مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۲، مرداد ۱۴۰۲، ۵۰۶-۴۹۵

مقایسه مقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین قبل و بعد از خستگی در زنان با سابقه کووید-۱۹ و زنان سالم طی راه‌رفتن: یک مطالعه نیمه‌تجربی

امیرعلی جعفرنژادگرو[۱]، رها نوروزی[۲]، ابراهیم پیری[۳]

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۲/۰۲/۲۷ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: خستگی ناشی از دویدن در افراد با سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ به دلیل تغییرات الکترومایوگرافی می‌تواند منجر به تغییر نیروهای عکس‌العمل زمین گردد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه مقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین قبل و بعد از خستگی در زنان با سابقه کووید-۱۹ در مقایسه با زنان سالم طی راه‌رفتن بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۱۴ زن با سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ و ۱۴ زن سالم استان اردبیل در سال ۱۴۰۰ بود که به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. افراد با سابقه ابتلاء به بیماری کووید-۱۹ دارای نتایج مثبت آزمایش کووید-۱۹ (Polymerase chain reaction; PCR) در زمان ابتلاء بودند. از صفحه نیروی برتک با نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز برای ثبت نیروی عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون t دو نمونه مستقل تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در مقادیر تغییرات میانگین پیش‌آزمون-پس‌آزمون بین زنان گروه سالم و کووید-۱۹ وجود نداشت (P>۰/۰۵). با وجود این، مقادیر اختلاف میانگین پیش‌آزمون-پس‌آزمون متغیر اوج نیروی خارجی عکس‌العمل زمین دارای اختلافی نزدیک به سطح معنی‌داری (P=۰/۰۵۵)، با میزان اندازه اثر بالا (d=۰/۸۳) بود.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که عدم توانایی اعمال مکانیسم جبرانی در حین ظهور خستگی در افراد مبتلا به کووید-۱۹ می‌تواند زمینه‌ای اصلی برای بروز آسیب و کاهش ثبات مفاصل حین راه‌رفتن باشد.

واژه‌های کلیدی: خستگی، نیروی عکس‌العمل زمین، کووید-۱۹، راه‌رفتن

۱- (نویسنده مسئول) دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تلفن: ؟؟؟، دورنگار: ؟؟؟، پست الکترونیکیamiralijafarnezhad@gmail.com
۲- کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

مقدمه

راه‌رفتن بخش جدایی‌ناپذیر زندگی انسان محسوب می‌شود، داشتن فعالیت بدنی منظم همچون راه‌رفتن می‌تواند اثرات مفیدی بر کیفیت زندگی افراد داشته باشد [۱]. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، افرادی که در طول هفته تمرینات هوازی را با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه انجام می‌دهند، خطر ابتلاء به بیماری‌های قلبی-عروقی، درد مفاصل و بیماری‌های استخوانی کمتری را در مقایسه با افراد غیرفعال تجربه می‌کنند [۲-۳]. با شیوع بیماری کووید-۱۹ از اوایل دسامبر ۲۰۱۹ تا ژانویه ۲۰۲۲ منجر به مرگ صدها هزار نفر از مردم مختلف جهان شد [۴-۵]، اما با پایان یافتن دوران کرونا مبتلایان به این ویروس از هیپوکسی (کاهش اکسیژن‌رسانی) و خستگی زودرس در هنگام بالا و پایین آمدن از پله، پیاده‌رویی و هرگونه فعالیتی که دستگاه هوازی را درگیر می‌کند احساس نارضایتی داشتند [۶-۸]. کاهش عملکرد ریه به لحاظ اکسیژن‌رسانی کافی از طریق آلوئول‌ها می‌تواند زمینه جدی برای بروز خستگی عضلانی این دسته از افراد باشد [۹]. بر همین اساس، شواهد گذشته مبتنی بر این است که هیپوکسی، می‌تواند منجر به کاهش اشباع اکسیژن خون سرخرگی گردد [۱۰]. در همین راستا، مطالعات اخیر نشان داده است که کووید-۱۹ باعث ایجاد بیماری‌هایی از قبیل آریتمی قلبی، میوکاردیت (التهاب عضله قلب) و انفارکتوس میوکارد (سکته‌ی قلبی) می‌گردد [۱۱-۱۲].

نیروی عکس‌العمل زمین (Ground reaction force; GRF)، یکی از مهم‌ترین متغیرهایی می‌باشد که می‌تواند بر مکانیک راه‌رفتن افراد مؤثر واقع گردد [۱۳]. بر اساس مطالعات پیشین نتایج حاکی از آن است که هر چه زمان رسیدن به اوج نیروها کمتر باشد، احتمال بروز آسیب بیشتر خواهد بود و بالعکس. در همین راستا Jafarnezhadgero و همکاران طی مطالعه‌ای با عنوان تأثیر کووید-۱۹ و خستگی عضلانی بر تناسب اندام قلبی تنفسی و سینتیک دویدن در دوندگان تفریحی زن نشان دادند که افراد با سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ در مقایسه با همسالان سالم خود افزایش زمان تماس پاشنه پا با سطح زمین و کاهش زمان رسیدن به اوج نیروها گزارش کردند [۱۴]. نمودار نیروهای عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن شامل دو اوج و یک دره می‌باشد (شکل ۱). نقطه اوج اول هم‌زمان با تماس پاشنه پا با سطح زمین و تا ابتدای مرحله تماس کف پا با زمین را شامل می‌شود، اما نقطه اوج دوم فشار پنجه‌های پا به زمین برای تولید نیروی جلوبرنده، را شامل می‌شود.

خستگی به لحاظ فیزیولوژیکی عبارت است از ناتوانی عضله در تولید نیروی کافی برای استمرار یک فعالیت. بر اساس شواهد خستگی یکی از عواملی است که می‌تواند الگوهای حرکات مختلفی همچون راه‌رفتن را تحت تأثیر قرار دهد [۱۵-۱۶]. Nasrabadi و همکاران در مطالعه‌ای تحت عنوان تأثیر خستگی بر روی برخی شاخص‌های نیروی عکس‌العمل زمین در مردان جوان سالم فعال حین انجام حرکت فرود نشان دادند که مردان جوان سالم پس از بروز خستگی در مقایسه با حالت قبل از بروز خستگی دیرتر به پایداری می‌رسند [۱۷]. از طرفی، نشان داده شده است که بروز خستگی با اختلال در فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی و متعاقب آن اعمال

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

نیروهای عکس‌العمل زمین در راستای نامناسب بدن می‌تواند منجر به افزایش دامنه نوسانات پاسچر و کاهش توانایی تعادل و ثبات طی راه‌رفتن گردد [۱۸].

با توجه به جستجوهای انجام گرفته تا به حال مطالعه‌ای به بررسی اثرات خستگی بر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد با سابقه کووید-۱۹ نپرداخته است. لذا ضروری است تا دلایل اصلی تغییرات اوج نیروهای عکس‌العمل زمین مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد تا بروز آسیب و بی‌ثباتی حین فعالیت‌هایی همچون راه‌رفتن به حداقل برسد. به نظر می‌رسد نتایج این پژوهش می‌تواند بینش وسیع‌تری درباره اثرات قبل و بعد از خستگی بر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین فراهم کند. لذا هدف از مطالعه حاضر مقایسه مقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین قبل و بعد از خستگی در زنان با سابقه کووید-۱۹ در مقایسه با زنان سالم طی راه‌رفتن بود.

شکل ۱- آشنایی در خصوص اوج نیروهای عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان با سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ و سالم استان اردبیل در سال ۱۴۰۰ تشکیل دادند. برای تعیین حداقل حجم نمونه از نرم‌افزار G*Power نسخه ۳/۱ استفاده شد که این نرم‌افزار نشان داد در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۸ و توان آماری برابر ۰/۸، حداقل تعداد نمونه مورد نیاز برابر ۱۴ نفر در هر گروه می‌باشد [۱۹].

تمامی مراحل در آزمایشگاه بیومکانیک سلامت و تندرستی دانشگاه محقق اردبیلی توسط پژوهش‌گران مطالعه حاضر طی تابستان ۱۴۰۰ اجرا شد. ابتدا نمونه‌ها با پرسش از خود شخص در مورد این که آیا به کووید-۱۹ مبتلا شده‌اند و آیا تست آزمایش کووید-۱۹ (Polymerase chain reaction; PCR) آنان مثبت شده بود و با علایمی که داشتند افراد مبتلا به کووید-۱۹ معرفی شدند (دو ماه از سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ آزمودنی‌ها گذشته بود)، و هم‌چنین افرادی که سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ نداشتند به عنوان افراد سالم معرفی شدند. لازم به ذکر است که آزمودنی‌های شرکت‌کننده در این پژوهش سابقه پیاده‌روی تفریحی قبل از ابتلاء به ویروس کووید-۱۹ داشتند. هم‌چنین، مسافت طی شده در طول هفته توسط خود آزمودنی‌ها به‌وسیله گوشی‌های هوشمند (نرم‌افزارهای گام-شمار)، مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. ضمناً افراد گروه سالم از لحاظ سن، قد و وزن با زنان با سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ همسان‌سازی شدند.

نمونه آماری پژوهش حاضر به تعداد ۲۸ نفر (زنان متأهل با مدرک تحصیلی کارشناسی و بالاتر) با دامنه سنی ۳۰-۱۸ سال بودند که به طور هدفمند و داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. پای راست طی آزمون شوت فوتبال به عنوان پای برتر تمامی آزمودنی‌ها مشخص گردید [۲۹]. شرایط ورود

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

به پژوهش شامل انتخاب آزمودنی‌ها بر اساس سابقه ابتلاء به کووید-۱۹، نداشتن قطع عضو و یا اختلالات عصبی و ارتوپدی ناشی از سایر بیماری‌ها، هم‌چنین نداشتن ناهنجاری در اندام‌های تحتاتی و عدم سابقه عمل جراحی در اندام‌های تحتانی بود. شرایط خروج آزمودنی‌ها از پژوهش شامل بروز آسیب در اندام تحتانی و عدم تمایل به همکاری بود. هم‌چنین در کلیه مراحل پژوهش، اخلاق پژوهشی رعایت شد و از آزمودنی‌ها رضایت‌نامه حضور در پژوهش اخذ شد و به تمامی آزمودنی‌ها در خصوص محرمانه بودن اطلاعات ایشان اطمینان داده شد. تمام موارد اجرای پژوهش مطابق با اعلامیه هلسینکی بود [۲۰]. آزمودنی‌ها این اجازه را داشتند تا در هر مرحله از پژوهش که بخواهند بدون ارائه هیچ‌گونه دلیلی از پژوهش خارج شوند. پروتکل اخلاقی این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره IR.UMA.REC.1400.078 از دانشگاه محقق اردبیلی اخذ گردید.

قبل از شروع جمع‌آوری داده‌ها به آزمودنی‌ها در خصوص نحوه اجرای آزمایش و وظایف آزمودنی‌ها توضیحاتی ارائه شد و در ادامه به سؤالات و ابهامات آزمودنی‌ها پاسخ‌هایی ارائه شد. قبل از اجرای پروتکل خستگی، ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه فرایند گرم کردن را با اجرای حرکت کششی انجام دادند. سپس آزمودنی‌ها مسیر ۱۸ متری را با سرعت متوسط ۱/۲ متر بر ثانیه راه رفتند. از صفحه نیروی برتک ساخت کشور آمریکا با ابعاد ۴۰*۶۰ سانتی‌متر برای ثبت نیروهای عکس‌العمل زمین استفاده شد. نرخ نمونه‌برداری دستگاه صفحه نیرو برابر ۱۰۰۰ هرتز بود. طی جمع‌آوری داده از آزمودنی‌ها خواسته شد تا راه‌رفتن خود را به گونه‌ای تنظیم کنند تا پای راست دقیقاً وسط صفحه نیرو بی‌افتد و بدون هیچ‌گونه مکثی به مسیر خود ادامه دهند، در غیر این صورت تلاش تکرار می‌شد. هر آزمودنی عمل راه‌رفتن را ۵ مرتبه انجام داد، میانگین ۵ مرتبه راه‌رفتن به عنوان کارآزمایه نهایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس پروتکل خستگی با استفاده از تردمیل پیشرفته مدل (Horizon Fitness، Omega GT، USA) بدون شیب انجام شد. آزمودنی‌ها در همان ابتدا، با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت بر روی تردمیل راه می‌رفتند و پس از آن سرعت تردمیل هر ۲ دقیقه یک کیلومتر در ساعت افزایش می‌یافت. از مقیاس ادراکی Borg (۲۰-۶) جهت تعیین لحظه نهایی خستگی شرکت‌کنندگان استفاده شد. به محض این‌که شرکت‌کنندگان ادراک ۱۳ یا بالاتر را در مقیاس Borg گزارش کردند، سرعت تردمیل ثابت شد تا اجازه دویدن در حالت ثابت را بدهد. در طول مرحله دویدن در حالت پایدار، امتیاز تلاش درک شده هر ۳۰ ثانیه ارزیابی می‌شد و پروتکل خستگی پس از دو دقیقه دویدن در حالت پایدار بیش از ۱۷ در مقیاس ۶ تا ۲۰ Borg یا ۸۰٪ حداکثر ضربان قلب به پایان می‌رسید [۲۱].

بلافاصله پس از پروتکل خستگی از آزمودنی خواسته شد مجدداً پروتکل راه‌رفتن با سرعت مشخص تعیین شده مشابه با پیش‌آزمون با تکرار تلاش ۵ بار روی صفحه نیرو اجرا کنند. در این پژوهش 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

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

عکس‌العمل زمین کمتر از ۲۰ نیوتن تعیین شد و یا به عبارتی برای فیلتر نمودن داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین از فیلتر باترورث ۲۰ هرتز استفاده شد.

تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گردید. از میانگین و انحراف استاندارد جهت گزارش آمار توصیفی استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌های کمی با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk تأیید شد (P>۰/۰۵). پس از تأیید طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون t دو نمونه مستقل جهت مقایسه میانگین متغیرها بین دو گروه (زنان با سابقه ابتلاء به کووید-۱۹ و زنان سالم) استفاده شد. سطح معنی‌داری در آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. به علاوه اندازه اثر (d)، از رابطه زیر محاسبه گردید [۱۹].

$$d = \frac{\text{اختلاف میانگین دو شرایط}}{\text{میانگین انحراف استاندارد دو شرایط}}$$

نتایج

اطلاعات توصیفی مربوط به ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان که شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آن‌ها می‌باشد در زنان گروه سالم و کووید-۱۹ در جدول ۱، گزارش شده است. بر اساس جدول ۱، به لحاظ آماری تفاوت آماری معنی‌داری بین شاخص‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها در زنان گروه سالم و کووید-۱۹ مشاهده نمی‌شود (P>۰/۰۵).

جدول۱- شاخص‌های دموگرافیک زنان با سابقه کووید-۱۹ و سالم استان اردبیل در سال ۱۴۰۰

مشخصات	زنان کووید-۱۹ (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	زنان سالم (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	مقدار P
سن (سال)	۲۲/۳۱ ± ۱/۵۳	۲۲/۵۴ ± ۱/۹۲	۰/۸۳۴
قد (متر)	۱/۶۹ ± ۰/۸۵	۱/۷۱ ± ۰/۶۷	۰/۳۶۶
وزن (کیلوگرم)	۶۰/۰۴ ± ۷/۱۰	۶۳/۲۰ ± ۱۰/۹	۰/۳۵۷
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۰/۹۶ ± ۱/۳۴	۲۱/۵۳ ± ۲/۳۷	۰/۵۶۰
مسافت طی شده در هفته (کیلومتر)	۱۶/۳۸ ± ۱/۰۵	۱۶/۸۲ ± ۱/۰۸	۰/۹۴۱

آزمون t دو نمونه مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

نتایج مربوط به پیش‌آزمون اوج نیروهای عکس‌العمل زمین در ۳ راستای داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی طی راه‌رفتن در زنان گروه کووید-۱۹ و سالم در جدول ۲، آورده شده است. نتایج نشان داد که به لحاظ آماری تفاوت آماری معنی‌داری بین پیش‌آزمون زنان گروه سالم و کووید-۱۹ وجود ندارد (P>۰/۰۵).

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد اوج نیروهای عکس‌العمل زمین (نیوتن بر کیلوگرم) برحسب گروه‌های مورد بررسی طی راه‌رفتن (پیش‌آزمون)

متغیرها (برحسب نسبتی از جرم بدن)		زنان سالم (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	زنان کووید-۱۹ (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	مقدار P	اندازه اثر (d)
راستای داخلی-خارجی	اوج نیروی خارجی	۴/۷۹ ± ۱/۳۵	۵/۶۴ ± ۱/۹۵	۰/۲۲۰	۰/۵۱۵
	اوج نیروی داخلی	-۳/۹۸ ± ۱/۴۰	-۴/۸۵ ± ۲/۰۰	۰/۲۲۰	۰/۵۱۱
راستای قدامی-خلفی	اوج نیروی قدامی	۲۰/۵۸ ± ۳/۶۹	۲۰/۲۰ ± ۳/۲۶	۰/۷۸۰	۰/۱۰۹
	اوج نیروی خلفی	-۱۵/۶۴ ± ۲/۹۱	-۱۸/۰۳ ± ۵/۰۳	۰/۱۶۶	۰/۶۰۲
راستای عمودی	اوج اولیه نیروی عمودی	۱۰۴/۸۲ ± ۴/۳۶	۱۰۵/۷۵ ± ۸/۵۸	۰/۷۳۹	۰/۱۴۳
	اوج ثانویه نیروی عمودی	۱۱۳/۲۳ ± ۵/۸۳	۱۱۱/۷۴ ± ۷/۳۵	۰/۵۷۷	۰/۲۲۶

آزمون t دو نمونه مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

نتایج مربوط به پس‌آزمون اوج نیروهای عکس‌العمل زمین در ۳ راستای داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی طی راه‌رفتن در زنان گروه کووید-۱۹ و سالم در جدول ۳، آورده شده است. نتایج نشان داد که به لحاظ آماری تفاوت آماری معنی‌داری بین پس‌آزمون زنان گروه سالم و کووید-۱۹ وجود ندارد (P>۰/۰۵).

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد اوج نیروهای عکس‌العمل زمین (نیوتن بر کیلوگرم) برحسب گروه‌های مورد بررسی طی راه‌رفتن (پس‌آزمون)

متغیرها (برحسب نسبتی از جرم بدن)		زنان سالم (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	زنان کووید-۱۹ (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	مقدار P	اندازه اثر (d)
راستای داخلی-خارجی	اوج نیروی خارجی	۵/۸۹ ± ۲/۰۸	۵/۷۹ ± ۲/۴۵	۰/۹۱۲	۰/۰۴
	اوج نیروی داخلی	-۳/۹۹ ± ۲/۰۶	-۴/۹۷ ± ۱/۹۴	۰/۲۳۱	۰/۴۹
راستای قدامی-خلفی	اوج نیروی قدامی	۲۰/۳۰ ± ۴/۵۰	۲۰/۳۱ ± ۳/۲۳	۰/۹۹۵	۰/۰۰۱
	اوج نیروی خلفی	-۱۸/۳۱ ± ۳/۳۴	-۱۹/۴۵ ± ۴/۳۱	۰/۴۵۷	۰/۲۹
راستای عمودی	اوج اولیه نیروی عمودی	۱۰۶/۲۴ ± ۶/۴۹	۱۰۸/۱۴ ± ۷/۶۰	۰/۴۹۷	۰/۲۶
	اوج ثانویه نیروی عمودی	۱۱۳/۱۳ ± ۶/۵۱	۱۱۳/۰۷ ± ۶/۹۶	۰/۹۷۹	۰/۰۰۱

آزمون t دو نمونه مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

نتایج مربوط به تغییرات میانگین پیش‌آزمون-پس‌آزمون در ۳ راستای داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی طی راه‌رفتن در زنان گروه کووید-۱۹ و سالم در جدول ۴، آورده شده است. نتایج نشان داد که به لحاظ آماری تفاوت آماری معنی‌داری در مقادیر اختلاف میانگین پیش‌آزمون-پس‌آزمون بین دو گروه زنان سالم و کووید-۱۹ وجود ندارد (P>۰/۰۵). با وجود این، مقادیر اختلاف میانگین پیش‌آزمون-پس‌آزمون متغیر اوج نیروی خارجی عکس‌العمل زمین، دارای اختلافی نزدیک به سطح معنی‌داری (P=۰/۰۵۵)، با میزان اندازه اثر بالا (d=۰/۸۳) بود.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

جدول ۴- میانگین و انحراف استاندارد تغییرات (پیش‌آزمون-پس‌آزمون) اوج نیروهای عکس‌العمل زمین (نیوتن بر کیلوگرم) برحسب گروه‌های مورد بررسی طی راه‌رفتن

متغیرها (برحسب نسبتی از جرم بدن)		زنان سالم (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	زنان کووید-۱۹ (۱۴ نفر) انحراف استاندارد ± میانگین	مقدار P	اندازه اثر (d)
راستای داخلی-خارجی	اوج نیروی خارجی	۱/۱۰ ± ۱/۳۹	۰/۱۵ ± ۰/۹۰	۰/۰۵۵	۰/۸۳
	اوج نیروی داخلی	-۰/۰۱ ± ۰/۹۳	-۰/۱۱ ± ۰/۶۸	۰/۷۷۱	۰/۱۲
راستای قدامی-خلفی	اوج نیروی قدامی	-۰/۲۸ ± ۲/۳۵	۰/۱۰ ± ۱/۷۷	۰/۶۳۸	۰/۰۸
	اوج نیروی خلفی	-۲/۶۶ ± ۳/۰۳	-۱/۴۱ ± ۲/۷۱	۰/۲۸۳	۰/۴۳
راستای عمودی	اوج اولیه نیروی عمودی	۱/۴۲ ± ۴/۷۸	۲/۳۹ ± ۴/۵۸	۰/۶۰۱	۰/۲۰
	اوج ثانویه نیروی عمودی	-۰/۰۹ ± ۳/۶۳	۱/۳۲ ± ۲/۶۵	۰/۲۷۳	۰/۳۹

آزمون t دو نمونه مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

بحث

هدف از پژوهش حاضر مقایسه مقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین قبل و بعد از خستگی در زنان با سابقه کووید-۱۹ در مقایسه با زنان سالم طی راه‌رفتن بود. نتایج حاکی از آن است که اختلاف میانگین پیش‌آزمون-پس‌آزمون متغیر اوج نیروی خارجی عکس‌العمل زمین دارای اختلافی نزدیک به سطح معنی‌داری، با میزان اندازه اثر بالا بود.

نتایج نشان داد که اوج نیروی خارجی عکس‌العمل زمین بعد از خستگی در مقایسه با پیش از خستگی افزایش یافته است (گروه سالم). نتایج تحقیق حاضر به نحوی با مطالعات Parsa و همکاران، Susco و همکاران، Sarshin و همکاران همسو می‌باشد [۲۴-۲۲]. در مطالعات گذشته محققان بسیاری در خصوص انواع پروتکل خستگی بر مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین پژوهش‌های متعددی انجام دادند. در همین راستا، نتایج مطالعات گذشته حاکی از آن است که اعمال بیش از حد نیرو در راستای خارجی نیروی عکس‌العمل زمین می‌تواند زمینه اصلی برای بروز ناهنجاری‌های اندام تحتانی همچون پرونیشن پا، کف پای صاف، چرخش داخلی استخوان ساق و در نتیجه افزایش نرخ آسیب در ارتباط باشد [۲۵]. احتمالاً در گروه سالم پژوهش حاضر به دنبال پروتکل خستگی افزایش نیروی عکس‌العمل زمین در راستای خارجی می‌تواند زمینه‌ای برای بروز آسیب‌های اندام تحتانی باشد.

در حالی که بر اساس مطالعات گذشته نتایج حاکی از آن است که افزایش نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی بر خلاف راستای خارجی می‌تواند منجر به عارضه سوپینیت پا گردد. به نحوی که در همین راستا Jafarnezhadgero و همکاران طی مطالعه‌ای با عنوان مقایسه مقادیر مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در حین دویدن با کفش‌های دو و کنترل در افراد مبتلا به زانوی پرانتزی اظهار داشتند که افزایش نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی علاوه بر تشدید سوپینیت پا می‌تواند اثرات مثبتی بر فاز انتهایی دویدن (هل دادن) داشته باشد [۲۶]. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، افزایش اوج نیروی خارجی عکس‌العمل زمین بر خستگی افراد تأثیر داشته است که با تحقیقات

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

Jafarnezhadgero و همکاران که طی پژوهشی تأثیر خستگی را در افراد با سابقه کووید-۱۹ طی دویدن داشتند، همسو نمی‌باشد [۱۴]. با توجه به مکانیسم متفاوت دویدن و راه‌رفتن امکان مقایسه مستقیم نتایج وجود ندارد، اما بر اساس شواهد موجود ارتباط مستقیم و تنگاتنگی ما بین افزایش اوج نیروی خارجی عکس‌العمل زمین و بروز آسیب اندام تحتانی وجود دارد. احتمالاً افزایش این متغیر در حین راه‌رفتن، به دلیل ضعف عضلات باشد.

بر اساس مطالعات گذشته افزایش نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی منجر به افزایش سرعت پیش‌روی گام‌ها می‌شود [۲۷]. با وجود این، در پژوهش حاضر اختلاف معنی‌داری در میانگین مقادیر اوج نیروی قدامی-خلفی قبل و بعد از خستگی بین دو گروه مشاهده نشد. Jafarnezhadgero و همکاران طی پژوهشی تأثیر فوری استفاده از کفی support Archبر مؤلفه‌های نیروهای عکس‌العمل زمین هنگام راه‌رفتن در افراد سالم را مورد بررسی قرار دادند. طی این پژوهش اظهار داشتند که نیروهای پیش‌برنده و نگه‌دارنده طی استفاده از کفی support Arch افزایش یافته است [۲۸]. از طرفی، در مطالعه حاضر نتایج به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را قبل از خستگی و بعد از خستگی در گروه زنان کووید-۱۹ در متغیر اوج نیروی خارجی نشان نداد. بر اساس یافته‌های پیشین به لحاظ بیومکانیکی یکی از عملکردهای مهم سیستم اسکلتی-عضلانی اعمال مکانیسم جبرانی در حین ظهور خستگی می‌باشد تا از بروز اختلالاتی سینتیکی و سینماتیکی پیش‌گیری به عمل آورد. احتمالاً در زنان گروه کووید-۱۹ به دلیل عدم توانایی اعمال مکانیسم جبرانی در حین ظهور خستگی، شاهد افزایش نرخ آسیب خواهیم بود [۲۹].

یکی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین شاخص در تحلیل‌های حرکات انتقالی بررسی راستای‌های مختلف نیروی عکس‌العمل زمین است، زیرا شواهد بسیاری محکمی در این خصوص اظهار داشتند که افزایش اوج این شاخص در فعالیت‌های بدنی می‌تواند زمینه اصلی برای بروز آسیب‌های اندام تحتانی و سایر ناهنجاری بیومکانیکی را منجر شود [۳۰]. بنابراین، ضروری به نظر می‌رسد تا با کشف اطلاعات در این زمینه درصدد اصلاح زمان رسیدن به خستگی برآییم و متعاقب آن از بروز آسیب‌ها پیش‌گیری نماییم. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به انتخاب افراد اشاره کرد؛ بیماران به میزان و شدت متفاوت به کووید-۱۹ مبتلا شده بودند و دیگر این که فاصله بهبود آن‌ها از زمان ابتلاء و هم‌چنین دفعات ابتلاء متفاوت بود. مقایسه در گروه‌های سنی متفاوت از ۱۸ تا ۳۰ سال بود و احتمالاً جوان‌ترها کمتر دچار آسیب می‌شدند. هم‌چنین، مطالعه بر روی زنان انجام شد و بنابراین امکان تعمیم نتایج به مردان وجود نداشت. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد جهت تأیید هرچه بهتر نتایج، نمونه‌های بیشتری انتخاب و بررسی در هر دو جنسیت انجام شود. هم‌چنین، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده، متغیرهای کینماتیکی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که عدم توانایی اعمال مکانیسم جبرانی در حین ظهور خستگی در افراد مبتلا به کووید-۱۹ می‌تواند

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

زمینه‌ای اصلی برای بروز آسیب و کاهش ثبات مفاصل حین راه‌رفتن باشد. با این حال، تأیید هرچه بهتر این موضوع نیاز به پژوهش‌های بیشتر در آینده دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه نویسنده دوم می‌باشد، لذا از حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی و افراد شرکت‌کننده در این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

[1] Liu Y, Xie W, Ossowski Z. The effects of Nordic Walking on health in adults: A systematic review. *J Educ Health Sport* 2023; 13(1): 188-96.

[2] Hendrikse J, Chye Y, Thompson S, Rogasch NC, Suo C, Coxon JP, et al. Regular aerobic exercise is positively associated with hippocampal structure and function in young and middle-aged adults. *HPC* 2022; 32(3): 137-52.

[3] Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med* 2020; 54(24): 1451-62.

[4] Organization WH. Laboratory testing of human suspected cases of novel coronavirus (nCoV) infection: interim guidance, 10 January 2020. *World Health Organization* 2020.

[5] Keshkar S, Dickson G, Ahonen A, Swart K, Addesa F, Epstein A, et al. The effects of Coronavirus pandemic on the sports industry: An update. *Ann Appl Sport Sci* 2021; 9(1): 1-13.

[6] Nalbandian A, Desai AD, Wan EY. Post-COVID-19 condition. *Annu Rev Med* 2023; 74: 55-64.

[7] Ezzat MM, Elsherif AA. Prevalence of fatigue in patients post COVID-19. *EJMCM* 2021; 8(3): 1330-40.

[8] Gülhan PY, Arbak PM, Annakkaya AN, Balbay EG, Balbay ÖA. An assessment of post-COVID-19 infection pulmonary functions in healthcare professionals. *American Journal of Infection Control* 2022; 50(10): 1125-32.

[9] Anastasio F, Barbuto S, Scarnecchia E, Cosma P, Fugagnoli A, Rossi G, et al. Medium-term impact of COVID-19 on pulmonary function, functional capacity and quality of life. *Eur Respir J* 2021; 58(3).

[10] Ade CJ, Turpin V-RG, Parr SK, Hammond ST, White Z, Weber RE, et al. Does wearing a facemask decrease arterial blood oxygenation and impair exercise tolerance? *Respiratory Physiology & Neurobiology* 2021; 294: 103765.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]

[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

[11] Guzik TJ, Mohiddin SA, Dimarco A, Patel V, Savvatis K, Marelli-Berg FM, et al. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options. *Cardiovasc Res* 2020; 116(10): 1666-87.

[12] Sapp JL, Alqarawi W, MacIntyre CJ, Tadros R, Steinberg C, Roberts JD, et al. Guidance on minimizing risk of drug-induced ventricular arrhythmia during treatment of COVID-19: a statement from the Canadian Heart Rhythm Society. *Can J Cardiol* 2020; 36(6): 948-51.

[13] Mousavi Nodoshan SM, Taheri AR. The Effect of Foot Orthosis on the Vertical Component of the Ground Reaction Force While Walking: A Review Study. *Arch Rehabil Res* 2021; 22(1): 10-27. [Farsi]

[14] Jafarnezhadgero AA, Noroozi R, Fakhri E, Granacher U, Oliveira AS. The Impact of COVID-19 and Muscle Fatigue on Cardiorespiratory Fitness and Running Kinetics in Female Recreational Runners. *Front Physiol* 2022: 14(6). [Farsi]

[15] Behrens M, Gube M, Chaabene H, Prieske O, Zenon A, Broscheid K-C, et al. Fatigue and human performance: an updated framework. *Sports Med* 2023; 53(1): 7-31.

[16] Liu Z, Yang C, Yu J, Zhao X, Wu J, Zhang Y, et al. The Effect of Muscles Fatigue on the Knee's Kinetics and Kinematics Characteristics. *Sustainability* 2023; 15(4): 3029-38.

[17] Nasrabadi R, Sadeghi H, Yousefi M. Effect of Fatigue on Some Indicators of Ground Reaction Force in Young Active Men During Drop-Landing task. *J Paramed Sci* 2020; 9(3): 62-70. [Farsi]

[18] Dehghani M, Mokhtari Malek Abadi A, Jafarnezhadgero AA. Effect of Knee Brace on the Electric Activity of Selected Lower Limb Muscles during Walking in Older Adults. *J Rehabil Med* 2022; 11(1): 14-27. [Farsi]

[19] Jafarnezhadgero AA, Majlesi M, Azadian E. Gait ground reaction force characteristics in deaf and hearing children. *Gait & posture* 2017; 53: 236-40. [Farsi]

[20] WMA DOH. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects in 59th WMA General Assembly. WM Association, Seoul. 2008.

[21] Koblbauer IF, van Schooten KS, Verhagen EA, van Dieën JH. Kinematic changes during running-induced fatigue and relations with core endurance in novice runners. *J Sci Med Sport* 2014; 17(4): 419-24.

[22] Parsa A, Daneshmandi H, Majelan AS. The ground reaction force in jump-landing maneuver after soccer specific fatigue protocol (SAFT90) in elite soccer

players. *Med J Tabriz Univ Med Sci* 2017; 39(2): 19-26. [Farsi]

[23] Susco TM, McLeod TCV, Gansneder BM, Shultz SJ. Balance recovers within 20 minutes after exertion as measured by the balance error scoring system. *J Athl Train* 2004; 39(3): 241-53.

[24] Sarshin A, Sadeghi H, Abbasi A, Mohammadi S. The effect of activity related fatigue on dynamic postural control as measured by the Star Excursion Balance Test. *J Biomech* 2007; 40(2): S706. [Farsi]

[25] Jafarnezhadgero A, Ghorbanlou F, Majlesi M. The Effects of a Period of Corrective Exercise Training Program on Running Ground Reaction Forces in Children with Genu Varum: A Trial Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2019; 17(10): 937-50. [Farsi]

[26] Jafarnezhadgero A, Yadegar A, Hoseinpour A. Comparison of Ground Reaction Force Components during Running with Running Shoes and Control Shoes in Individuals with Genu Varum. *Iran Rehabil J* 2021; 7(2): 20-8. [Farsi]

[27] Rosenbaum D, Telfer S. Plantar Pressure and Ground Reaction Forces. *Foot and Ankle Biomechanics* 2023; 4(3): 197-209.

[28] Jafarnezhadgero AA, Farahpour N, Damavandi M. The immediate effects of arch support insole on ground reaction forces during walking. *J Rehabil Sci* 2015; 11(3): 172-81. [Farsi]

[29] Sadeghi H, Razi M, Ebrahimi E, Shariatzadeh M. Effect of lower limb muscle fatigue on selected kinematics, kinetics, and muscle activity of the gait in active young men. *J Rehabil Med* 2018; 7(1): 225-35. [Farsi]

[30] Patoz A, Lussiana T, Breine B, Gindre C, Malatesta D. Comparison of different machine learning models to enhance sacral acceleration-based estimations of running stride temporal variables and peak vertical ground reaction force. *Sports Biomech* 2023: 2(3): 1-17.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]

Comparison of Peak Values of Ground Reaction Forces Before and After Fatigue in Women with a History of COVID-19 and Healthy Women During Walking: A Quasi-Experimental Study

Amir Ali Jafarnezhadgero[1], Raha Noroozi[2], Ebrahim Piri[3]

Received: 14/03/23 Sent for Revision: 17/05/23 Received Revised Manuscript: 08/07/23 Accepted: 09/07/23

Background and Objectives: Running related fatigue in people with a history of COVID-19 can lead to an alteration of ground reaction forces due to electromyography changes. The aim of this study was to compare the peak values of ground reaction forces before and after fatigue in women with a history of COVID-19 and healthy women during walking.

Materials and Methods: In the present quasi-experimental study, the statistical sample included 14 women with a history of COVID-19 and 14 healthy women in Ardabil province in 2021, who were selected by convenience sampling. People with the history of COVID-19 had a positive Polymerase Chain Reaction (PCR) test during the disease engagement. Bertec force plate with a sampling rate of 1000 Hz was used to record the ground reaction force data during walking. Data were analyzed using independent two-sample t-test.

Results: The results did not show any statistically significant difference in mean changes of pre- and post-test across healthy and COVID-19 women ($p>0.05$). However, the values of pre- and post-test mean differences of lateral ground reaction forces approach a significant level ($p=0.055$) with a high effect size value ($d=0.83$).

Conclusion: It appears that the inability to apply a compensatory mechanism during the appearance of fatigue in people with COVID-19 can be a serious reason for the occurrence of injury and reduce joint stability during walking.

Key words: Fatigue, Ground reaction force, COVID-19, Walking

Funding: This study was funded by University of Mohaghegh Ardabili.

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: The Ethics Committee of University of Mohaghegh Ardabili approved the study (IR.UMA.REC.1400.078).

How to cite this article: Jafarnezhadgero Amir Ali, Noroozi Raha, Piri Ebrahim. Comparison of Peak Values of Ground Reaction Forces Before and After Fatigue in Women with a History of COVID-19 and Healthy Women During Walking: A Quasi-Experimental Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2023; 22 (5): 495-506. [Farsi]

1- 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: (??) ???, Fax (??) ???, E-mail: amiralijafarnezhad@gmail.com
2- MSc in Sports Biomechanics, Dept. of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- MSc in Exercise Physiology, Dept. of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-09-10]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1402.22.5.5.7]
[DOI: 10.61186/jrums.22.5.495]