مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره سی و سه، شماره دوازده، اسفند ۱۴۰۴
تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۶/۱۸

تاثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن: یک مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز

محسن برغمدی*[۱]، ابراهیم پیری[۱]

مقاله مروری

مقدمه: مچ پا به دلیل تحمل وزن بدن یکی از آسیب‌پذیرترین مفاصل اندام تحتانی می‌باشد. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن بود.

روش بررسی: مطالعه حاضر از نوع مروری سیستماتیک و متاآنالیز بود. جستجوی مقالات مورد استفاده به زبان فارسی و لاتین از ابتدای سال ۱۳۹۹ تا ابتدای ماه خرداد سال ۱۴۰۳ در پایگاه‌های استنادی WOS، SID، Magiran، Scopus، PubMed، ISC و موتور جستجوگر Google Scholar انجام گرفت. ۴ مقاله بر اساس معیارهای ورود و خروج انتخاب شد. اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت نیروهای عکس العمل زمین، ایمپالس، گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری مطالعه‌ها گردآوری و مورد فراتحلیل قرار گرفت. برای کیفیت‌سنجی مقالات از پرسش‌نامه Downs و Black استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار رایگان Revman 5.1 (نسخه Review Manager Version 5.1.) استفاده شد.

نتایج: یافته‌ها نشان داد که انجام هشت هفته تمرینات در آب افزایش معنی‌داری بر نیروی قدامی- خلفی طی فاز تماس پاشنه پا داشت (P=۰/۰۰۲؛ I^2=٪۸۴). به علاوه نتایج حاکی از آن است به طور کلی انجام تمرینات در آب به ترتیب اثر کاهشی معنی‌داری بر ایمپالس راستای داخلی-خارجی (P=۰/۰۳؛ Z=2.16) و اوج مثبت گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن داشت (P=۰/۰۲؛Z=2.33). به علاوه نتایج حاکی از آن است که انجام هشت هفته تمرینات در آب می‌تواند افزایش معنی‌داری بر اوج منفی گشتاور آزاد داشته باشد (P=۰/۰۰۰۱؛Z=3.81). نتایج فراتحلیل نشان داد که اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت (هشت هفته) تمرینات در آب و تراباند تاثیر معنی‌داری بر نیروهای عمودی و داخلی-خارجی (طی هر دو فاز تماس پاشنه و هل دادن) و نیروی قدامی- خلفی طی فاز هل دادن، نداشت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج فراتحلیل حاضر به نظر می‌رسد که تمرینات در آب به‌صورت بلندمدت اثر کلینیکی و درمانی موثرتری بر مکانیک راه‌رفتن در افراد داری پای پرونیت دارد و برای اصلاح الگوی راه‌رفتن می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: آب‌درمانی، تراباند، کینتیک، کف‌پای صاف، راه‌رفتن.

ارجاع: برغمدی محسن، پیری ابراهیم. **تاثیر کوتاه مدت و بلندمدت تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن: یک مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز**. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۴۰۴؛ ۳۳ (۱۲): ۷۰-۹۶۵۴.

۱- گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۱۵۳۰۵۸۳۳۹، پست الکترونیکی: barghamadi@uma.ac.ir، صندوق پستی: ۵۶۱۹۶۳۶۷۳۶

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

مقدمه

مفصل مچ پا از مهم‌ترین مفاصل آسیب‌پذیر بخش اندام تحتانی بدن است، که ساختار آناتومیکی این مفصل نقش بسیار مهمی در حمایت از وزن بدن و توزیع آن طی حرکات انتقالی دارد (۱). راه‌رفتن و پیاده‌روی یکی از ورزش‌های محبوب در بین افراد است، چرا که نیاز بسیار کمی به تجهیزات ورزشی، تجربه، و مهارت دارد (۱). پای پرونیت، یک نوع ناهنجاری است که باعث کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن بدن می‌گردد، هم‌چنین به دنبال این عارضه دفورمیتی در ساختمان مچ پا مشاهده می‌شود. به دنبال این ناهنجاری سر استخوان تالوس و ناویکولار به سمت داخل متمایل می‌گردد که در نهایت می‌تواند منجر به بروز عارضه پای پرونیت می‌شود (۲). آسیب‌های مرتبط با راه‌رفتن در افراد دارای پرونیشن پا علت‌های مختلفی دارد، که می‌توان به افت استخوان ناوی و متعاقب آن تغییر در مقادیر نیروهای عکس‌العمل زمین، اختلال در تعادل، درد تاندون آشیل، کشیدگی همسترینگ اشاره نمود (۳،۴). راه‌رفتن جز حرکات مهم انسان‌ها می‌باشد که عوامل بسیاری می‌تواند الگوی آن را تحت‌تاثیر قرار دهد. یکی از این عوامل موثر، پرونیشن پا است. عارضه پرونیت پا، یک عارضه مادرزادی است (۵). پرونیشن پا اغلب با ناکارآمدی در ناحیه مچ پا مشاهده می‌شوند که به دلیل تغییرات بیومکانیکی رخ می‌دهد (۶). هر گونه تغییرات بیومکانیکی در ساختمان مچ پا، آسیب‌دیدگی را در این بخش از بدن افزایش می‌دهد (۷). میزان شیوع پرونیت پا از ۴۸٪ تا ۷۸٪ در جوانان ۱۶-۲ ساله (۸) و ۲-۲۳٪ در بزرگسالان (۹) متغیر است. افراد مبتلا به پرونیت پا با سرعت ترجیحی کمتر (۱۰) و آهنگ راه‌رفتن کمتر (۱۱) راه می‌روند و به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از درد لگن، زانو و کمر رنج می‌برند (۱۰،۱۲). هم‌چنین نشان داده شده است که توزیع فشار کف پا در حین راه‌رفتن، در افراد دارای پرونیت پا در مقایسه با افراد سالم، نیروهای واکنش عمودی زمینی (Ground Reaction Force؛ GRF)، کمتری دارند، هم‌چنین اوج فشار کمتر و حداکثر نیرو در قسمت جلوی پا، بالاتر است (۱۳). مهم‌ترین نیرویی که هنگام راه‌رفتن روی اندام مچ پا وارد می‌شود، نیروی عکس‌العمل زمین است که با توجه به تحقیقات پیشین می‌تواند عامل موثر در بروز آسیب در اندام تحتانی گردد (۱۴). گشتاور آزاد (Free Moment؛ FM) در زمینه حرکات انتقالی به نیرویی اشاره دارد که در مفاصل یا نقاط خاص بدن در طول حرکت ایجاد می‌شود. گشتاور آزاد در هنگام راه‌رفتن، به توازن نیروهای ایجاد شده در هنگام حرکت اشاره دارد و می‌تواند تاثیر زیادی بر روی الگوی راه‌رفتن، صرف انرژی و خطر آسیب‌دیدگی داشته باشد. با استفاده از نیروی عکس‌العمل زمین می‌توان مقادیر نرخ بارگذاری عمودی، ایمپالس و گشتاور آزاد را محاسبه کرد. مؤلفه نرخ بارگذاری، شیب منحنی نیروی عکس‌العمل زمین در اولین نقطه اوج است (۱۵). بر اساس پژوهش‌های گذشته نرخ بارگذاری در راستای عمودی بزرگتر از ۷۰ نیوتن بر کیلوگرم بر ثانیه با آسیب‌های استرس فراکچر، درد کشککی و شکستگی ناشی از اعمال فشار مرتبط است (۱۶). بر اساس تحقیقات انجام شده ایمپالس با انتگرال نیروی عکس‌العمل زمین در فاصله زمانی فاز استقرار راه‌رفتن معادل است (۱۷). گشتاور آزاد هم به عنوان گشتاور وارده بر مچ پا در محل مرکز فشار حول محور عمودی تعریف می‌شود (۱۸). بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری عمودی رابطه مستقیم بین نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و آسیب‌دیدگی وجود دارد بنابراین، با ارائه پروتکل تمرینی یا درمانی می‌توان با کاهش نرخ بارگذاری عمودی و گشتاور آزاد هنگام راه‌رفتن، احتمال آسیب در اندام تحتانی را به حداقل رساند (۱۹). با توجه به تحقیقات اخیر با اصلاح الگوی صحیح راه‌رفتن در افراد دارای عارضه پای پرونیت در محیط تمرینی، می‌توان شاهد اصلاح کف‌پای صاف بود (۲۰). به‌نظر می‌رسد یافتن بهترین راه برای کاهش یا بهبود این ناهنجاری می‌تواند بر نیروهای عکس‌العمل زمین موثر باشد. انجام تمرینات در آب و تراباند یکی از این روش‌ها طراحی برنامه تمرینی و اصلاحی، برای بهبود این قبیل عارضه‌هاست. تاثیر تمرینات کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت تمرینات در آب و تراباند بر متغیرهای بیومکانیکی نظیر کینتیک افراد با

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

ساختارهای متفاوت آناتومیکی پا مورد توجه محققین قرار گرفته است (۲۴-۲۱). تحقیقات نشان داده است که تجزیه و تحلیل نیروهای عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن می‌تواند اطلاعاتی مفیدی در رابطه با عملکرد صحیح سیستم عضلانی-اسکلتی و کنترل پاسچر فراهم کند (۲۶,۲۵). تحقیقات نشان داده است که کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین می‌تواند احتمال ایجاد آسیب‌های ثانویه اندام تحتانی در افراد دارای پای پرونیت را به حداقل برساند (۲۷,۲۸). یکی از شیوه‌های ایجاد تغییر و بهبود مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین، استفاده از تمرینات مختلف و تاثیر آن بر سیستم عضلانی-اسکلتی است (۲۸). تمرینات در آب برای کسانی که ظرفیت کار بدنی کمی دارند یا ناهنجاری‌های خاصی دارند فواید ویژه‌ای دارد. ماهر و همکاران ۲۰۰۴، در تحقیقی تاثیر تمرینات در آب را بر درمان بیماری موثر دانسته‌اند (۲۹). از جمله اثرات آب می‌توان به اثر فیزیکی (حفظ و ارتقای آمادگی جسمانی، افزایش قابلیت جسمانی)، اثر روانی (کاهش استرس، احساس آرامش) و اثر درمانی (درمان نارسایی و ضعف جسمانی) اشاره کرد (۳۰). تمرینات در آب روشی تقریباً کم هزینه، مقرون به صرفه، و بدون هر گونه ضرر جانی است، ترابند یکی دیگر از برنامه‌های تمرینی در تحقیق حاضر است. که می‌تواند اثربخشی موثری بر پای پرونیت افراد داشته باشد. تمرینات مقاومتی که برای بخش پایین تنه استفاده می‌شود به عنوان الگوی حرکتی جنبشی می‌تواند حس عمقی و دامنه حرکتی منجر شده به ثبات پویا را تحریک کند و بهبود بخشد (۳۱). تمرین با ترابند به عنوان ابزاری بی‌خطر ثبت شده است و راهبردی موثر برای افزایش بهبود سیستم عصبی- عضلانی، بهبود قدرت عضلانی و افزایش توانایی انجام وظایف عملکردی در افراد می‌باشد. اخیرا تمرینات با ترابند به منزله شیوه‌ای موثر مورد توجه قرار گرفته است، به‌طوری‌که برای افزایش قدرت و ثبات پاسچرال استفاده می‌کنند و به نتایج موثری دست یافته‌اند (۳۲). ترابند برای افزایش قدرت، تحرک و عملکرد، و هم‌چنین کاهش درد مفصل (درجه۳ و ۱،۲) در ناهنجاری‌های مختلف از جمله پای پرونیت اثبات شده است (۲۴-۲۱). محققین بیان کرده‌اند که تمرینات ترابند باعث کسب نمرات بالاتری در انجام عملکرد در ناهنجاری‌های مختلف می‌شود (۳۳). علی‌رغم اهمیت بررسی نیروهای عکس‌العمل زمین به لحاظ کلینیکی، اثر تداخلات درمانی همچون آب درمانی و ترابند بر روی مؤلفه‌های نیروهای عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن تاکنون مطالعه‌ای با رویکرد فراتحلیل مورد بررسی قرار نگرفته است؛ لازم به ذکر است مطالعه حاضر با بررسی اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت نیروهای عکس‌العمل زمین در سه راستای مختلف و بررسی نرخ آسیب دارای نوآوری می‌باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت دو نوع تمرین (آب‌درمانی و ترابند)، بر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن بود.

روش بررسی

مطالعه حاضر از نوع مروری سیستماتیک و فراتحلیل (متاآنالیز) بود، جستجوی مقالات به زبان فارسی و لاتین از ابتدای سال ۱۳۹۹ تا ابتدای ماه خرداد سال ۱۴۰۳ در پایگاه‌های استنادی WOS، SID، Magiran، Scopus، PubMed، ISC و موتور جستجوگر Google Scholar انجام گرفت. به‌علاوه تحقیقاتی که در این پژوهش مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند از نوع پژوهشی اصیل و کارآزمایی بالینی بودند. برای هر بانک اطلاعاتی از استراتژی جست‌وجوی مخصوص و مناسب آن استفاده شد، به‌نحوی‌که در جست‌وجوی الکترونیکی پایگاه‌های استنادی از MESH و Free Text کلیدواژه‌ها استفاده شد. برای استخراج مقالات از کلیدواژه‌های پای پرونیت (Pronated Foot)، راه‌رفتن (Gait)، ترابند (Thera-Band)، هیدروتراپی (Hydrotherapy)، نیروهای عکس‌العمل زمین (Ground Reaction Forces)، تمرینات ورزشی (Sports Exercises)، توانبخشی (Rehabilitation) و ورزش در آب (Aquatic exercise) استفاده شد. معیار ورود به مطالعه شامل مواردی از قبیل: ۱- مقالات منتشر شده در زمینه تاثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت تمرینات در آب و ترابند بر نیروهای عکس‌العمل زمین در سه راستای اصلی بود. ۲- در تمامی مقاله‌های جست‌وجو شده آزمودنی‌ها مرد و دارای پای

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

پرونیت بودند. ۳- تمامی مقالات در مجلات معتبر علمی نمایه شده بودند. ۴- زاویه آبداکشن ۴ درجه و افت استخوان ناوی ۱۰ میلی‌متر بود. مقالاتی که آزمودنی‌ها مبتلا به سایر ناهنجاری‌های قامتی بودند و یا سابقه عمل جراحی (توانبخشی پس از جراحی) داشتند، از مطالعه خارج شدند. در نهایت ۴ مقاله در ارتباط با تأثیر تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد دارای پرونیشن پا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. بر اساس (دیاگرام ۱)، مراحلی که پژوهشگران به منظور ارزیابی کیفیت مقالات انجام داده‌اند نشان داده شده است. هدف اصلی محققان در گام اول، جستجو کلیدواژه‌های مناسب بود. طی گام دوم، پژوهشگران به تعیین استراتژی‌های جستجو پرداختند، در این مرحله نویسندگان تمامی مقالات را در پوشه‌های جداگانه دسته‌بندی کردند. در گام سوم ارزیابی کیفیت مقالاتی که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، توسط پرسش‌نامه Downs و Black مورد بررسی قرار گرفت (۳۴).

در این مرحله دو داور به صورت کاملا جداگانه به ارزیابی و نمره‌دهی مقالات بر اساس پرسش‌نامه یاد شده پرداختند. در گام بعدی در خصوص اختلاف‌هایی که در خصوص نمره‌دهی مقالات وجود داشت توسط داور نهایی ارزیابی شد. در گام نهایی، نویسندگان با مطالعه مجدد و دقیق مقالات به بررسی و یادداشت نمودن نکات کلیدی به منظور تسهیل در روند نگارش مطالعه حاضر پرداختند (دیاگرام ۱). برای بررسی سوگرایی انتشار این مطالعه از تست ایگر استفاده شد. لازم به ذکر است که پرسش‌نامه Downs و Black جز پرسش‌نامه‌های ارزیابی کیفیت مقالات بالینی می‌باشد، که امکان استفاده این نوع پرسش‌نامه برای مطالعاتی که آزمودنی‌ها به صورت تصادفی و یا غیرتصادفی باشد را فراهم می‌سازد (۳۴). در این پرسش‌نامه ۲۷ سوال در خصوص مقالات مورد بررسی ارائه گردیده است. اختصاص عدد یک به معنای تایید و صفر به معنای عدم تایید یا غیرقابل تعیین می‌باشد. تنها در خصوص سوال ۲۷ (آیا مقاله مورد بررسی بر اساس ۲۶ سوال قبلی قابلیت استنادهی را دارد؟) عددی ما بین ۵-۰ اختصاص می‌یابد که صفر یا عددی نزدیک به آن به معنای استنادهی ضعیف و اختصاص عدد ۵ یا عددی نزدیک به آن نشان‌دهنده استنادهی قوی است. در مطالعه حاضر برای مقالاتی که بر اساس ۲۶ سوال قبلی نمره‌ای مابین ۲۰-۱۷، ۲۲-۲۰ و بیشتر از عدد ۲۲ را کسب کرده بودند به ترتیب نمره کیفیت ۳، ۴ و ۵ اختصاص یافت.

تجزیه و تحلیل آماری

برای انجام متاآنالیز از اندازه اثر Hedges's g (نسبت تفاضل میانگین دو گروه به انحراف معیار وزنی آمیخته) استفاده شد. عدم تجانس بین مطالعات با استفاده از شاخص I^2 ($I^2=(Q-df/Q)*100\%$)، مورد بررسی قرار گرفت که اگر بالای ۵۰ باشد از مدل اثرات تصادفی استفاده می‌شود و اگر زیر ۵۰٪ باشد از «مدل اثرات ثابت استفاده می‌شود تورش انتشار مطالعات با استفاده از آزمون اگر مورد ارزیابی قرار گرفت. Q در فرمول بالا آمار Chi-squared و df به معنای درجه آزادی است بالا بودن شاخص I^2 به معنای ناهمگونی در میان مطالعات است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار رایگان Revman 5.1 (نسخه Review Manager Version 5.1.) استفاده شد.

نتایج

در مطالعه حاضر ۱۱۳ مقاله به‌دست آمده از طریق جستجوی کلمات کلیدی ۷۱ مقاله مرتبط بر اساس معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند که ۴ مقاله بر اساس معیار ورود، مورد تحلیل نهایی قرار گرفتند، در مطالعه‌های بررسی شده در مجموع از ۱۹۵ آزمودنی (جنسیت مردان)، داده به صورت طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون جمع‌آوری گردیده است که از این بین بر روی ۱۲۰ آزمودنی مداخله انجام پذیرفته بود. نتایج حاکی از آن است که تاثیر تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس‌العمل زمین توانسته پس اعمال هشت هفته تمرینات در آب و تراباند کاهش معنی‌داری بر مولفه عمودی داشته باشد (۳۵). یافته‌های یکی دیگر از مطالعات نشان داد که مولفه فرکانس با توان ۹۹/۵٪ در راستای داخلی- خارجی طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری به

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

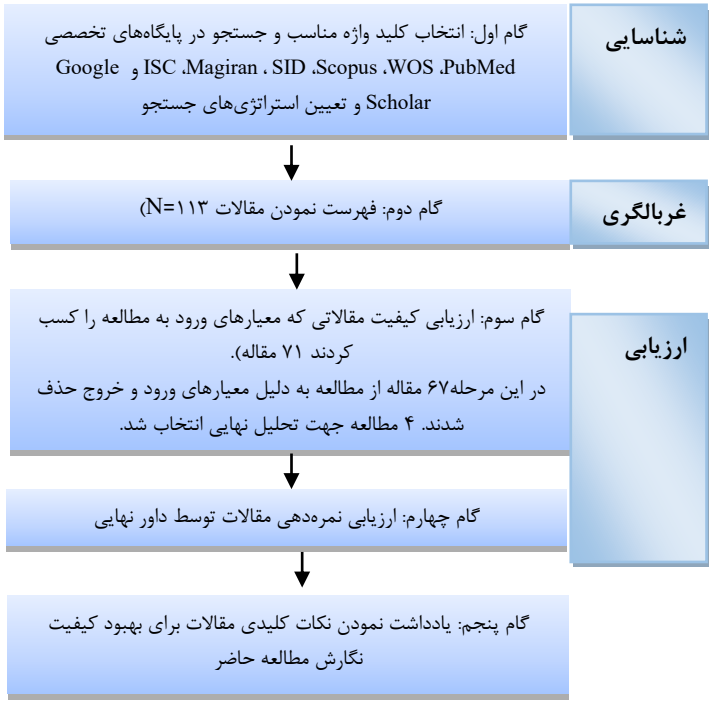
ترتیب برای گروه‌های تمرین در آب، و ترابند داشته است (۳۶). به علاوه نتایج نشان داد که انجام تمرین استقامتی در خشکی، آب و ترکیبی باعث افزایش معنادار میزان طول گام نرمالیزه، جابه‌جایی مرکز جرم بدن در محورهای قدامی-خلفی و عمودی، دامنه حرکتی مفاصل ران، زانو و دورسی فلکشن مچ پا و حداکثر نرمالیزه اول Fz (اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین) هنگام شروع راه‌رفتن ارادی می‌شود، لازم به ذکر است که انواع تمرین استقامتی خشکی، آب و ترکیبی اثر متفاوتی بر متغیر دامنه حرکتی پلانتار فلکشن مفصل مچ پا ایجاد کردند (۳۷). مقایسه اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت تمرینات در آب و ترابند نشان داد که اوج مثبت و منفی گشتاور آزاد، نرخ بارگذاری عمودی، ایمپالس عمودی در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون و بلافاصله کاهش معنی‌داری داشت. هم‌چنین ایمپالس راستای داخلی-خارجی در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون و بلافاصله افزایش معنی‌داری داشت. به‌علاوه اوج مثبت گشتاور آزاد، ایمپالس عمودی در گروه ترابند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون و بلافاصله کاهش معنی‌داری داشت (۳۸). نرخ بارگذاری در گروه ترابند بلافاصله و پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معنی‌داری داشت. نتایج حاصل از بررسی مقالات به‌طور خلاصه در (جدول ۱)، ارائه شده است. بر اساس (جدول ۲) ، ارزیابی مقالات توسط پرسش‌نامه Downs و Black نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد که میانگین کل ارزیابی کیفیت مقالات معادل ۷۹/۰۲ درصد بود. لازم به ذکر است که کمترین کیفیت مقاله مربوط به یکی از مطالعات با درصد کیفیت ۷۷/۴۱ و بالاترین کیفیت مقالات نیز با درصد کیفیت ۸۳/۸۷ درصد بود. شایان ذکر است که در خصوص نمرات کیفیت مقالات در ستون که بر حسب درصد بیان شده است از رابطه زیر استفاده گردید:۱۰۰*(۳۱ / نمره کل)=کیفیت مقالات (بر حسب درصد).

نمودار انباشت یا Forest Plot: بر اساس شکل ۱، نیروهای عکس‌العمل زمین در سه راستای عمودی (FZ)، داخلی-خارجی(FX) و قدامی-خلفی (FY) طی فاز تماس پاشنه پا (Heel contact) و هل دادن (Push off) نمایش داده شده است. نتایج فراتحلیل نشان داد که اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت (هشت هفته) تمرینات در آب و ترابند تاثیر معنی‌داری بر نیروهای عمودی و داخلی-خارجی (طی هر دو فاز تماس پاشنه و هل دادن) و نیروی قدامی-خلفی طی فاز هل دادن، نداشت (P<۰/۰۵؛ CI=٪۹۵). به علاوه نتایج حاکی از آن است که انجام هشت هفته تمرینات در آب افزایش معنی‌داری بر نیروی قدامی-خلفی طی فاز تماس پاشنه پا داشت (P=۰/۰۰۲؛ CI=۹۵٪). شاخص پراکندگی به ترتیب برای FZHC (P=۰/۰۰۲؛ I^2=84%)، FZPO (P=۰/۰۰۴؛ I^2=82%)، FXPO (P=۰/۰۳؛ I^2=79%) و FYHC (P=۰/۰۴؛ I^2=77%)، بود. بر اساس شکل ۲، نتایج Final Plot نشان داد که مطالعه‌ای تحت عنوان تاثیر هشت هفته تمرینات در آب افزایش معنی‌داری بر نیروی قدامی-خلفی طی فاز تماس پاشنه پا داشت (FYHC). بر اساس ۳، نتایج فراتحلیل نشان داد که اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت تمرینات در آب و ترابند به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بر ایمپالس راستای عمودی نداشت (P=۰/۱۸؛ CI=٪۹۵). به علاوه نتایج حاکی از آن است که انجام تمرینات در آب اثر کاهشی معنی‌داری بر ایمپالس راستای داخلی-خارجی داشت (P=۰/۰۳؛ CI=٪۹۵). شاخص پراکندگی I^2، برای ایمپالس راستای عمودی و داخلی-خارجی به لحاظ آماری معنی‌داری نبود به عبارتی مطالعه‌های مربوطه متمرکز بودند (P>۰/۰۵). بر اساس شکل ۴، نتایج فراتحلیل نشان داد که انجام بلندمدت تمرینات در آب و ترابند کاهش معنی‌داری بر اوج مثبت گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن داشت (P=۰/۰۲؛ CI=٪۹۵). به علاوه نتایج حاکی از آن است که انجام هشت هفته تمرینات در آب می‌تواند افزایش معنی‌داری بر اوج منفی گشتاور آزاد داشته باشد (P=۰/۰۰۰۱؛ CI=٪۹۵). شاخص پراکندگی I^2، برای اوج مثبت و منفی گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری عمودی به لحاظ آماری معنی‌داری نبود به عبارتی مطالعه‌های مربوطه همگن بودند (P>۰/۰۵).

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0



دیاگرام۱: روند بررسی و نحوه ورود به مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

جدول۱: مطالعه‌های مورد بررسی در حوزه اثر تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس العمل زمین دز افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن.

اسامی نویسندگان، نام مجله و سال انتشار	نوع مطالعه	نوع مداخله	دوره زمانی	گروه کنترل	متغییر مورد بررسی	آزمودنی‌ها	معیارهای ورود و خروج	نتایج اصلی
برغمدی و همکاران (۳۵) Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2023.	نیمه تجربی و آزمایشگاهی	تاثیر تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس العمل زمین	سه مرحله پیش آزمون، بلافاصله و بعد از هشت هفته تمرین	تمرین خاصی انجام نداده بودند.	نیروهای عکس العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه رفتن.	45دانشجوی پسر دانشگاه محقق اردبیلی دارای پای پرونیت با دامنه سنی ۲۵-۱۸سال	شرایط ورود به پژوهش شامل: انتخاب آزمودنی‌ها بر اساس میزان افت استخوان ناوی که از ۱۰ میلی‌متر تجاوز کند و شاخص وضعیت پا از ۱۰ میلی‌متر بیشتر باشد. شرایط خروج آزمودنی‌ها از پژوهش شامل سابقه جراحی، سابقه آسیب در اندام تحتانی بدن، ناهنجاری در قسمت تنه و عدم تمایل به همکاری(خستگی، احساس درد و)... بود.	با توجه به نتایج تحقیق میتوان نتیجه گرفت که تمرینات در آب و تراباند در بلند مدت اثر کلینیکی و درمانی بر افراد داری پای پرونیت دارد و برای اصلاح الگوی راه رفتن می‌تواند مفید باشد.
پیری و همکاران (۳۶) Studies in Medical Sciences. 2022	نیمه تجربی و آزمایشگاهی	تاثیر تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس العمل زمین	اثر آنی تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس العمل زمین	تمرین خاصی انجام نداده بودند.	طیف فرکانس نیروهای عکس العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه رفتن	45دانشجوی پسر دانشگاه محقق اردبیلی دارای پای پرونیت با دامنه سنی ۲۵-۱۸سال	شرایط ورود به پژوهش شامل: انتخاب آزمودنی‌ها بر اساس میزان افت استخوان ناوی که از ۱۰ میلی‌متر تجاوز کند و شاخص وضعیت پا از ۱۰ میلی‌متر بیشتر باشد. شرایط خروج آزمودنی‌ها از پژوهش شامل سابقه جراحی، سابقه آسیب در اندام تحتانی بدن، ناهنجاری در قسمت تنه و عدم تمایل به همکاری(خستگی، احساس درد و)... بود.	با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش فوق می‌توان چنین گفت که تمرین در آب و تراباند احتمالاً بتواند برای بهبود تعادل و کاهش نوسانات راه‌رفتن در افراد دارای پای پرونیت مفید باشد.
حسینی و همکاران (۳۷) The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021	نیمه تجربی و آزمایشگاهی	تأثیر تمرین استقامتی در خشکی، آب و ترکیبی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی	جمع‌آوری داده‌های مربوطه در مرحله پیش آزمون و بعد از هشت هفته	گروه کنترل نداشت.	متغیرهای منتخب بیومکانیکی در راه رفتن	در این پژوهش نیمه تجربی، شصت مرد داوطلبانه شرکت کردند و به صورت تصادفی در سه گروه بیست نفره در سه گروه تمرینات در آب،خشکی و ترکیبی قرار گرفتند.	معیارهای ورود به مطالعه شامل شرکت منظم در برنامه فعالیت‌های روزانه، عدم هرگونه آسیب ارتوپدی مانع از انجام حرکت راه رفتن، عدم سابقه بیماری، اختلالات، مشکلات عضلانی، عصبی-عضلانی و قلبی در یک سال گذشته یا سابقه عمل جراحی در اندام تحتانی بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل مواردی چون مشکلی که مانع از حضور در جلسات تمرینی، اجرای آزمون‌های حرکتی یا راه رفتن می‌شد و همچنین عدم حضور مداوم در جلسات تمرین پیش از شروع فرایند آزمون بود.	به نظر می‌رسد استفاده از تمرینات استقامتی در خشکی، آب و ترکیبی می‌تواند اثر مثبتی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی هنگام راه‌رفتن داشته باشد، به دلیل اثرگذاری بیشتر می‌توان انجام پروتکل تمرین استقامتی ترکیبی را برای بهبود وضعیت تعادل، عملکرد راه رفتن و جابه-جایی ایمن و مطمئن توصیه کرد . مطالعات آتی برای بررسی هرچه دقیق‌تر تفاوت‌های موجود بین انواع روش‌های تمرینات استقامتی ضروری است.

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

پیری و همکاران (۳۸) Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2022	نیمه تجربی و آزمایشگاهی	تاثیر تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس‌العمل زمین	جمع‌آوری داده‌های مربوطه در مرحله پیش آزمون و بعد از هشت هفته تمرین	تمرین خاصی انجام نداده بودند.	نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت هنگام راه‌رفتن	45دانشجوی پسر دانشگاه محقق اردبیلی دارای پای پرونیت با دامنه سنی ۲۵-۱۸سال	شرایط ورود به پژوهش شامل: انتخاب آزمودنی‌ها بر اساس میزان افت استخوان ناوی که از ۱۰ میلی‌متر تجاوز کند و شاخص وضعیت پا از ۱۰ میلی‌متر بیشتر باشد. شرایط خروج آزمودنی‌ها از پژوهش شامل سابقه جراحی، سابقه آسیب در اندام تحتانی بدن، ناهنجاری در قسمت تنه و عدم تمایل به همکاری(خستگی، احساس درد و)... بود.	تمرینات در آب و تراباند بعد از هشت هفته می‌تواند اثرگذاری بهتری بر نرخ بارگذاری، گشتاور آزاد و ایمپالس در افراد مبتلا به پای پرونیت طی راه‌رفتن داشته باشد.

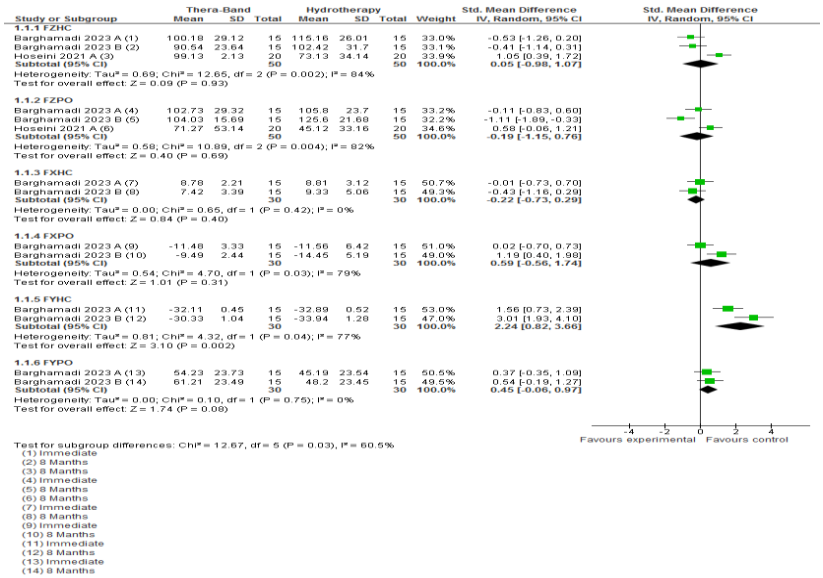
جدول ۲: پرسش‌نامه ارزیابی کیفیت مقالات (Black & Downs).

سوالات / منابع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	نمره کل	کیفیت مقالات (درصد)
برغمدی و همکاران (۳۵) Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2023.	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۳	۲۴	۷۷/۴۱
پیری و همکاران (۳۶) Studies in Medical Sciences. 2022	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۴	۲۴	۷۷/۴۱
حسینی و همکاران (۳۷) The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۳	۲۴	۷۷/۴۱
پیری و همکاران (۳۸) Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2022	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۲۶	۸۳/۸۷

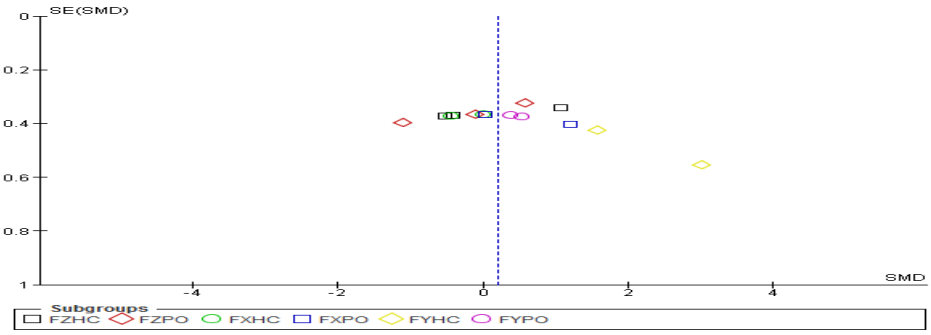
مجموع=۹۸ میانگین= ۷۹/۰۲

CC BY-NC 4.0

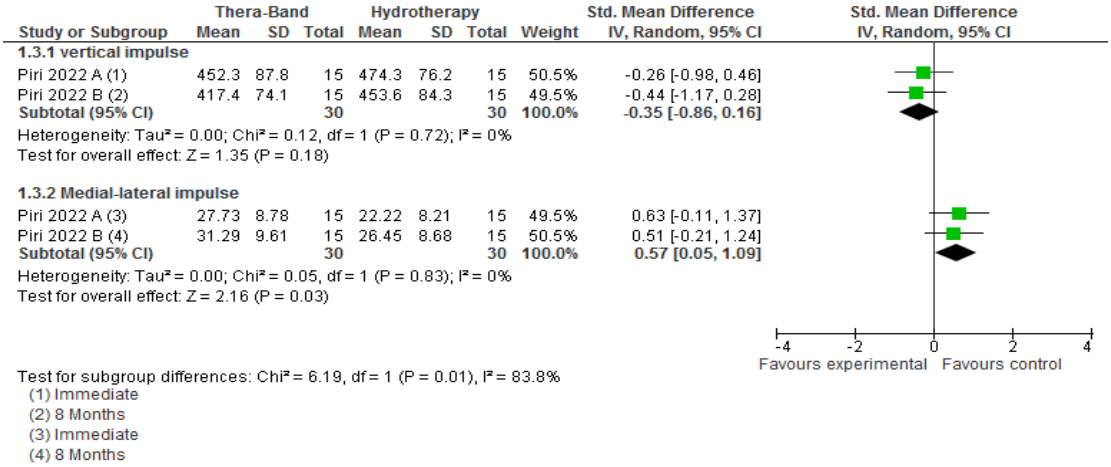
[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]



شکل ۱: نیروهای عکس العمل زمین در سه راستای عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی.



شکل ۲: نمایش پراکندگی مطالعه‌ها مورد بررسی طی فاز تماس پاشنه و هل دادن.

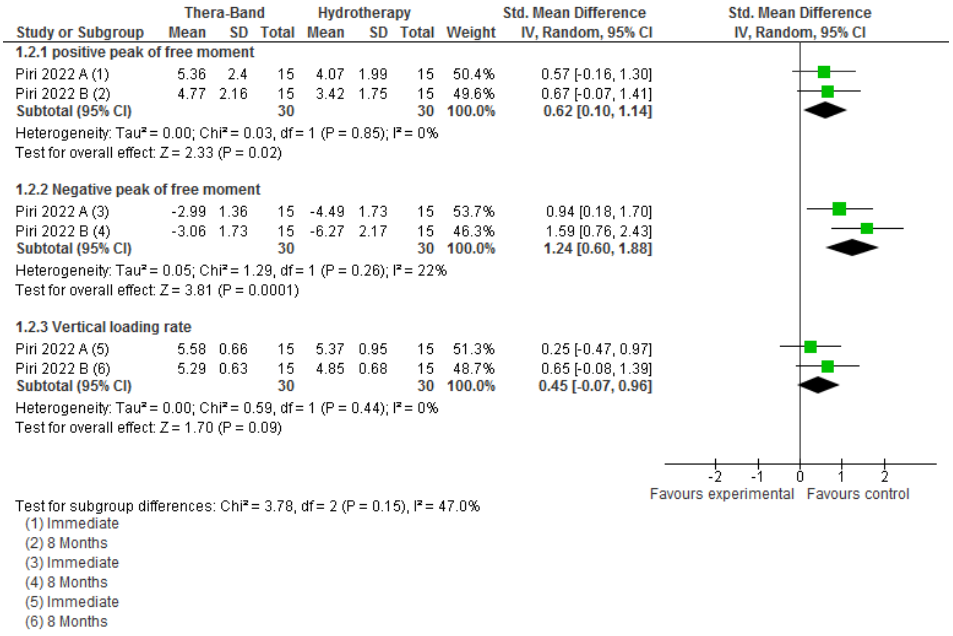


شکل ۳: نمایش فراتحلیل ایمپالس در راستای عمودی و داخلی-خارجی.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0



شکل ۴: نمایش فراتحلیل اوج مثبت و منفی گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری عمودی.

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت تمرینات در آب و تراباند بر نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن بود.

اثر بلندمدت: یافته‌ها نشان داد که انجام هشت هفته تمرینات در آب افزایش معنی‌داری بر نیروی قدامی- خلفی طی فاز تماس پاشنه پا داشت (P=۰/۰۰۲؛ CI=٪۹۵). به علاوه نتایج حاکی از آن است به طور کلی انجام تمرینات در آب به ترتیب اثر کاهشی معنی‌داری بر ایمپالس راستای داخلی- خارجی (P=۰/۰۳؛ CI=٪۹۵) و اوج مثبت گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت طی راه‌رفتن داشت (P=۰/۰۲؛ CI=٪۹۵). به علاوه نتایج حاکی از آن است که انجام هشت هفته تمرینات در آب می‌تواند افزایش معنی‌داری بر اوج منفی گشتاور آزاد داشته باشد (P=۰/۰۰۰۱؛ CI=٪۹۵). نتایج نشان داد مولفه قدامی- خلفی پس از هشت هفته تمرین در آب افزایش معنی‌داری داشت. Stergiou و همکاران ۲۰۰۲، گزارش کرده‌اند که افزایش نیروهای عکس‌العمل زمین در مولفه قدامی- خلفی ممکن است به دلیل تفاوت در سرعت راه‌رفتن باشد (۳۹). در مطالعه Roemmich و همکاران ۲۰۱۲، نشان داده شد که سرعت بر Fy اثر می‌گذارد. به نظر می رسد اثر سرعت بر Fy در آب بیشتر از آن چیزی است که در خشکی مشاهده می‌شود (۴۰). نتایج نشان داده است که افزایش سرعت از ۱ متر بر ثانیه به ۲/۵ متر بر ثانیه منجر به افزایش تقریبی ۱۰۰ نیوتن در پیک‌های نیروی قدامی-خلفی می‌شود (۴۰). همسو با نتایج مطالعه‌های پیشین احتمالاً تمرینات در آب به دلیل اثرگذاری بر مولفه Fy می‌تواند یکی از روش‌های مناسب جهت بازتوانی در دوره‌های توانبخشی مورد استفاده قرار گیرد. شاخص گشتاور آزاد به عنوان یک شاخص جهت تشخیص میزان آسیب اندام تحتانی و نیروهای پیچشی وارده به اندام تحتانی استفاده می‌شود (۴۱). بررسی شاخص گشتاور آزاد، که عبارتست از گشتاور نیرو در پاها حول محور عمودی که از مرکز فشار می‌گذرد، برای ارزیابی مقدار و جهت گشتاورهای نیرو در در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های مختلف از اهمیت کلیدی برخوردار است. این شاخص مرتبط با تعادل بدن بوده و تعیین‌کننده مشارکت عضلانی مورد نیاز برای حفظ تعادل فرد در سطح افقی می‌باشد (۴۲)، بنابراین، مطالعه شاخص گشتاور آزاد می‌تواند محققان بیومکانیک را در فهم بهتر سازوکار متغیرهای بیومکانیکی فرد هنگام راه‌رفتن در گروه‌های سالم و با

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

ناهنجاری‌های مختلف یاری نماید (۴۴, ۴۳)، گشتاور آزاد مقدار بار پیچشی است که به اندام پا در طی حرکات انتقالی وارد می‌شود، علاوه بر آن محققان اشاره کرده‌اند که اگر فردی دارای گشتاور بزرگتری باشد احتمالا نشان‌دهنده حرکات زیادتر بدن او در صفحه عرضی است (۱۷)، که خود می‌تواند نشان‌دهنده بی‌ثباتی در راه‌رفتن باشد. به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر تمرینات در آب منجر به کاهش گشتاور آزاد در افراد مبتلا به پای پرونیت شده است و نشان از اثر مثبت تمرینات در آب دارد. مطالعه گذشته نشان داده است که تمرین در آب به عنوان یک مداخله درمانی، با ویژگی‌های شناوری، غوطه‌وری و مقاومت، محیطی ایمن و مناسب برای بیماران فراهم می‌کند و از فشار وارده به مفاصل و اندام‌ها می‌کاهد و شرایطی را فراهم می‌کند تا افراد با ناهنجاری‌های مختلف و بیماری‌ها مختلف حرکاتی را که در شرایط خشکی نمی‌توانند انجام دهند؛ در محیط آب به خوبی اجرا کنند (۴۵). Aguiar و همکاران ۲۰۱۵، نشان دادند که تمرینات مختلف راه‌رفتن همراه با کشش و انقباض عضلات اندام تحتانی در محیط آب می‌تواند اثرات مفیدی بر متغیرهای راه‌رفتن در افراد مختلف داشته باشد (۴۶). از طرفی یکی دیگر از مکانیسم‌های اثرگذاری تمرینات در آب می‌توان به سبب درگیری مراکز اصلی در سیستم عصبی مرکزی و بهبود سرعت پالس‌های عصبی به علت میلینه شدن آکسون‌های حسی و حرکتی در نواحی مختلف از جمله ناحیه ثبات مرکزی اتفاق می‌افتد که تعادل بدن انسان بسیار وابسته به عملکرد عضلات این ناحیه است (۴۷). بنابراین به نظر می‌رسد تمریناتی که با هدف افزایش کارایی عضلات ناحیه ثبات مرکزی اتفاق می‌افتد (مانند هماهنگی، تایمینگ، قدرت، توان، استقامت عضلانی) می‌تواند باعث بهبود نیروهای عکس‌العمل زمین و در نتیجه کاهش گشتاور آزاد شود. در نتیجه مثبت واقع شدن پروتکل تمرینی در آب را احتمالاً می‌توان به مواردی از قبیل؛ بهبود کارایی فاکتورهای مختلف عضلانی درگیر (در اندام تحتانی)، زیادشدن تعادل، افزایش سرعت پالس‌های عصبی و بهبود خاصیت‌های بیومکانیکی مفاصل و دامنه حرکتی دانست. ایمپالس برابر است با انتگرال نیروی عکس‌العمل زمین در بازه زمانی اعمال نیرو که با اندازه تغییرات حرکت بدن نمایش داده می‌شود (۱۵). کاهش ایمپالس در راستای داخلی-خارجی می‌تواند افزایش انرژِی مصرفی و افزایش ریسک افتادن یا سقوط را به دنبال داشته باشد. این موارد می‌تواند سبب عملکرد ضعیف و کاهش کیفیت زندگی در افراد دارای پای پرونیت شود (۴۸). از جمله علل احتمالی کاهش (بهبود) ایمپالس در راستای عمودی و افزایش (بهبود) ایمپالس در راستای داخلی-خارجی را می‌توان به افزایش قدرت عضلانی اشاره کرد (به عبارتی کاهش ایمپالس در راستای داخلی-خارجی با افزایش خطر افتادن مرتبط است) (۴۹,۵۰). که در نتیجه منجر به گام برداری بهتر و هماهنگ‌تر در کل بازه زمانی راه رفتن شده است. به‌علاوه مطالعه گذشته نشان داده است که تمرینات در آب می‌تواند منجر به بهبود انقباضات عضلانی در اندام تحتانی شود و قدرت عضلانی را طی فعالیت‌های مختلف افزایش دهد (۴۷). با این‌حال به نظر می‌رسد تمرینات در آب نتوانسته بهبود موثری بر ایمپالس راستای داخلی-خارجی داشته باشد.

اثر کوتاه‌مدت: نتایج فراتحلیل نشان داد که اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت (هشت هفته) تمرینات در آب و تراباند تاثیر معنی‌داری بر نیروهای عمودی و داخلی-خارجی (طی هر دو فاز تماس پاشنه و هل دادن) و نیروی قدامی-خلفی طی فاز هل دادن، نداشت. هم‌چنین نتایج فراتحلیل برای سایر شاخص‌های بیومکانیکی اثر معناداری نشان نداد. گزارش شده است که اعمال نیروهای شدید در مرحله تماس پاشنه با سطح زمین در حین راه‌رفتن در افراد دارای پای پرونیت اتفاق می‌افتد، که معمولاً با گذشت زمان موجب آسیب می‌شود (۵۱). به نظر می‌رسد پروتکل تمرین در آب و تراباند در بازه‌ی زمانی کوتاه‌مدت چندان نمی‌تواند موثر باشد. کاهش محتوای فرکانسی مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نشان‌دهنده نوسان کمتر در حرکت می‌باشد (۵۲). در افراد دارای پرونیشن پا به دلیل افت استخوان ناوی و متعاقب آن نزدیک شدن استخوان ناوی به سطح زمین این افراد به دلیل اختلال در جذب و تعدیل نیرو با مشکلاتی همچون درد در نواحی زانو و مچ پا روبه‌رو

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

هستند. در صورت بروز این اختلالات به مرور شاهد بر هم خوردن تعادل افراد دارای پرونیشن پا در حین فعالیت‌ها خواهیم بود. کاهش تعادل یا به عبارتی افزایش نوسانات در این افراد می‌تواند زمینه‌ساز افزایش فشارهای کف‌پایی و در نهایت منجر به بروز آسیب خواهد شد (۵۳). کاهش نوسان می‌تواند نشان‌دهنده پاسچر بهتر در راستای عمودی باشد. کاهش محتوای فرکانسی در راستای عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نشان‌دهنده نوسان کمتر در حین راه‌رفتن است (۵۲,۵۳). تجزیه و تحلیل فرکانس حرکاتی تعیین کننده دامنه فرکانس‌های مربوط به تمامی اجزای سیستم عصبی حرکتی، استخوان‌ها، عضلات، اعصاب و بافت همبند است و با یکدیگر برای تولید حرکت هماهنگی دارند (۵۳). در پژوهش‌های گذشته بیان شده است که مولفه میانه فرکانس نیروهای عکس‌العمل زمین با اجزای نوسانی در سیستم عصبی حرکتی همراه است که به عنوان مولفه اعمال‌کننده نیرو به زمین در طول راه‌رفتن و دویدن بیان می‌شود (۵۳). پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که از جمله آن‌ها می‌توان به این موارد اشاره نمود: ۱- پژوهش تنها در رده سنی مردان بود. ۲- عدم بررسی فعالیت الکترومایوگرافی و کینماتیک مفاصل اندام تحتانی طی راه‌رفتن و محدودیت مطالعه‌های کار شده در این حوزه اشاره نمود. لذا پیشنهاد می‌شود برای اثبات هرچه بهتر این موضوع پژوهش‌های بیشتر صورت پذیرد تا مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز دقیق‌تری با بررسی هر دو جنس و متغیرهای کینتیکی-کینماتیکی مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که انجام بلندمدت تمرینات در آب منجر به بهبود گشتاور آزاد در افراد مبتلا به پای پرونیت طی راه‌رفتن شده است. با توجه به نتایج فراتحلیل حاضر به نظر می‌رسد که تمرینات در آب به‌صورت بلندمدت اثر کلینیکی و درمانی موثرتری بر مکانیک راه‌رفتن در افراد داری پای پرونیت دارد و برای اصلاح الگوی راه‌رفتن می‌تواند مفید باشد.

سپاس‌گزاری

این مطالعه برگرفته از طرح تحقیقاتی در دانشگاه محقق اردبیلی می باشد. بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب قدردانی و سپاس خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی و افرادی که در این مطالعه همکاری داشتند را اعلام می نمایند.

حامی مالی: حامی مالی این مطالعه دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد.

تعارض در منافع: وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

پروپوزال این تحقیق توسط دانشگاه محقق اردبیلی تایید شده است (کد اخلاق IR.UMA.REC.1402.004).

مشارکت نویسندگان

در ایده، نگارش و ویرایش مقاله کلیه نویسندگان مشارکت داشتند.

References:

1-Lee I, Buchner DM. ***The Importance of Walking to Public Health.*** Medicine And Science in Sports And Exercise 2008; 40(7): 512.

2-Koreili Z, Fatahi A, Azarbayjani MA, Sharifnezhad A. ***Comparison of Static Balance Performance and Plantar Selected Parameters in Dominant and Non-Dominant Leg Active Female Adolescents with Ankle Pro-Nation.*** The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine 2023; 12(2): 306-19. [Persian]

3-Barghadi M, Shahbazioghli K, Piri E, Allahverdidost H, Nosrati hashi A. ***Short-term effect of protective knee brace on ankle and knee joint co-contractions in people with genu valgum during jumping and***

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

landing. Studies in medical sciences 2023; 34(2): 58-67. [Persian]

4-Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. ***Diagnosis and Treatment of Adult Flatfoot.*** J Foot Ankle Surg 2005; 44(2): 78-113.

5-Piri E, Jafarnezhadgero AA, Stålman A, Alihosseini S, Panahighaffarkandi Y. ***Comparison of the Ground Reaction Force Frequency Spectrum during Walking with and without Anti-Pronation Insoles in Individuals with Pronated Feet***. Journal of Sport Biomechanics 2025; 11(1): 20-33. [Persian]

6-Sabouri L, Piri E, Jafarnezhadgero A. ***Biomechanics of Transitional Movements in Individuals with Pronated Feet: A Review Study.*** Journal of Sport Biomechanics 2025; 11(3): 270-87. [Persian]

7-Razeghi M, Batt ME. ***Foot Type Classification: A Critical Review of Current Methods.*** Gait Posture 2002; 15(3): 282-91.

8-Chen KC, Tung LC, Tung CH, Yeh CJ, Yang JF, Wang CH. ***An Investigation of the Factors Affecting Flatfoot in Children with Delayed Motor Development.*** Res Dev Disabil 2014; 35(3): 639-45.

9-Dunn J, Link C, Felson D, Crincoli M, Keysor J, McKinlay J. ***Prevalence of Foot and Ankle Conditions in a Multiethnic Community Sample of Older Adults***. Am J Epidemiol 2004; 159(5): 491-8.

10- Kothari A, Dixon P, Stebbins J, Zavatsky A, Theologis T. ***The Relationship Between Quality of Life and Foot Function in Children with Flexible Flatfeet.*** Gait Posture 2015; 41(3): 786-90.

11-Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. C***orrelating Factors and Clinical Significance of Flexible Flatfoot in Preschool Children.*** J Pediatr Orthop 2001; 21(3): 378-82.

12-Miyazaki T, Wada M, Kawahara H, Sato M, Baba H, Shimada S. ***Dynamic Load at Baseline Can Predict Radiographic Disease Progression in Medial Compartment Knee Osteoarthritis.*** Ann Rheum Dis 2002; 61(7): 617-22.

13-Jafarnezhadgero A, Fatollahi A, Amirzadeh N, Siahkouhian M, Granacher U. ***Ground Reaction Forces and Muscle Activity While Walking on Sand Versus Stable Ground in Individuals with Pronated Feet Compared with Healthy Controls.*** PloS one 2019; 14(9): e0223219. [Persian]

14-Yousefi N, Amiri A, Jamshidi AA, Kamyab M. ***Effect of Plantar Flexion and Eversion on Mediolateral Ground Reaction Force in Subjects with Functional Ankle Instability.*** MRJ 2012; 6 (1): 38-43. [Persian]

15-Piri E, Sobhani V, Jafarnezhadgero A, Arabzadeh E, Shamsoddini A, Zago M, et al. ***Effect of Double-Density Foot Orthoses on Ground Reaction Forces and Lower Limb Muscle Activities During Running in Adults with and without Pronated Feet.*** BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation 2025; 17(1): 54.

16-Crowell HP, Davis IS. ***Gait Retraining to Reduce Lower Extremity Loading in Runners***. Clin Biomech (Bristol) 2011; 26(1): 78-83.

17-Sommer B, Hollenstein A, Graf E. ***Stability Boots for the Treatment of Achilles Tendon Injuries: Gait Analysis of Healthy Participants.*** Gait Posture 2022; 91: 131-6.

18-Tomasiak E, Wychowański M, Kaczmarczyk K, Gajewski J. ***Kinetic Analysis of Gait in Adults with***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

Asymptomatic Flatfoot. Acta Bioeng Biomech 2022; 24(1): 59-66.

19-Seagers K, Uhlrich SD, Kolesar JA, Berkson M, Janeda JM, Beaupre GS. ***Changes in Foot Progression Angle During Gait Reduce the Knee Adduction Moment and Do Not Increase Hip Moments in Individuals with Knee Osteoarthritis.*** J Biomech 2022; 141: 111204.

20-Eng JJ, Tang PF. ***Gait Training Strategies to Optimize Walking Ability in People with Stroke: A Synthesis of the Evidence.*** Expert Rev Neurother 2007; 7(10): 1417-36.

21-Ofoghi M, Isanejad A, Samadi A. ***Investigating The Effect of Eight-Weeks Resistance Training with Thera-Band on the Serum Levels of IL-15, Balance and Muscle Strength in Elderly Women.*** Metabolism and Sports Activity 2018; 8(1): 43-60.

22-Ziaei M, Esmaeili H, Mirshkar M. ***Effect of Plyometric and Theraband Tainings on Ankle Proprioception and Strength in Adolescent Soccer Players.*** Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation 2020; 9(2): 16-29. [Persian]

23-Aghakeshizade F, Saghari M, Shojaeddin SS. ***The Effect of Thera-Band Resistive Exercises on Pain, Dynamic Balance, and Function of Amateur Teenage Basketball Players***. Journal of Anesthesiology and Pain 2020; 11(1): 14-24. [Persian]

24-Khodabakhshi M, Ebrahimi atri A, Hashemi javaheri SAA, Ashoori H, Farokh roo N, Khodabandeh loo V. ***The Effect of 6 Weeks of Strength Exercise with Traband on Some of the Variables Anaerobic Power in Young Basketball Players***. RSMT 2015; 13(10): 47-57. [Persian]

25-Castro MP, Figueiredo MC, Abreu S, Sousa H, Machado L, Santos R, et al. ***The Influence of Gait Cadence on the Ground Reaction Forces and Plantar Pressures During Load Carriage of Young Adults.*** Appl Ergon 2015; 49: 41-6.

26-Lamoureux E, Sparrow WA, Murphy A, Newton RU. ***The Effects of Improved Strength on Obstacle Negotiation in Community-Living Older Adults.*** Gait Posture 2003; 17(3): 273-83.

27-Munro CF, Miller DI, Fuglevand AJ. ***Ground Reaction Forces in Running: A Reexamination.*** J Biomech 1987; 20(2): 147-55.

28-Almosnino S, Kajaks T, Costigan PA. ***The Free Moment in Walking and Its Change with Foot Rotation Angle.*** Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol 2009; 1(1): 19.

29-Maher CG. ***Effective Physical Treatment For Chronic Low Back Pain.*** Orthop Clin North Am 2004; 35(1): 57-64.

30-Shourabi P, Bagheri R, Ashtary-Larky D, Wong A, Motevalli MS, Hedayati A, et al. ***Effects of Hydrotherapy with Massage on Serum Nerve Growth Factor Concentrations and Balance in Middle Aged Diabetic Neuropathy Patients.*** Complement Ther Clin Pract 2020; 39: 101141. [Persian]

31-Stensdotter A-K, Hodges P, Mellor R, Sundelin G, Häger-Ross C. ***Quadriceps Activation in Closed and in Open Kinetic Chain Exercise.*** Med Sci Sports Exerc. 2003; 35(12): 2043-7.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

32-Ciolac E, Garcez-Leme L, Greve JM. ***Resistance Exercise Intensity Progression in Older Men.*** Int J Sports Med 2010; 31(6): 433-8.

33-Haq SA, Davatchi F. ***Osteoarthritis of the Knees in the COPCORD World***. Int J Rheum Dis 2011; 14(2): 122-9.

34-Downs SH, Black N. ***The Feasibility of Creating a Checklist for the Assessment of the Methodological Quality Both of Randomised and Non-Randomised Studies of Health Care Interventions***. J Epidemiol Community Health 1998; 52(6): 377-84.

35-Barghamadi M, Piri E, Behboodi Z, Allahverdidost H, Nosratihashi A, Imani F. ***Effects of the Immediate and Long-term Water and Thera Band Exercises on Ground Reaction Forces in People with Pronate Foot During Walking.*** Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation 2023; 12(1): 7-19. [Persian]

36-Piri E, Farzizade R, Barghamadi M. ***The Effect of Exercises in Water and Thera-Band on the Frequency Spectrum of Ground Reaction Forces in People with Pronate Foot During Walking: a Clinical Trial.*** Studies in Medical Sciences 2022; 33(8): 621-33. [Persian]

37-Hoseini MR, Sadeghi H, Taghva M. ***Impact of Dry, Wet & Combination Endurance Training on Selected Biomechanical Variables at the Voluntary Gait in Men Aged 60-75.*** The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine 2021; 10(5): 1080-93. [Persian]

38-Piri E, Barghamadi M, Farzizade R. ***Comparison of the Effects of Immediate and Long-Term Water and Thera band Exercises on Loading Rate, Impulse, and Free Moment in People with Pronate Foot during Walking: A Clinical Trial.*** Journal of Gorgan University of Medical Sciences 2022; 24(4): 10-9. [Persian]

39-Stergiou N, Giakas G, Byrne JE, Pomeroy V. ***Frequency Domain Characteristics of Ground Reaction Forces During Walking of Young and Elderly Females***. Clin Biomech (Bristol) 2002; 17(8): 615-7.

40-Roemmich RT, Stegemöller EL, Hass CJ. ***Lower Extremity Sagittal Joint Moment Production During Split-Belt Treadmill Walking***. J Biomech 2012; 45(16): 2817-21.

41-Milner CE, Davis IS, Hamill J. ***Free Moment as a Predictor of Tibial Stress Fracture in Distance Runners***. J Biomech 2006; 39(15): 2819-25.

42-Winter DA. ***Overall Principle of Lower Limb Support During Stance Phase of Gait***. J Biomech 1980; 13(11): 923-7.

43-Kepple TM, Siegel KL, Stanhope SJ. ***Relative Contributions of the Lower Extremity Joint Moments to Forward Progression and Support During Gait.*** Gait & Posture 1997; 6(1): 1-8.

44-Dalleau G, Allard MS, Beaulieu M, Rivard C-H, Allard P. ***Free Moment Contribution to Quiet Standing in Able-Bodied and Scoliotic Girls***. Eur Spine J 2007; 16(10): 1593-9.

45-Marinho-Buzelli AR, Barela AMF, Barela JA, Celestino ML, Popovic MR, Verrier M. ***The Influence of the Aquatic Environment on Gait Initiation: A Pilot Study.*** Motor Control 2017; 21(2): 211-26.

46-Aguiar L, Santos-Rocha R, Vieira F, Branco M, Andrade C, Veloso A. ***Comparison between***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

overweight due to pregnancy and due to added weight to simulate body mass distribution in pregnancy. Gait posture 2015; 42(4): 511-7.

47-Shahnazari Z, Marandi SM, Shayegan Nejad V. ***The Effect of Pilates Exercises and Aquatic Trainning on Walking Speed in Women with Multiple Sclerosis***. J Res Dev Nurs Midw 2013; 10(2): 10-7. [Persian]

48-Yen S-C, Schmit BD, Wu M. ***Using Swing Resistance and Assistance to Improve Gait Symmetry in Individuals Post-Stroke.*** Hum Mov Sci 2015; 42: 212-24.

49-Uchida MC, Nishida MM, Sampaio RAC, Moritani T, Arai H. ***Thera-Band Elastic Band Tension: Reference Values for Physical Activity.*** Phys Ther Sci 2016; 28(4): 1266-71.

50-Khodadadeh S, Welton EA. ***Gait Studies of Patients with Flat Feet***. The foot 1993; 3(4): 189-93.

51-Wurdeman SR, Huisinga JM, Filipi M, Stergiou N. ***Multiple Sclerosis Affects the Frequency Content in the Vertical Ground Reaction Forces during Walking.*** Clinical Biomech 2011; 26(2): 207-12.

52-Baumfeld D, Baumfeld T, da Rocha RL, Macedo B, Raduan F, Zambelli R, et al. ***Reliability of Baropodometry on the Evaluation of Plantar Load Distribution: A Transversal Study.*** BioMed Res int 2017; 2017: 5925137.

53-McGrath D, Judkins TN, Pipinos II, Johanning JM, Myers SA. ***Peripheral Arterial Disease Affects the Frequency Response of Ground Reaction Forces during Walking.*** Clinical Biomechanics 2012; 27(10): 1058-63.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]

CC BY-NC 4.0

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 33| NO 12 | Mar 2026

Received: 27 Jun 2024
Accepted: 8 Sep 2024

Effects of the Immediate and Long-term Water and Thera Band Exercises on Ground Reaction Forces in People with Pronate Foot During Walking: A Systematic Review and Meta-analysis

Mohsen Barghamadi*[1], Ebrahim Piri[1]

Original Article

Introduction: The ankle joint, due to its role in bearing the body's weight, is one of the most vulnerable joints of the lower extremity. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effects of immediate and long-term water and TheraBand exercises on ground reaction forces in individuals with pronate feet during walking.

Methods: The present study was a systematic review and meta-analysis. A search for Persian and English articles was conducted from the beginning of 2021 to the beginning of June 2024 in the citation databases WOS, SID, Magiran, Scopus, PubMed, ISC and Google Scholar search engine. Four articles were selected based on the inclusion and exclusion criteria. The short-term and long-term effects of ground reaction forces, impulse, free torque and loading rate of the studies were collected and meta-analyzed. The Downs and Black questionnaire was used to evaluate the quality of the articles. Quantitative data synthesis was conducted using the Cochrane Review Manager (Version 5.1).

Results: The findings indicated that an 8-week regimen of aquatic exercises significantly enhances anterior-posterior force during the heel strike phase (P=0.002; I=84%). Additionally, the results suggested a meaningful reduction in medial-lateral impulse (P=0.03; Z=2.16) and positive peak free torque in individuals with pronated feet during walking (P=0.02; Z=2.33). Furthermore, the data showed that eight weeks of aquatic training can significantly increase the negative peak free moment (P=0.0001; Z=3.81). The results of meta-analysis demonstrated that both short-term and long-term (eight weeks) effects of aquatic and Theraband exercises had no significant impact on vertical and internal-external forces (during both the heel contact and push-off phases), as well as on anterior-posterior force during the push-off phase (P>0.05).

Conclusion: According to the results of the present meta-analysis, it seems that the exercises in the water have long-term clinical and therapeutic effects on people with pronate and can be useful for correcting the walking pattern.

Keywords: Hydrotherapy, Thera-Band, Kinetics, Flat Foot, Gait.

Citation: Barghamadi M, Piri E**. Effects of the Immediate and Long-term Water and Thera Band Exercises on Ground Reaction Forces in People with Pronate Foot During Walking: A Systematic Review and Meta-analysis.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2026; 33(12): 9654-70.

[1]Department of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

***Corresponding author: Tel:**09153058339**, email:** barghamadi@uma.ac.ir

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i12.21424]