمودار ۱- نمودار کانسورت روند انتخاب و ارزیابی شرکت‌کنندگان

نتایج

مطابق جدول ۱، از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین مشخصات دموگرافیگ در گروه ها وجود ندارد (P>۰/۰۵).

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار متغیر سن و شاخص‌های آنتروپومتریک برحسب گروه‌های مورد بررسی در پیش‌آزمون در مردان چاق با پای پرونیت شهرستان اردبیل در سال ۱۴۰۳

مشخصات	تمرین (n=۱۵) انحراف معیار ± میانگین	کنترل (n=۱۵) انحراف معیار ± میانگین	مقدار P
سن (سال)	۲۳/۲۰ ± ۰/۹۱	۲۴/۲۳ ± ۰/۹۸	۰/۱۵۴
قد (متر)	۱/۷۹ ± ۰/۰۴	۱/۷۹ ± ۰/۰۳	۰/۸۵۲
وزن (کیلوگرم)	۱۱۷/۶۱ ± ۱۶/۶۹	۱۱۲/۴۳ ± ۱۵/۹۵	۰/۷۶۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۳۴/۶۹ ± ۴/۴۱	۳۲/۲۱ ± ۴/۱۳	۰/۳۱۵
افت استخوان ناوی (میلی‌متر)	۱۱/۰۶ ± ۰/۷۹	۱۲/۰۵ ± ۰/۶۵	۰/۱۴۵

آزمون t مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

میانگین و انحراف معیار متغیرهای مورد مطالعه شامل اوج نیروهای عکس‌العمل زمین در ۳ بعد و زمان رسیدن به اوج این نیروها طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه تمرین و کنترل در جدول ۲ نمایش داده شده است. در اغلب متغیرها گروه کنترل از پیش آزمون تا پس آزمون اختلاف معناداری را نداشتند، در حالی‌که در گروه تمرین سه متغیر تغییر معناداری را نشان دادند (جدول ۲).

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار مقادیر اوج (درصدی از وزن بدن) و زمان رسیدن به اوج نیروی عکس‌العمل زمین (میلی‌ثانیه) در گروه کنترل و تمرین طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در شهرستان اردبیل در سال ۱۴۰۳

مؤلفه‌ها	گروه کنترل (n=۱۵)		مقدار P	گروه تمرین (n=۱۵)		مقدار P
	پیش‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	پس‌آزمون انحراف معیار ± میانگین		پیش‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	پس‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	
اوج نیروی خارجی	۷/۰۷ ± ۶/۶۰	۴/۵۷ ± ۲/۲۳	۰/۸۲۱	۴/۸۵ ± ۲/۷۶	۴/۹۷ ± ۲/۵۷	<۰/۰۰۱
اوج نیروی داخلی	-۷/۹۲ ± ۲/۲۴	-۶/۴۴ ± ۱/۸۸	۰/۰۱۰	-۸/۲۳ ± ۱/۴۷	-۸/۸۳ ± ۱/۰۲	۰/۵۴۱
اوج نیروی قدامی	۲۰/۷۱ ± ۵/۰۵	۱۸/۸۶ ± ۴/۸۱	۰/۱۶۳	۲۰/۷۱ ± ۳/۴۱	۲۱/۴۷ ± ۳/۴۶	۰/۰۱۲
اوج نیروی خلفی	-۲۴/۴۲ ± ۳۵/۱۳	-۲۲/۷۲ ± ۳۵/۴۸	۰/۲۳۹	-۱۷/۷۹ ± ۶/۲۲	-۱۸/۶۸ ± ۶/۶۰	<۰/۰۰۱
اوج اولیه نیروی عمودی	۱۱۷/۹۰ ± ۶۱/۰۴	۹۴/۹۷ ± ۲۰/۱۴	۰/۱۸۵	۱۰۳/۸۳ ± ۹/۴۰	۱۲۲/۱۱ ± ۵۸/۴۲	۰/۲۳۹
اوج ثانویه نیروی عمودی	۱۱۴/۵۷ ± ۶۶/۳۸	۸۸/۷۸ ± ۱۹/۲۳	۰/۷۳۴	۱۰۴/۷۲ ± ۱۲/۰۱	۱۲۲/۳۳ ± ۶۳/۵۴	۰/۴۲۵
زمان رسیدن به اوج نیروی خارجی	۲۲/۷۱ ± ۷/۷۹	۲۳/۰۳ ± ۷/۵۵	<۰/۰۰۱	۲۰/۶۸ ± ۴/۸۶	۲۰/۸۶ ± ۴/۵۳	۰/۵۴۵
زمان رسیدن به اوج نیروی داخلی	۳۹۷/۸۴ ± ۳۱۰/۹۸	۳۹۲/۴۳ ± ۱۸۵/۷۹	۰/۹۳۱	۴۱۷/۷۳ ± ۱۵۹/۷۳	۵۰۷/۵۶ ± ۲۴۸/۷۲	۰/۳۰۲
زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی	۶۳۴/۷۸ ± ۲۰۲/۶۵	۵۸۴/۸۱ ± ۴۹/۵۳	۰/۷۹۱	۵۹۴/۲۶ ± ۵۲/۹۵	۶۴۷/۵۳ ± ۲۰۵/۹۶	۰/۳۷۰
زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی	۷۶/۴۲ ± ۱۹/۳۲	۷۴/۰۱ ± ۱۶/۷۱	۰/۶۴۹	۹۰/۱۰ ± ۲۶/۲۶	۹۴/۰۵ ± ۲۰/۵۳	۰/۴۵۹
زمان رسیدن به اوج اولیه نیروی عمودی	۱۶۶/۰۷ ± ۴۰/۹۸	۱۵۹/۳۱ ± ۳۷/۷۲	۰/۷۹۱	۱۵۳/۰۶ ± ۴۳/۰۴	۱۵۷/۵۱ ± ۳۰/۴۷	۰/۳۶۸
زمان رسیدن به اوج ثانویه نیروی عمودی	۶۰۱/۹۵ ± ۳۰۴/۵۲	۵۲۴/۱۲ ± ۴۷/۰۸	۰/۰۷۰	۵۲۵/۱۰ ± ۴۴/۹۴	۶۰۴/۲۱ ± ۳۱۳/۸۷	۰/۵۲۸

آزمون t زوجی، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

خلاصه یافته‌های حاصل از تحلیل کوواریانس چندمتغیره بر طبق جدول ۳، حاکی از این است که سطح معنی‌داری آماره F چند متغیره آزمون اثر پیلاپی، لامبدای ویلکز، اثر هتلینگ و بزرگترین ریشه روی از ۰/۰۵ بزرگ‌تر است (P>۰/۰۵). لذا، بین گروه کنترل و تمرین در هیچ‌یک متغیرهای وابسته تفاوت آماری معناداری وجود ندارد (جدول ۳). با این حال، مقدار بالای مجذور اتا حاکی از اندازه اثر بزرگ تمرینات ترکیبی است که می‌تواند از نظر عملی قابل توجه باشد.

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ۳- خلاصه نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره جهت بررسی تأثیر تمرینات ترکیبی در افراد چاق با پای پرونیت شهرستان اردبیل در سال ۱۴۰۳

نام آزمون	مقدار مشاهده شده	درجه آزادی فرضیه	درجه آزادی خطا	مقدار F	مقدار P	مجذور اتا
اثر پیلاپی	۰/۶۴۲	۶	۱۲	۰/۸۹۸	۰/۵۹۰	۰/۶۴۲
لامبدای ویلکز	۰/۳۵۸	۶	۱۲	۰/۸۹۸	۰/۵۹۰	۰/۶۴۲
اثر هتلینگ	۱/۷۹۶	۶	۱۲	۰/۸۹۸	۰/۵۹۰	۰/۶۴۲
بزرگ‌ترین ریشه روی	۱/۷۹۶	۶	۱۲	۰/۸۹۸	۰/۵۹۰	۰/۶۴۲

P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

در جدول ۴، آنالیز واریانس چندمتغیره نشان داد تفاوت معناداری در متغیرهای اوج نیروی داخلی (P<۰/۰۰۱، η^2=۰/۴۲۳) و زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی (P<۰/۰۰۱، η^2=۰/۱۶۳) وجود دارد. در متغیر اوج نیروی داخلی، مقدار مجذور اتا نشان‌دهنده اندازه اثر نسبتاً بزرگ مداخله بود (η^2=۰/۴۲۳)، به‌گونه‌ای که حدود ۴۲ درصد از واریانس این متغیر توسط مداخله تبیین شد. میانگین اوج نیروی داخلی در گروه کنترل در مرحله پیش‌آزمون برابر با ۹۲/۷- و در مرحله پس‌آزمون برابر با ۴۴/۶- بود که این تغییرات نشان‌دهنده افزایش کلی ۶۸/۱۸ درصدی اوج نیروی داخلی در این گروه است (جدول ۴).

در رابطه با زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی، مجذور اتا نشان داد اندازه اثر کوچک (η^2=۰/۱۶۳) وجود دارد. میانگین اوج نیروی خلفی در گروه تمرین در پیش‌آزمون ۹۰/۱۰ و در پس‌آزمون ۹۴/۰۵ بود. نتایج آنالیز کوواریانس یک‌متغیره نشان داد که اجرای ۸ هفته تمرینات ترکیبی هوازی، مقاومتی و اصلاحی بر مؤلفه زمان رسیدن اوج نیروی خلفی تأثیر معناداری دارد، به طوری‌که موجب افزایش ۴/۳۸ درصدی زمان رسیدن اوج نیروی خلفی در گروه تمرین می‌شود (جدول ۵).

جدول ۴- نتایج تحلیل کوواریانس یک‌متغیره در متن مانکوا با گزارش منبع تغییرات پیش‌آزمون جهت تعیین تأثیر تمرینات ترکیبی بر مقادیر اوج نیروی عکس‌العمل زمین در افراد چاق با پای پرونیت شهرستان اردبیل در سال ۱۴۰۳

منبع تغییرات	متغیرها	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P	مجذور اتا
پیش‌آزمون	**اوج نیروی خارجی**	۱۰/۲۹۳	۱	۱۰/۲۹۳	۱/۸۲	۰/۱۸۷	۰/۰۶۱
	اوج نیروی داخلی	۱۳/۷۳	۱	۱۳/۷۳	۷/۰۴	۰/۰۱۳	۰/۲۰۱
	اوج نیروی قدامی	۱۴۳/۳۹	۱	۱۴۳/۳۹	۱۰/۷۸	۰/۰۰۳	۰/۲۷۸
	اوج نیروی خلفی	۱۸۴۰/۹۲	۱	۱۸۴۰/۹۲	۷۱۳/۶۷	<۰/۰۰۱	۰/۹۶۲
	اوج اولیه نیروی عمودی	۳۷/۷۰	۱	۳۷/۷۰	۰/۰۱۷	۰/۸۹۷	۰/۰۰۱
	اوج ثانویه نیروی عمودی	۳۰۷/۷۷	۱	۳۰۷/۷۷	۰/۱۶۱	۰/۶۹۱	۰/۰۰۶
گروه	**اوج نیروی خارجی**	۲/۷۰	۱	۲/۷۰	۰/۴۸۱	۰/۴۹۴	۰/۰۱۷
	اوج نیروی داخلی	۳۹/۹۹	۱	۳۹/۹۹	۲۰/۵۰	<۰/۰۰۱	۰/۴۲۳
	اوج نیروی قدامی	۵۲/۸۶	۱	۵۲/۸۶	۳/۹۷	۰/۰۵۶	۰/۱۲۴

CCBY-NC.4.0 DEED

	اوج نیروی خلفی	۶/۹۰	۱	۶/۹۰	۰/۲۶۸	۰/۶۰۹	۰/۰۰۹
	اوج اولیه نیروی عمودی	۸۷۳۹/۷۸	۱	۸۷۳۹/۷۸	۳/۹۴	۰/۰۵۷	۰/۱۲۳
	اوج ثانویه نیروی عمودی	۵۱۴۲/۸۹	۱	۵۱۴۲/۸۹	۲/۶۸	۰/۱۱۲	۰/۰۸۸
خطا	اوج نیروی خارجی	۱۵۷/۵۵	۲۸	۵/۶۲			
	اوج نیروی داخلی	۵۴/۶۰	۲۸	۱/۹۵			
	اوج نیروی قدامی	۳۷۲/۳۳	۲۸	۱۳/۲۹			
	اوج نیروی خلفی	۷۲۲/۰۱	۲۸	۲۵/۷۸			
	اوج اولیه نیروی عمودی	۶۲۰۳/۴۸	۲۸	۲۲۱۵/۵۵			
	اوج ثانویه نیروی عمودی	۵۴۶۹/۸۸	۲۸	۱۹۵۳/۶۳			
کل	اوج نیروی خارجی	۸۷۳/۸۸	۳۱				
	اوج نیروی داخلی	۱۹۰۳/۵۹	۳۱				
	اوج نیروی قدامی	۱۳۱۳/۳۶	۳۱				
	اوج نیروی خلفی	۳۳۹۰/۵۶	۳۱				
	اوج اولیه نیروی عمودی	۴۹۶۰/۹۸	۳۱				
	اوج ثانویه نیروی عمودی	۴۲۱۸۸/۰۵۵	۳۱				

جدول ۵- نتایج تحلیل کوواریانس یک‌متغیره در متن مانکوا با گزارش منبع تغییرات پیش‌آزمون جهت تعیین تأثیر تمرینات ترکیبی بر مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی عکس العمل زمین در افراد چاق با پای پرونیت شهرستان اردبیل در سال ۱۴۰۳

منبع تغییرات	متغیرها	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P	مجذور اتا
پیش‌آزمون	زمان رسیدن به اوج نیروی خارجی	۱۰۲۱/۲۱۹	۱	۱۰۲۱/۲۱۹	۲۳۲/۲۴	<۰/۰۰۱	۰/۸۹۲
	زمان رسیدن به اوج نیروی داخلی	۸۹۴۱/۲۰۳	۱	۸۹۴۱/۲۰۳	۱/۹۳۴	۰/۱۷۵	۰/۰۶۵
	زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی	۶۱۱/۷۹۴	۱	۶۱۱/۷۹۴	۰/۲۷	۰/۸۷۰	۰/۰۰۱
	زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی	۲۸۸۶/۳۹۳	۱	۲۸۸۶/۳۹۳	۱۱/۲۰	۰/۰۰۲	۰/۲۸۶
	زمان رسیدن به اوج اولیه نیروی عمودی	۱۲۴۹/۳۱۳	۱	۱۲۴۹/۳۱۳	۱۶/۰۰	<۰/۰۰۱	۰/۳۶۴
	زمان رسیدن به اوج ثانویه نیروی عمودی	۳۶۳۱/۱۶۳	۱	۳۶۳۱/۱۶۳	۰/۰۷۲	۰/۷۹۰	۰/۰۰۳
گروه	زمان رسیدن به اوج نیروی خارجی	۰/۷۷۵	۱	۰/۷۷۵	۰/۱۷۶	۰/۶۷۸	۰/۰۰۶

CCBY-NC.4.0 DEED

	زمان رسیدن به اوج نیروی داخلی	۹۴۷۲/۹۹۰	۱	۹۴۷۲/۹۹۰	۲/۰۴	۰/۱۶۳	۰/۰۶۸
	زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی	۲۸۷۰/۹۴۳	۱	۲۸۷۰/۹۴۳	۱/۲۷	۰/۲۶۸	۰/۰۴۴
	زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی	۱۴۰۳/۰۱۳	۱	۱۴۰۳/۰۱۳	۵/۴۴	**۰/۰۲۷**	۰/۱۶۳
	زمان رسیدن به اوج اولیه نیروی عمودی	۱۶۲/۲۶۲	۱	۱۶۲/۲۶۲	۰/۲۰۸	۰/۶۵۲	۰/۰۰۷
	زمان رسیدن به اوج ثانویه نیروی عمودی	۴۳۵۵/۰۱۰	۱	۴۳۵۵/۰۱۰	۰/۸۶۶	۰/۳۶۰	۰/۰۳۰
خطا	زمان رسیدن به اوج نیروی خارجی	۱۲۳/۱۲	۲۸	۴/۳۹			
	زمان رسیدن به اوج نیروی داخلی	۱۲۹۴۴/۰۴۳	۲۸	۴۶۲۳/۱۴۴			
	زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی	۶۳۰۰/۱۲۶	۲۸	۲۲۵۰/۰۴۰			
	زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی	۷۲۱۰/۰۶۶	۲۸	۲۵۷/۵۰۲			
	زمان رسیدن به اوج اولیه نیروی عمودی	۲۱۸۵۸/۵۵۸	۲۸	۷۸۰/۶۶۳			
	زمان رسیدن به اوج ثانویه نیروی عمودی	۱۴۰۸۸/۴۴۵	۲۸	۵۰۳۱۷/۵۸۷			
کل	زمان رسیدن به اوج نیروی خارجی	۱۶۱۶/۶۲	۳۱				
	زمان رسیدن به اوج نیروی داخلی	۷۷۱۲۳/۱۲۵	۳۱				
	زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی	۱۲۳۹۲/۷۵	۳۱				
	زمان رسیدن به اوج نیروی خلفی	۲۳۰۴/۵۰۰	۳۱				
	زمان رسیدن به اوج اولیه نیروی عمودی	۲۱۸۵۸/۵۵	۳۱				
	زمان رسیدن به اوج ثانویه نیروی عمودی	۱۱۲۸۴/۵۶	۳۱				

بحث

هدف پژوهش حاضر تعیین اثر یک دوره تمرینات ترکیبی (مقاومتی، هوازی و اصلاحی) بر مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد چاق با پای پرونیت طی راه‌رفتن بود. تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان داد که اوج نیروی داخلی پس از مداخله تغییر معناداری دارد. نتایج نشان داد که در گروه کنترل، اوج نیروی داخلی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون حدود ۱۸/۶۸ درصد

CCBY-NC.4.0 DEED

افزایش یافته است. افزایش نیروی داخلی در افراد چاق به طور معمول با تغییرات الگوی راه‌رفتن، افزایش ممان اینرسی اندام تحتانی و نیز جبران ناپایداری پا در افراد دارای پرونیشن مرتبط است (۳، ۲).

این یافته اهمیت مداخلات تمرینی را در اصلاح الگوی بارگذاری مکانیکی در افراد چاق با پای پرونیت برجسته می‌کند. پای پرونیت به دلیل تغییر در راستای کف پا و افزایش حرکات چرخشی، معمولاً منجر به افزایش نیروهای داخلی و فشار بر ساختارهای اسکلتی-عضلانی می‌شود. پژوهش Jafarnezhadgero و همکاران نشان داد که ترکیب چاقی و پرونیشن پا با افزایش مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین همراه است و بار مکانیکی بیشتری را به اندام تحتانی تحمیل می‌کند (۴). هم‌چنین، Kim و همکاران گزارش کردند که افراد چاق به طور کلی در حین راه‌رفتن، سرعت کمتر، نیروی عکس‌العمل زمین بیشتر و الگوهای بارگذاری مفصلی متفاوتی نسبت به افراد غیرچاق دارند (۵). از منظر مداخلات، یافته‌های این پژوهش با نتایج Park و همکاران در مطالعه‌ای روی افراد چاق با کف پای صاف نشان دادند که اجرای مداخلات تمرینی مچ‌پا و کف پا می‌تواند به بهبود عضلات قوس کف پایی، افزایش قدرت مچ و بهبود تعادل منجر شود. یافته حاضر نیز نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی، علاوه بر اثرات هوازی و کاهش فشار ناشی از وزن بدن، می‌توانند از طریق بهبود ساختار و عملکرد کف‌پا، بارهای مکانیکی را در حین راه‌رفتن متعادل‌تر کنند (۶). با این حال، مشاهده افزایش اوج نیروی داخلی در گروه کنترل و عدم ثبت کاهش معنادار در گروه تمرین، می‌تواند نشان‌دهنده نقش تنظیمات بیش‌جبرانی بدن در افراد چاق باشد؛ به‌ویژه در شرایطی که تمرینات هنوز برای اثرگذاری بر کینتیک عمقی نیازمند دوره طولانی‌تری هستند. در برخی مطالعات مشابه نیز گزارش شده که تغییرات در نیروی داخلی در مقایسه با سایر مؤلفه‌ها دیرهنگام‌تر رخ می‌دهد (۷). با این حال، نتایج آنالیز کوواریانس یک‌متغیره نشان داد که اجرای ۸ هفته تمرینات ترکیبی هوازی، مقاومتی و اصلاحی بر مؤلفه زمان رسیدن اوج نیروی خلفی تأثیر معناداری دارد، به‌طوری‌که موجب افزایش ۴/۳۸ درصدی زمان رسیدن اوج نیروی خلفی در گروه تمرین می‌شود. افزایش زمان رسیدن به اوج نیرو می‌تواند نشانه‌ای از بهبود الگوی حرکتی و تسهیل پیدا کردن انتقال بار در طول چرخه‌ی راه‌رفتن باشد. در افراد چاق با پای پرونیت، به دلیل محدودیت‌های ساختاری و ضعف عضلات تثبیت‌کننده، انتقال نیرو معمولاً سریع‌تر و با فشار بیشتری رخ می‌دهد که می‌تواند خطر آسیب را افزایش دهد (۸). بنابراین، افزایش زمان رسیدن به اوج نیرو در گروه تمرین احتمالاً ناشی از تأثیر تمرینات ترکیبی بر بهبود هماهنگی عضلانی، افزایش کنترل عصبی-عضلانی و بهینه‌سازی الگوی حرکتی است. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی عمدتاً بر مؤلفه زمانی نیروهای عکس‌العمل زمین (نظیر زمان رسیدن به اوج نیرو) اثرگذار بوده و به بهبود کنترل مراحل اولیه تماس پا با زمین کمک کرده است. با این حال، تغییر در مؤلفه‌های دامنه نیرو (نظیر اوج نیروی داخلی) به نظر می‌رسد به به اجرای مداخلات تمرینی طولانی‌تر نیاز داشته باشد.

پژوهش حاضر همچون سایر مطالعات با محدودیت‌هایی همراه بود که در تفسیر و تعمیم نتایج باید مد نظر قرار گیرند. نخست این‌که حجم نمونه نسبتاً محدود بود و این موضوع می‌تواند توان آماری مطالعه را کاهش داده و تعمیم‌پذیری نتایج به جمعیت بزرگ‌تر را دشوار کند. هم‌چنین، شرکت‌کنندگان تنها شامل افراد چاق با پای پرونیت بودند؛ بنابراین، یافته‌ها به سایر گروه‌های جمعیتی مانند افراد غیرچاق یا دارای ناهنجاری‌های متفاوت در

CCBY-NC.4.0 DEED

اندام تحتانی قابل تعمیم مستقیم نیست. از سوی دیگر، مدت زمان مداخله نسبتاً کوتاه بود و احتمال می‌رود که تغییرات گسترده‌تر در نیروهای عکس‌العمل زمین و سایر شاخص‌های بیومکانیکی نیازمند دوره‌های طولانی‌تر تمرینات باشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با دوره‌های تمرینی طولانی‌تر و شدت‌های متفاوت اجرا شوند تا امکان بررسی دقیق‌تر تغییرات مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین فراهم گردد. هم‌چنین، افزایش حجم نمونه و بررسی اثر تمرینات ترکیبی در گروه‌های سنی مختلف یا در زنان می‌تواند به تعمیم‌پذیری بیشتر یافته‌ها کمک کند. پیشنهاد می‌شود مقادیر کینماتیک حرکت بررسی شود، تا بینش عمیق‌تری درباره ساز و کارهای بیومکانیکی مؤثر بر تغییرات نیروهای عکس‌العمل زمین ارائه گردد. در نهایت، انجام مطالعات طولی جهت ارزیابی پایداری تغییرات ایجاد شده پس از پایان دوره تمرین می‌تواند به تعیین اثربخشی بلندمدت مداخلات پیشنهادی کمک کند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات هوازی و مقاومتی، همراه با تمرینات اصلاحی، مقادیر مکانیکی اوج نیروی‌های عکس‌العمل زمین را در مردان چاق با پای پرونیت طی راه رفتن به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد. با این حال، تحقیقات آینده ضروری است هنگام طراحی مداخلات توان‌بخشی، شرایط خاص بیماران را در نظر بگیرند.

تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان حاضر در پژوهش در خصوص اجرای پژوهش حاضر کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض در منافع: از طرف نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی در مقاله گزارش نشده است.

حامی مالی: پژوهش حاضر فاقد هرگونه حمایت مالی از جانب سازمان‌های دولتی یا خصوصی بوده است.

ملاحظات اخلاقی (کد اخلاق): پژوهش حاضر توسط کمیته اخلاقی دانشگاه محقق اردبیلی با کد IR.UMA.REC.1403.062 و کد کار آزمایی بالینی IRCT20170806035517N7 تصویب شد.

مشارکت نویسندگان

- **طراحی ایده:** امیرعلی جعفرنژادگرو، احسان فخری میرزانق
- **روش کار:** افسانه انتشاری مقدم، امیرعلی جعفرنژادگرو
- **جمع‌آوری داده‌ها:** فرهاد رضازاده، احسان فخری میرزانق
- **تجزیه و تحلیل داده‌ها:** ماهرخ دهقانی، احسان فخری میرزانق
- **نظارت:** افسانه انتشاری مقدم، ماهرخ دهقانی
- **مدیریت پروژه:** امیرعلی جعفرنژادگرو، احسان فخری میرزانق
- **نگارش – پیش‌نویس اصلی:** فرهاد رضازاده، احسان فخری میرزانق
- **نگارش – بررسی و ویرایش:** امیرعلی جعفرنژادگرو، احسان فخری میرزانق

References

1. Emmerich SD, Fryar CD, Stierman B, Ogden CL. Obesity and severe obesity prevalence in adults: United States, August 2021–August 2023. *NCHS Data Brief* 2024.

2. Unver B, Selici K, Akbas E, Erdem EU. Foot posture, muscle strength, range of motion, and plantar sensation in overweight and obese individuals. *J Appl Biomech* 2020; 37(2): 87–94.

3. Sarkar A, Sawhney A. Effects of body mass index on biomechanics of adult female foot. *J Med Assoc Thai* 2017; 4(1): 232–6.

CCBY-NC.4.0 DEED

4. Khodaveisi H, Sadeghi H, Memar R, Anbarian M. Comparison of selected muscular activity of trunk and lower extremities in young women's walking on supinated, pronated and normal foot. *Apunts Med Esport* 2016; 51(189): 13–9.

5. Irving DB, Cook JL, Young MA, Menz HB. Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: a matched case-control study. *BMC Musculoskelet Disord* 2007; 8(1): 41.

6. Jafarnezhadgero AA, Jahangirpour A, Parsa H, Sajedi H, Granacher U, Souza Oliveira A. The impact of excessive body weight and foot pronation on running kinetics: a cross-sectional study. *Sports Med Open* 2023; 9(1): 116.

7. Okamura K, Kanai S. Comparison of foot kinematics and ground reaction force characteristics during walking in individuals with highly and mildly pronated feet. *Gait Posture* 2024; 107: 240–5.

8. Pranoto A, Ramadhan RN, Rejeki PS, Miftahussurur M, Yosika GF, Nindya TS, et al. The role of long-term combination training in reducing and maintaining body fat in obese young adult women. *Retos* 2024; 53: 139–46.

9. Jafarnezhadgero AA, Dehghani M, Abdollahpourdarvishani M, Sheikhalizadeh H, Akrami M. Effect of textured foot orthoses on walking plantar pressure variables in children with autism spectrum disorders. *J Biomech* 2021; 129: 110775.

10. Mohammadi F. Relationship between body mass index and motor competence in children aged 7–10 years: a cross-sectional study. *Jundishapur Sci Med J* 2022; 21(2): 204–16. [Farsi]

11. Saenz C, Carracedo S. The revision of the Declaration of Helsinki viewed from the Americas—paving the way to better research. *JAMA* 2025; 333(1): 24–5.

12. Kirmizi M, Cakiroglu MA, Sengul YS, Elvan A, Simsek IE, Angin S. Investigation of the relationships among clinical measures of foot posture in individuals with and without pronated foot. *J Am Podiatr Med Assoc* 2021; 111(6).

13. Alahmri F, Alsaadi S, Ahsan MJ. Comparison of 3D hip joint kinematics in people with asymptomatic pronation of the foot and non-pronation controls. *Malays J Med Sci* 2021; 28(3): 77.

14. Sánchez-Rodríguez R, Valle-Estévez S, Fraile-García PA, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Escamilla-Martínez E, et al. Modification of pronated foot posture after a program of therapeutic exercises. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(22): 8406.

15. 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.

16. Jafarnezhadgero AA, Jahangirpour A, Parsa H, Sajedi H, Granacher U, Souza Oliveira A. The impact of excessive body weight and foot pronation on running kinetics: a cross-sectional study. *Sports Med Open* 2023; 9(1): 116.

17. Nixon RM, Vincent KR, Pezzullo L, Vincent HK. Enhanced ground reaction force analyses reveal injury-related biomechanical differences in runners. *Sci Rep* 2025; 15(1): 31964.

CCBY-NC.4.0 DEED

18. Wong PC, Chia MY, Tsou IY, Wansaicheong GK, Tan B, Wang JC, et al. Effects of a 12-week exercise training programme on aerobic fitness, body composition, blood lipids and C-reactive protein in adolescents with obesity. *Ann Acad Med Singap* 2008; 37(4): 286.

19. Ho SS, Dhaliwal SS, Hills AP, Pal S. The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BMC Public Health* 2012; 12(1): 704.

20. Ahmadi A, Moheb-Mohammadi F, Navabi ZS, Dehghani M, Heydari H, Sajjadi F, et al. The effects of aerobic training, resistance training, combined training, and healthy eating recommendations on lipid profile and body mass index in overweight and obese children and adolescents: a randomized clinical trial. *ARYA Atheroscler* 2020; 16(5): 226.

21. Kim B, Kim S. Influences of resistance versus aerobic exercise on physiological and physical fitness changes in previously inactive men with obesity: a prospective, single-blinded randomized controlled trial. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2020; 13: 267–76.

22. Kaneko T, Kumagai H, Yoshikawa T, Tsujimoto T, Miyauchi T, Tanaka K, et al. Regular aerobic exercise decreases circulating estradiol/testosterone ratio in overweight and obese men. *Endocr J* 2023; 12(4): 101–6.

23. De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Vanden Bossche L, Danneels L, Roosen P. Impaired core stability as a risk factor for the development of lower extremity overuse injuries: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 2019; 47(7): 1713–21.

24. Ahmadi M, Yalfani A, Gandomi F, Rashid K. The effect of twelve-week neurofeedback training on pain, proprioception, strength and postural balance in men with patellofemoral pain syndrome: a double-blind randomized control trial. *J Rehabil Sci Res* 2020; 7(2): 66–74. [Farsi]

25. Lai YY. Measuring the "weight" of human in vivo bio-inertia by Galileo falling body experiments on a commercial 10 m diving platform. *Med Hypotheses* 2021.

26. Abiri B, Ahmadi AR, Amini S, Akbari M, Hosseinpanah F, Madinehzad SA, et al. Prevalence of overweight and obesity among Iranian population: a systematic review and meta-analysis. *J Health Popul Nutr* 2023; 42(1): 70.

27. Kim KK, Haam JH, Kim BT, Kim EM, Park JH, Rhee SY, et al. Evaluation and treatment of obesity and its comorbidities: 2022 update of clinical practice guidelines for obesity by the Korean Society for the Study of Obesity. *J Obes Metab Syndr* 2023; 32(1): 1.

28. Park DJ, Lee KS, Park SY. Effects of two foot-ankle interventions on foot structure, function, and balance ability in obese people with pes planus. *Healthcare* (Basel) 2021; 9.

29. Cheung PC, Cunningham SA, Narayan KV, Kramer MR. Childhood obesity incidence in the United States: a systematic review. *Child Obes* 2016; 12(1): 1–11.

30. Villarrasa-Sapiña I, Serra-Añó P, Pardo-Ibáñez A, Gonzalez LM, García-Massó X. Relationship between body composition and vertical ground reaction forces in obese children when walking. *Clin Biomech* 2017; 41: 77–81.

CCBY-NC.4.0 DEED

Effect of 8 Weeks of Aerobic and Resistance with Corrective Eercise on Ground Reaction Force Components in Obese Males with Pronated Feet during Walking: A Clinical Trial Study

Ehsan Fakhri Mirzanagh[1], AmirAli Jafarnezhadgero[2], Mahrokh Dehghani[3], Farhad Rezazadeh[4], Afsaneh Enteshari-Moghaddam[5]

Received: 23/09/25 Sent for Revision: 03/11/25 Received Revised Manuscript: 28/12/25 Accepted: 30/12/25

Background and Objectives: Obesity and pronated feet are among the disorders that can disrupt balance and gait patterns. Therefore, this study aimed to determine the effect of a combined training course on the values of ground reaction forces in obese men with pronated feet during walking.

Materials and Methods: This study was a clinical trial conducted in Ardabil City in 2024. The statistical sample of the present study included 30 obese adult men with pronated feet that were randomly divided into training (15 individulas) and control (15 individulas) groups. The training group performed combined exercises including resistance and aerobic with corrective exercises at 3 sessions per week for 8 weeks. The control group did not receive any specific exercise program during this period. The values of ground reaction forces through a force plate were recorded. Multivariate analysis of variance was used to analyze the data.

Results: The results of the multivariate analysis of covariance (MANCOVA) indicated that 8 weeks of combined exercises significantly affected the components of ground reaction forces in obese men with pronated feet ($p<0.001$). The greatest effect was observed on the time-to-peak of the posterior force, which increased by 4.38%

Conclusion: The findings showed that aerobic and resistance training with corrective exercises significantly improved the time-to-peak for peak values of ground reaction forces in obese males with pronated feet during walking. However, future research should consider the specific conditions of patients when designing rehabilitation interventions.

Keywords: Obesity, Walking, Combined exercises, Ground reaction forces, Pronated feet

Funding: This study did not have any funds.

Conflict of interest: None declared.

Ethical considerations: The Ethics Committee of University of Mohaghegh Ardabili approved the study (IR.UMA.REC.1403.062).

Authors' contributions:

- Conceptualization: AmirAli Jafarnezhadgero, Ehsan Fakhri Mirzanagh

- Methodology: Afsaneh Enteshari-Moghaddam, AmirAli Jafarnezhadgero

- Data collection: Mahrokh Dehgani, Ehsan Fakhri Mirzanagh

- Formal analysis: Afsaneh Enteshari-Moghaddam, Mahrokh Dehghani

- Supervision: AmirAli Jafarnezhadgero, Ehsan Fakhri Mirzanagh

- Project administration: Farhad Reza Zadeh, Ehsan Fakhri Mirzanagh

- Writing – original draft: AmirAli Jafarnezhadgero, Ehsan Fakhri Mirzanagh

- Writing – review & editing: AmirAli Jafarnezhadgero, Ehsan Fakhri Mirzanagh

Citation: Fakhri Mirzanagh E, Jafarnezhadgero AA, Dehghani M, Rezazadeh F, Enteshari-Moghaddam A. Effect of 8 Weeks of Aerobic and Resistance with Corrective Eercise on Ground Reaction Force Components in Obese Males with Pronated Feet During Walking: A Clinical Trial Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2026; 24 (10): 955-70. [Farsi]

1- PhD Candidate in Sports Biomechanics, Dept. of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Associate Prof. of Sports Biomechanics, Dept. of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, ORCID: 0000-0002-2739-4340
(Corresponding Author) Tel: 09105146214, E-mail: amiralijafarnezhad@gmail.com

3- Prof. of Motor Behavior, Dept. of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

4- Assistant Prof. of Sport Injuries, Dept. of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

5- Associate Prof. of Rheumatology, Dept. of Internal Medicine, Ardabil University of Medicine Sciences, Ardabil, Iran

CCBY-NC.4.0 DEED