

مروری بر تأثیر تمرینات ورزشی بر مکانیک بدن طی حرکات انتقالی در افراد دارای پرونیشن پا: سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۲۲

ابراهیم پیری^۱، امیرعلی جعفرنژاد گرو^{۲*}، حامد ابراهیم‌پور^۱، علی نصری^۲

مقاله مروری

مقدمه: پای پرونیت، به‌عنوان یکی از ناهنجاری‌های رایج پا می‌تواند بیومکانیک اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار دهد. هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی چهارچوب علمی تحقیقات مرتبط با اعمال انواع پروتکل تمرینی بر عارضه پرونیشن پا بود و همچنین انجام یک جمع‌بندی مطلوب و ارائه اطلاعات مناسب‌تری از تحقیقات پیشین می‌باشد. در این مطالعه جستجوی مقالات به زبان فارسی و لاتین در سال ۲۰۱۹-۲۰۲۲ پایگاه‌های استنادی WOS، Magiran، Scopus، PubMed، Springer و موتور جستجو Google Scholar صورت پذیرفت. تعداد ۵۲ عنوان مقاله مرتبط بر اساس معیارهای ورود و خروج انتخاب و شرط اولیه ورود به مطالعه را داشتند. پس از بررسی مجدد مقالات تعداد ۱۸ مقاله که باهدف بررسی اثرات پروتکل تمرینی بر مکانیک بدن طی حرکات انتقالی در افراد دارای عارضه پرونیت پا بود، انتخاب شد.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که انجام تمرینات ورزشی برای بهبود تعادل، تقویت عضلات چهارسر ران، عدم تغییر زوایای مفاصل اندام تحتانی حین فعالیت مؤثر بوده است؛ لذا پیشنهاد می‌شود متخصصان علوم توانبخشی با بهره‌گیری از اصول و مبانی علم تمرین، فعالیت‌های تقویتی را در روند بهبودی مبتلایان به پای پرونیت مدنظر قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: پرونیشن پا، تمرینات ورزشی، الکترومایوگرافی، نیروهای عکس‌العمل زمین

ارجاع: پیری ابراهیم، جعفرنژاد گرو امیرعلی، ابراهیم‌پور حامد، نصری علی. مروری بر تأثیر تمرینات ورزشی بر مکانیک بدن طی حرکات انتقالی در افراد دارای پرونیشن پا: سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۲۲. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۴۰۲؛ ۳۱ (۴): ۶۰-۶۵۴۴.

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* (نویسنده مسئول): تلفن: ۰۹۱۰۵۱۴۶۲۱۴، پست الکترونیکی: amirali.jafarnezhad@gmail.com، صندوق پستی: ۵۶۱۹۹۱۳۱۳۱

شواهد گذشته حاکی از آن است که عارضه پرونیشن پا یک عارضه مادرزادی است که با چرخش استخوان درشت‌نهی و افت استخوان ناوی در سطح داخلی پا همراه است (۱). بر اساس شواهد ناهنجاری در اندام تحتانی مانند پای پرونیته می‌تواند بر بیومکانیک حرکات انسان مانند دویدن، تأثیر منفی بگذارد و منجر به بروز عدم هم‌انقباضی عضلانی و علایم ناپایدار در مفاصل اندام تحتانی (زانو) شود (۱۲). جعفرنژاد گرو و علوی‌مهر، طی پژوهشی به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی با تراپاند بر طیف فرکانس الکترومیوگرافی عضلات تنه و اندام تحتانی بیماران مبتلا به کمردرد دارای پای پرونیته طی مراحل راه‌رفتن پرداختند. روش کار بدین صورت بود که ۳۰ مرد دارای عارضه کمردرد با پای پرونیته به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و سپس به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تجربی جای گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که میانه فرکانس عضله ساقی قدامی طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معناداری داشت (۱۳). احتمالاً از اثرات مثبت پژوهش حاضر کاهش فرکانس این عضله را می‌توان ذکر نمود. زیرا شواهد مبتنی بر زیاد بودن فعالیت این عضله در افراد دارای پای پرونیته در مقایسه با افراد نرمال است. همان‌طور که قبلاً اشاره کردیم مهم‌ترین نیرویی که در این عارضه روی اندام پا وارد می‌شود نیروی عکس‌العمل زمین است؛ زیرا با توجه به برهم‌خوردن راستای طبیعی بدن به دلیل از بین رفتن قوس طولی - داخلی کف پا در افراد دارای پرونیشن پا که ممکن است مقدار و جهت نیروهای وارده را دچار تغییر کند. با توجه به این نکات پژوهش‌های متعددی به منظور بررسی نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد دارای پرونیشن پا مورد بررسی قرار گرفته است (۲). در همین راستا منتشلو و همکاران، به بررسی نیروهای عکس‌العمل زمین در مردان جوان سالم و دارای پای پرونیته طی دویدن پرداختند. بر اساس پژوهش حاضر نتیجه گرفتند که پرونیشن پا می‌تواند به عنوان عاملی اثرگذار موجب تغییر نیروی داخلی - خارجی و همچنین موجب برهم‌زدن بیومکانیک دویدن باشد (۱۳). محققان گزارش کردند، در عارضه پرونیشن بیش از حد پا به دلیل تماس سریع‌تر بخش

عارضه پرونیشن پا (اورژن مچ پا) یکی از عارضه‌های اندام تحتانی در مفصل مچ پا است (۱). پای پرونیته یکی از شایع‌ترین عارضه‌های است که به دلیل تغییرات بیومکانیکی با ناکارآمدی در ناحیه مچ پا مشاهده می‌شود (۲). میزان شیوع عارضه پرونیته پا در بزرگسالان ۲۰-۲۳٪ است (۳). هر گونه تغییرات بیومکانیکی در ساختمان مچ پا، از قبیل وجود عارضه پرونیته پا می‌تواند منجر به آسیب‌دیدگی مفصل مچ پا و سایر مفاصل بدن و حتی ستون فقرات گردد (۴). پای پرونیته، 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 نایکولار به سمت داخل متمایل می‌گردد که در نهایت می‌تواند منجر به بروز عارضه پای پرونیته شود. پای پرونیته در ارتباط مستقیم با اعمال فشار بر روی مفاصل مچ پا، زانو و کمر بند لگنی همراه است (۵). مهم‌ترین نیرویی که در این عارضه روی اندام مچ پا وارد می‌شود نیروی عکس‌العمل زمین است که با توجه به تحقیقات پیشین می‌تواند عامل مؤثر در بروز آسیب در اندام تحتانی گردد (۸-۶،۲). در عارضه پرونیشن پا قوس‌های طولی - داخلی دچار کلاپس (افت استخوان نایکولار) می‌شوند؛ به دلیل این که وجود این قوس‌ها در کف پا عامل مؤثر در جذب شوک‌های ناشی از راه‌رفتن، دویدن، جهیدن و ... است (۹)؛ بنابراین از بین رفتن این قوس‌ها می‌تواند زنگ خطر برای ورزشکاران به خصوص دو و میدانی‌کاران باشد. در همین راستا ولی‌زاده اورنج و همکاران، گزارش کردند که وجود دامنه پرونیشن پا در اکثر دوندگان می‌تواند باعث آسیب‌های ناشی از راه‌رفتن شود. در توجیه این امر اظهار داشتند که پای پرونیته یک عارضه است که در آن عملکرد عادی مفصل سابتالار اختلال پیدا می‌کند و در نتیجه قوس طولی داخلی پایین‌تر از حد معمول قرار می‌گیرد (۱۰). نتایج و شواهد گذشته حاکی از آن است که از بین رفتن قوس‌های کف پا در عارضه پرونیشن بیش از حد می‌تواند منجر به عارضه کف پای صاف گردد (۱۱). به علاوه

(Kinematic)، الکترومایوگرافی (Electromyography)، دویدن (Running)، راه رفتن (walking)، بالا و پایین رفتن از پله (Stairs ascent/descent)، فعالیت بدنی (Physical activity)، تمرینات تقویتی (strengthening exercises) استفاده شد. انتخاب اولیه مقالات بر اساس عنوان انجام شد و توسط سه محقق مورد بررسی قرار گرفت. معیار ورود به مطالعه شامل مواردی از قبیل انتشار مقاله از سال ۲۰۱۹-۲۰۲۲، استفاده مقالات در حوزه تمرینات ورزشی (تمرینات اصلاحی هم جز تمرینات ورزشی در نظر گرفته شده است) و وجود بررسی عارضه پرونیشن پا بود. معیار خروج شامل مقالاتی که تأثیر انواع کفش‌ها، ارتوزها، بریس‌ها، گوه و کفی‌ها و مجلات نامعتبر و فاقد ضریب تأثیر بودند از مطالعه خارج شدند. مقالاتی که فایل کامل آنها در دسترس نبود از طریق سایت (Isi Link)، خریداری گردید. اعتبارسنجی مقالات از طریق سنجش و ارزیابی مقالاتی که در پایگاه‌های Scopus، WOS و یا ISC نمایه شده بودند مورد ارزیابی قرار گرفت. مجلات مقالات مربوطه باید حداقل در یکی از این ۳ پایگاه استنادی نمایه شده بود. شکل ۱، روند انتخاب مقالات مطالعه مروری حاضر را نشان می‌دهد.

نتایج

از ۵۲ مقاله به دست آمده از طریق جستجوی کلمات کلیدی ۱۸ مقاله بر اساس معیار ورود جهت آنالیز نهایی انتخاب گردید. نتایج حاصل از بررسی مقالات به طور خلاصه در جدول ۱، ارائه شده است. لازم به ذکر است که ۶ مقاله مورد مطالعه در پژوهش حاضر نشان داده است که تمرینات ورزشی باهدف تقویت عضلات اندام تحتانی می‌تواند منجر به بهبود تعادل ایستا و پویا، افزایش سرعت و عدم تغییر زوایای مفصلی حین فعالیت ورزشی شود. به علاوه ۲ مقاله نشان‌دهنده این است که تمرینات تقویتی در کوتاه‌مدت تأثیر مثبتی بر عارضه پرونیشن پا نداشته است. تعداد ۵ مقاله در ارتباط مستقیم تمرینات ورزشی که باهدف اصلاح عارضه پرونیشن پا بودند نشان داد که انجام تمرینات اصلاحی می‌تواند منجر به بهبود تعادل و استحکام مفاصل اندام تحتانی شود. هم‌چنین ۳ مقاله با اعمال

داخلی پا نسبت به حالت نرمال عملکردهای ضروری پا صورت نمی‌گیرد (۱۴). از طرفی افرادی که دچار عارضه پرونیت باشند منجر به بروز اختلال در فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی خواهند شد، باتوجه به نظریه زنجیره کینماتیک، ضعف در عملکرد یک سگمان حرکتی می‌تواند سایر سگمان‌های حرکتی را نیز تحت تأثیر قرار دهد (۱۵). یکی از علل احتمالی تغییر در عملکرد و فعالیت عضلات طی حرکات انتقالی در افراد با پای پرونیت می‌تواند این موضوع باشد که رابطه طول - تنش در ناحیه اندام تحتانی در افراد دارای این ناهنجاری دچار تغییر می‌شود که می‌تواند منجر تغییر عملکرد عضلات گردد. باتوجه به اهمیت موضوع و میزان شیوع بالای این عارضه به‌ویژه در دوندگان بررسی اثرات سودمند انواع تمرینات ورزشی و فراهم نمودن آگاهی از نتایج مثبت تحقیقات گذشته می‌تواند مفید واقع گردد. هم‌چنین بر اساس شواهد به دلیل آن که در این عارضه راستای طبیعی قامت فرد مختل می‌گردد، لذا ضروری به نظر می‌رسد تا شواهد علمی جدید گردآوری شود. آخرین مطالعه انجام گرفته شده در این زمینه مربوط به سال ۲۰۱۸ می‌باشد (۱۶). از آنجایی که در سال‌های اخیر مطالعات زیادی به بررسی اثر تمرینات ورزشی بر روی مکانیک پای پرونیت پرداخته‌اند، لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرینات ورزشی بر مکانیک بدن طی حرکات انتقالی در افراد دارای عارضه پای پرونیت در سال‌های ۲۰۱۹ تا ماه نوامبر ۲۰۲۲ بود.

روش بررسی

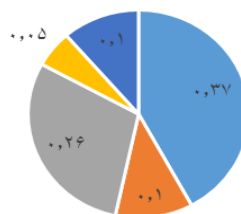
جهت انجام مطالعه مروری سیستماتیک حاضر، مقالات مرتبط به زبان فارسی و انگلیسی، از جستجوی در پایگاه‌های تخصصی WOS، SID، Magiran، Scopus، PubMed، Springer و موتور جستجو Google Scholar صورت پذیرفت. مقالات از سال ۲۰۱۹ تا ماه نوامبر ۲۰۲۲ جمع‌آوری گردید. مطالعه حاضر در سال ۱۴۰۱، در دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. برای استخراج مقالات از کلیدواژه‌های پای پرونیت (Foot pronation)، توانبخشی (Rehabilitation)، مکانیک بدن (Body mechanics)، کینتیک (Kinetics)، کینماتیک

تبادل ایستا و پویا انجام گرفته نشان داده است که افراد دارای پرونیشن پا تغییرات بیشتری در والگوس پاشنه و افت استخوان نای در مقایسه با افراد سالم دارند. در شکل ۲، خلاصه‌ای از نتایج مقالات آورده شده است.

پروتکل درمانده‌ساز بر عارضه پرونیشن پا به این نتیجه دست یافته‌اند که افزایش بی‌ثباتی مفاصل اندام تحتانی می‌تواند به دلیل خستگی مفرط عضلات اندام تحتانی (ناشی از ضعف عضلات) منجر به آسیب گردد. در نهایت ۲ مقاله به بررسی تمرینات ورزشی که فقط با اعمال تمریناتی که باهدف بهبود

جستجوی اولیه	مقالات به زبان فارسی و انگلیسی، از جستجوی در پایگاه‌های تخصصی و موتور جستجو Google Scholar صورت پذیرفت.
تعداد مقالات	تعداد ۵۲ مقاله معیار اولیه ورود به مطالعه را کسب کردند.
غربالگری	تعداد ۴۴ مقاله به دلایل مختلف (سال ۲۰۱۹-۲۰۲۲، زبان-های غیر از فارسی و لاتین، فاقد ضریب تاثیر، مجلات نامعتبر، عدم بررسی پروتکل ورزشی، عدم بررسی عارضه پرونیشن پا و...) از روند بررسی خارج شدند. تعداد ۱۸ مقاله معیار نهایی ورود به مطالعه را کسب کردند.
اجرای شرایط	قابل کامل مقالات توسط ۲ محقق گردآوری شد. مقالات که قابل کامل آن‌ها در دسترس نبود از طریق سایت Isi Link خریداری گردید.

شکل ۱: دیاگرام مطالعات از مرحله‌ی اولیه تا سنتز نهایی



- تمرینات با هدف تقویت عضلات اندام تحتانی: بهبود تعادل ایستا و پویا، افزایش سرعت و عدم تغییر زوایای مفصلی حین فعالیت
- تمرینات تقویتی: تاثیری نداشت
- تمرینات اصلاحی: بهبود تعادل و استحکام مفاصل اندام تحتانی
- پروتکل درمانده‌ساز: افزایش بی‌ثباتی و آسیب به دلیل خستگی
- تمرینات با هدف بهبود تعادل ایستا و پویا، تغییرات بیشتر در افت استخوان نای و والگوس پاشنه در افراد دارای پرونیشن پا

شکل ۲: مقایسه کلی مابین مقالات مورد مطالعه

جدول ۱. بررسی تاثیر انواع پروتکل تمرینی بر عارضه پرونیشن پا.

اسامی	سال انتشار	ساختار مداخله	متغیر مورد بررسی	نتایج اصلی
جعفرنژاد گرو و همکاران (۱۷)	۲۰۲۲	طی این پژوهش ۶۰ مرد جوان دارای پرونیشن پا در گروه مداخله و کنترل به صورت تصادفی تقسیم شدند. گروه مداخله یک برنامه تمرینی دویدن با پای برهنه پیشرونده ۸ هفته‌ای روی شن را با سه جلسه هفتگی انجام دادند. قبل و بعد از مداخله، شرکت‌کنندگان با سرعت ثابت ۱/۳ متر بر ثانیه در مسیر پیاده‌روی ۱۸ متری با صفحه نیرو تعبیه‌شده در وسط مسیر راه رفتند.	هشت هفته ورزش روی شن و ماسه بر بیومکانیک پیاده‌روی و فعالیت‌های عضلانی در افراد با پای پرونیت مورد بررسی قرار گرفت	این مطالعه مداخله‌ای تأثیر ۸ هفته ورزش بر روی شن و ماسه را بر سینتیک راه رفتن و فعالیت‌های عضلانی در مردان مبتلا به پرونیشن پا بررسی کرد. نیروهای پیک عمودی و جانبی کمتر و افزایش فعالیت عضلات اندام تحتانی (به‌عنوان مثال، واستوس جانبی) بعد از تمرین یافتیم. براین اساس، انجام تمرینات دویدن روی شن و ماسه را به‌عنوان یک درمان مؤثر برای افراد مبتلا به پرونیشن پا توصیه می‌کنیم.
کریمزاده و همکاران (۱۸)	۲۰۲۲	در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۰ آزمودنی مرد و زن با پای پرونیت شده با استفاده از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی ساده انتخاب شدند.	تأثیر تمرینات تقویتی درونی عضلات پارامترهای سینتیکی پا در افراد دارای پای پرونیت در هنگام فرود پرش به جلو	در افراد دارای پای پرون شده، IFMSE به تنهایی قادر به تغییر پارامترهای جنبشی پا یا مدت زمان استفاده از این تمرینات نبود. در این مطالعه، شش هفته ممکن است برای ایجاد تغییراتی در پارامترهای جنبشی پا کافی نباشد و بنابراین باید از این تمرینات برای مدت زمان طولانی‌تری استفاده کرد.
صادقی و همکاران (۱۹)	۲۰۲۲	این مطالعه مداخله‌ای بر روی دانشجویان ۲۰ تا ۳۰ ساله مبتلا به پرونیشن پا در دانشکده توانبخشی انجام شد.	تأثیر تمرینات تقویتی عضلات پا بر روی کینماتیک زانو در افراد دارای پای پرونیت شده در هنگام پرش به جلو (مرحله فرود)	تمرینات تقویت‌کننده عضلات کف پا به‌تنهایی تاثیری بر تغییرات سینماتیکی زانو در افراد مبتلا به پرونیشن پا ندارد. وجه دوم یا باید مدت‌زمان تمرینات تقویتی در طول روز افزایش یابد تا تأثیر تقویت عضلات درونی در افراد مبتلا به پرونیت پا مشاهده شود.

<p>ورزش عصبی عضلانی متمرکز بر هیپ باعث ایجاد تغییرات فوری در پرونیشن پا و تعادل پویا شد. بنابراین، تمرین عصبی عضلانی متمرکز بر لگن ممکن است برای کنترل وضعیت پا در توانبخشی پا همراه با رویکرد زنجیره جنبشی استفاده شود و می‌تواند یک استراتژی پیشگیری و درمان مؤثر باشد.</p>	<p>اثرات تمرینات ورزشی با تمرکز بر عضلات نواحی لگن بر تعادل افراد دارای پرونیٹ</p>	<p>شرکت‌کنندگان این پژوهش ۴۴ آزمودنی دارای پرونیٹ پا بودند که تمرین عصبی عضلانی متمرکز بر لگن و یک تمرین ساختگی را به ترتیب تصادفی انجام دادند. اندازه‌گیری‌های پرونیشن پا با تست افتادن ناویکولار، و کنترل عصبی عضلانی اندام تحتانی با تست تعادل ارزیابی شد.</p>	<p>۲۰۲۱</p>	<p>Turgut و همکاران (۲۰)</p>
<p>می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات اصلاحی باعث بهبود تعادل ایستا و پویا در دانش‌آموزان مبتلا به عارضه پرونیشن پا می‌شود و می‌توان آن را به‌عنوان روشی برای این افراد توصیه کرد.</p>	<p>تأثیر تمرینات اصلاحی سیستماتیک بر تعادل ایستا و پویا دانش‌آموزان مبتلا به عارضه پرونیٹ پا بود.</p>	<p>۳۰ داوطلب انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه کنترل و آزمایش تقسیم شدند. گروه آزمایش به مدت ۱۲ هفته تمرینات اصلاحی را انجام دادند. تعادل ایستا و پویا قبل و بعد از مداخلات ارزیابی شد.</p>	<p>۲۰۲۱</p>	<p>گلچینی و همکاران (۲۱)</p>
<p>هم انقباضی عضلات مورد بررسی در مفصل زانو در افراد پای پرونیٹ در مراحل مختلف استانس نسبت به گروه پای سالم کاهش یافته بود. احتمالاً دلیل این امر به علت فعالیت اضافی گروهی از عضلات جهت غلبه بر بی‌ثباتی زانو و جلوگیری از حرکات اضافی هنگام بروز خستگی باشد، و این احتمال وجود دارد که این فعالیت اضافی گروهی از عضلات بر مکانیک دویدن افراد پای پرونیٹ تأثیر گذاشته و در مراحل مختلفی از سیکل دویدن باعث وارد آمدن فشار اضافی به مفصل زانو شده و سیستم اسکلتی - عضلانی در مفصل زانو توانایی خود در جذب مناسب شوک هنگام دویدن را از دست داده و باعث افزایش لقی مفصل شده و خطر ابتلا به آسیب های مفصلی ناشی از خستگی افزایش یابد.</p>	<p>فعالیت الکترومایوگرافی عضلات منتخب قبل و بعد از اجرای پروتکل درمانده ساز بر هم انقباضی عضلات زانو طی دویدن ثبت گردید.</p>	<p>تعداد ۱۴ مرد جوان با پای پرونیٹ و ۱۴ نفر با پای سالم در این مطالعه شرکت کردند.</p>	<p>۲۰۲۱</p>	<p>فصیحی و همکاران (۲۲)</p>

فصیحی و همکاران (۲۳) ۲۰۲۱ تعداد ۱۴ مرد جوان با پای پرونیت و ۱۴ نفر با پای سالم در این مطالعه شرکت کردند.

فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اطراف زانو قبل و بعد از اجرای پروتکل درمانده ساز طی راه رفتن ثبت گردید.

هم انقباضی عمومی در هر دو گروه کاهش یافت. ضعف عضلات اطراف مفصل به دلیل خستگی می‌تواند یکی از دلایل آن باشد. هم انقباضی جهت‌دار، فلکسوری/اکستنسوری و داخلی/خارجی زانو پس از خستگی در گروه پای پرونیت در مقایسه با پای سالم کاهش یافت. خستگی احتمالاً ساختارهای داخلی پای پرونیت را بیشتر در معرض خطر آسیب قرار می‌دهد.

کرلی و همکاران (۵) ۲۰۲۱ جامعه آماری تحقیق حاضر را دختران نوجوان فعال شهر تهران و نمونه آماری این پژوهش شامل ۳۲ نفر دختران نوجوان فعال با محدوده سنی ۱۴ تا ۱۷ شهر تهران تشکیل دادند که به صورت تصادفی هدف‌مند انتخاب شدند.

تحقیق حاضر باهدف مقایسه پاسچر، عملکرد تعادلی ایستا و پارامترهای منتخب پلاتنار در بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری پرونیشن مچ پا بود.

دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن از ناهنجاری‌های بیشتر نسبت به دختران نوجوان سالم برخوردارند و تغییرات مکانیکی به وجود آمده در پاسچر موجب افزایش لوردوز کمر و والگوس پاشنه، افت بیشتر استخوان ناوی، افزایش شاخص صافی کف پا و کاهش عملکرد تعادلی در بین دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن نسبت به دختران نوجوان سالم شده است. از این‌رو؛ بروز ناهنجاری‌های پلاتنار از قبیل کف پای صاف و پرونیشن بر روی پاسچر و عملکرد تعادلی افراد تأثیرگذار است. با این‌حال؛ نیاز به مطالعات دقیق و جامع‌تری مبنی بر ارتباط بین پاسچر، تعادل و شاخص‌های پلاتنار مچ پا است تا بتوان بر اساس شواهد و مستندات نتایج قابل‌تعمیم و کاربردی‌تری را به دست آورد.

Gomez و همکاران (۲۴) ۲۰۲۱ ۱۵۵ کودک ۱۰ تا ۱۲ ساله که تمرینات مقاومتی هوازی با شش ایستگاه را انجام دادند.

اثر خستگی ناشی از تمرینات هوازی در کودکان دارای پای پرونیت

کودکانی که پاهای پرونیت داشتند نسبت به کودکانی که وضعیت پاهای نرمالی داشتند، در حین و/یا بعد از ورزش، خستگی و درد پا بیشتری نشان دادند. نوع پا می‌تواند عامل عدم اشتیاق کودکان به انجام فعالیت‌های سالم باشد و این مشکل با درمان مناسب ارتوپدی قابل‌حل است.

<p>در مقایسه قبل و بعد از تمرین، مقادیر معنی‌داری در وضعیت پا بین گروه آزمایش و کنترل مشاهده نشد. با این حال، وضعیت پا در هر دو گروه باتوجه‌به حالت اولیه آن اصلاح شد و مقدار ND کاهش یافت. SFE می‌تواند ابزار مفیدی برای مقابله با آسیب‌شناسی‌هایی باشد که علت آن شامل پروناسیون بیش از حد پا است.</p>	<p>اثرات ورزش بر پرونیشن پا</p>	<p>۸۵ شرکت‌کننده تحت تمرینات تقویت پا به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند.</p>	<p>۲۰۲۰</p>	<p>Carrasco و همکاران (۲۵)</p>
<p>پرونیشن پا با تغییرات ساختاری که در مفصل میچ پا و پا ایجاد می‌کند فعالیت عضلات اندام تحتانی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. میزان این تغییرات در افراد با پای پرونیت با کمردرد در مقایسه با افراد با پای پرونیت بدون کمردرد بیشتر است.</p>	<p>مقایسه فعالیت عضلات اندام تحتانی طی سه الگوی مختلف دوییدن در افراد دارای پای پرونیت با و بدون کمردرد</p>	<p>تحقیق حاضر از نوع مقطعی بود. ۴۵ مرد بالغ ۱۵ نفر دارای کف پای پرونیت، ۱۵ نفر با پای پرونیت مبتلا به کمردرد و ۱۵ نفر با پای نرمال طی سه الگوی دوییدن شرکت داشتند.</p>	<p>۲۰۲۰</p>	<p>جعفرنژاد گرو و همکاران (۲۶)</p>
<p>انجام پروتکل تمرین تقویت عضلات مرکزی و درونی و بیرونی پا به مدت ۹ هفته باعث بهبود پروناسیون در این نمونه از بزرگسالان با پای پرونیت شده شد و در نتیجه وضعیت پا بدون توجه به جنسیت به حالت خنثی نزدیک‌تر شد. بر اساس نتایج ما، پیشنهاد می‌کنیم که این تمرین‌های تقویت عضلانی را در تمام برنامه‌های درمان پرونیت پا، حتی زمانی که فرد با ارتز پا درمان می‌شود، گنجانده شود.</p>	<p>اصلاح وضعیت قرارگیری پا پس از یک برنامه تمرینات درمانی</p>	<p>۳۶ بزرگسال سالم با پای پرونیت بودند که به طور تصادفی در دو گروه قرار گرفتند. گروه آزمایش (۱۸ نفر) پروتکل تمرین تقویتی را به مدت ۹ هفته (دو جلسه ۴۰ دقیقه در هفته) انجام دادند، در حالیکه گروه کنترل (۱۸ نفر) این تمرینات را انجام ندادند.</p>	<p>۲۰۲۰</p>	<p>Rodrigue Z و همکاران (۲۷)</p>
<p>راه‌رفتن بر روی شن بر طیف فرکانس با توان ۹۹/۵ درصد نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی - خلفی بیشترین اثر را داشت، ولی در مقادیر طیف فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی - خارجی و در راستای عمودی هیچ‌گونه اختلاف معناداری وجود</p>	<p>ارزیابی طیف فرکانس عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن بر روی شن و سطح صاف در افراد با پای پرونیت</p>	<p>۲۹ فرد سالم (۱۴ زن و ۱۵ مرد) و ۳۰ فرد با پای پرونیت (۱۵ زن و ۱۵ مرد) داوطلب شرکت در مطالعه حاضر شدند.</p>	<p>۲۰۲۰</p>	<p>جعفرنژاد گرو و همکاران (۱)</p>

نداشت. به‌طور کلی، راه‌رفتن بر روی شن در توانبخشی افراد با پای پرونیت می‌تواند مفید باشد. با وجود این، اثبات هرچه بهتر این موضوع نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر دارد.

جعفرنژاد گرو و همکاران (۲۸)	۲۰۲۰	پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی بود که به‌صورت مقایسه‌ای بین سه گروه افراد سالم (۱۰ نفر)، افراد دارای پای پرونیت با (۱۰ نفر) و بدون (۱۰ نفر) کمردرد انجام شد.	میزان فشار کف‌پایی در ۱۰ ناحیه مورد بررسی قرار گرفت.	الگوی دویدن پنجه - پاشنه در مقایسه با سایر الگوهای دویدن برای افراد دارای پای پرونیت و کمردرد مناسب‌تر می‌باشد.
براز و همکاران (۲۹)	۲۰۲۰	در این مطالعه نیمه‌تجربی، به‌صورت داوطلبانه تعداد ۱۰ نفر برای هر یک از گروه‌های سالم، بیماران کمردرد با پای طبیعی و پرونیت انتخاب شدند.	ارزیابی فرکانس نیروی عکس‌العمل زمین طی راه‌رفتن بر روی شن و سطح صاف در افراد با پای پرونیت	به نظر می‌رسد متغیرهای فضایی - زمانی در گروه‌های کمردرد تحت‌تأثیر ساختار پا قرار دارند. نتایج حاضر نشان داد در گروه کمردرد با پای طبیعی، کاهش سرعت راه‌رفتن با افزایش زمان فاز حمایت دوگانه، کاهش طول گام و طول قدم همراه است. همچنین در گروه کمردرد با پای پرونیت، کاهش سرعت راه‌رفتن با افزایش زمان چرخه و عرض گام همراه است. بهتر است برنامه‌های تمرینی و توانبخشی باتوجه‌به ساختار پا برای بیماران کمردرد بهینه‌سازی شود.
جعفرنژاد گرو و حشمتی‌زاده (۳۰)	۲۰۱۹	۲۳ مرد (۱۵ مبتلا به کمردرد با پای پرونیت به‌عنوان گروه کنترل و ۱۷ مرد دارای کمردرد با پای پرونیت به‌عنوان گروه تجربی داوطلب شرکت در پژوهش شدند. گروه تجربی تمرینات مقاومتی را با تراباند برای مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته انجام دادند.	کینماتیک اندام تحتانی در بیماران کمردرد با پای پرونیت قبل و بعد از یک دوره پروتکل تمرینی منتخب طی راه‌رفتن	باتوجه‌به افزایش سرعت راه‌رفتن در بیماران کمردرد با پای پرونیت، پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون، عدم تغییر زوایای مفاصل اندام تحتانی و عدم تغییر زاویه مطلق لگن، نشان از کارایی مکانیکی بهتر راه‌رفتن بعد از برنامه تمرینی دارد.
جعفرنژاد گرو و علوی	۲۰۱۹	۳۰ مرد دارای عارضه کمردرد با پای پرونیت به‌صورت نمونه‌گیری در	اثر تمرینات مقاومتی با تراباند بر	باتوجه‌به بالا بودن فعالیت عضله ساقی قدامی در بیماران کمردرد با پای پرونیت

دسترس انتخاب و سپس به صورت طیف فرکانس در مقایسه با افراد سالم، کاهش معنی دار تصادفی به دو گروه کنترل (۱۵ نفر) الکترومیوگرافی فرکانس میانه عضله ساقی قدیمی طی و تجربی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. عضلات تنه و اندام پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون طی تحتانی بیماران مبتلا فاز پاسخ بارگیری نشان از اثرات مثبت به کمردرد دارای این برنامه تمرینی دارد. کاهش قوس پا طی راه رفتن

عالم و ۲۰۱۹ ۲۸ شرکت‌کننده با پای پرونیت اثرات تقویت این مطالعه نشان داد که گنجاندن همکاران (۳۲) به طور تصادفی در دو گروه کششی و انتخابی تیپالیس تقویت انتخابی تیپالیس خلفی و کشش تقویتی قرار گرفتند. گروه کششی و خلفی و کشش ایلئوپسواس علاوه بر برنامه تمرینی تقویتی، تمرینات را سه بار در هفته ایلئوپسواس بر معمولی می‌تواند نتایج بالینی مهمی به مدت ۶ هفته انجام دادند. افتادگی نایکولار، مانند افتادگی ناوی، فعالیت عضلانی و تعادل پویا و فعالیت تعادل پویا در افراد دارای پرونیشن را عضلات اندام تحتانی بهبود بخشد. در افراد پای پرونیت

بحث

هدف از مطالعه مروری حاضر بررسی تأثیر تمرینات ورزشی در افراد دارای پرونیشن پا بود. بر اساس تحقیقات اخیر دو عامل نیروی عکس‌العمل زمین و فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی برای ناهنجاری‌های اندام تحتانی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. ابزار اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین دستگاه صفحه نیروست که می‌توان با استفاده از این دستگاه به تحلیل متغیرها (نیروهای اعمال شده در راستای مختلف) پرداخت. همچنین با استفاده از الکترودهای سطحی یا سوزنی (سوزنی بیشتر در پزشکی کاربرد دارد) می‌توان فعالیت الکتریکی عضلات را با توجه به اختلاف پتانسیل ایجاد شده در طی فازهای مختلف مورد بررسی قرارداد (۳۳). وجود عارضه پرونیت پا در اندام تحتانی را می‌توان با بررسی شاخص‌های گوناگون در ارتباط با نیروی عکس‌العمل زمین و فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی

مورد تجزیه و تحلیل قرارداد. زیرا در عارضه پرونیشن پا به دلیل بروز اختلالات بیومکانیکی (دلایلی همچون افت استخوان ناوی، چرخش داخلی استخوان تیبیا و در نهایت راستای نامناسب حین فعالیت) شاهد ظهور درد در ناحیه پاشنه، تاندون آشیل، کشیدگی عضلات همسترینگ و چهارسر رانی در این افراد خواهیم بود. به نحوی که در همین راستا منز و همکاران، ویلیامز و همکاران، به اختلالاتی در خصوص پاسچر و فشارهای وارده بر کف پا در افراد دارای پرونیشن پا گزارش کردند (۳۴، ۳۵). همچنین کات و همکاران، اظهار داشتند که در افراد دارای پرونیشن پا اختلالات بیومکانیکی می‌تواند منجر به تغییر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اندام تحتانی گردد (۳۶). آن‌ها در پژوهش خود ساختار آناتومیکی پا را دلیل اصلی برای تغییرات فعالیت الکتریکی عضلات دانسته‌اند. با توجه به پژوهش‌های اخیر در مورد نیروی عکس‌العمل زمین نشان داده شده است که هر چه زمان رسیدن به اوج نیروها کمتر باشد در نتیجه اثرگذاری نیرو

کلیدی برخوردار است. این شاخص مرتبط با تعادل بدن بوده و تعیین کننده مشارکت عضلانی مورد نیاز برای حفظ تعادل فرد در سطح افقی می باشد (۴۱). همسو با مطالعات گذشته فصیحی و همکاران، طی مطالعه‌ای ۳۰ نفر آزمودنی به ترتیب در دو گروه سالم (تعداد=۱۵ نفر) و پای پرونیت (تعداد=۱۵ نفر) جای دادند. یک سیستم صفحه نیرو برتک جهت ثبت نیروهای عکس العمل زمین طی راه رفتن با پای برهنه قبل و بعد از خستگی در نقطه شکست ضربان قلب استفاده شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که تعامل دو عامل خستگی و پای پرونیت می تواند به دلیل افزایش گشتاور آزاد حول مفصل مچ پا یک عامل خطر برای ایجاد آسیب های دویدن باشد (۴۲). هانت و همکاران در پژوهشی تحت عنوان مکانیک و کنترل حرکت در افراد دارای کف پای صاف عملکردی و نرمال به این نتیجه رسیدند که فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی و ساقی قدامی بین دو گروه کف پای صاف و نرمال متفاوت است (۴۳). در عارضه پرونیشن پا هنگام راه رفتن، قوس پا بر اثر فشار ناشی تحمل وزن فرد از بین می رود. در این حالت، فشار زیادی به کف پا وارد می شود و به دنبال آن، استخوان بندی کف پا تغییر شکل داده و گودی کف پا از بین می رود. در نتیجه، این تغییر شکل منجر به صاف شدن کف پا می شود. عضله ساقی قدامی از عضلات نگه دارنده قوس کف پای می باشد. در افراد دارای پرونیت پا و به دنبال آن صافی کف پا این عضله دچار ضعف می گردد. به طور طبیعی در هنگام ضربه پاشنه نیروی حاصل از وزن اندام تحتانی طی راه رفتن در قسمت پا یک گشتاور پلانتر فلکشنی ایجاد می کند، این پلانتر فلکشن در افراد دارای پرونیت پا به دلیل ضعف عضله ساقی قدامی کاهش می یابد (۴۴). احتمالاً افزایش دامنه فعالیت الکتریکی عضله ساقی قدامی طی پروتکل تمرینی از آثار مثبت مطالعات باشد. علت این امر این است که این عضله یکی از عضلات نگهدارنده قوس طولی داخلی پا می باشد و افزایش فعالیت آن می تواند منجر به کاهش پرونیشن پا گردد.

بیشتر خواهد بود و بالعکس (۱). در توجیه این نکته می توان گفت که هر چه زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل زمین کمتر باشد در نتیجه میزان آسیب دیدگی در مفصل مچ پا زیاد خواهد بود. در همین راستا قربانلو و همکاران، طی پژوهشی تحت عنوان «اثر یک دوره تمرین اصلاحی با استفاده از تراپاند بر مؤلفه های عکس العمل زمین در دانشجویان پسر دارای زانوی ضربداری طی دویدن» اظهار داشتند که ۸ هفته تمرینات اصلاحی با تراپاند می تواند زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی طی فاز هل دادن را طی پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون افزایش دهند؛ لذا از آثار مثبت این پژوهش می توان به طولانی تر شدن فاصله زمانی برخورد پا با سطح زمین اشاره کرد که در نهایت میزان نیروهای وارده بر پا را کاهش می دهد (۳۷). بر اساس مطالعات انجام شده نرخ بارگذاری عمودی یکی دیگر از شاخص های مورد توجه محققان بوده است. نرخ بارگذاری عمودی شاخصی از ضربه است که بر راستای بدن وارد می شود و با آسیب های اندام تحتانی در ارتباط است؛ این شاخص در ارتباط با زمان بوده و مطالعات نشان داده اند نرخ بارگذاری عمودی کمتر با آسیب کمتر در ارتباط است (۳۸). پس می توان نتیجه گرفت که هر کدام از پروتکل تمرینی که منجر به کاهش نرخ بارگذاری عمودی گردد از اثرات مثبت پروتکل تمرینی پیروی کرده است. متغیر گشتاور آزاد میزان گشتاور وارد بر پا حول محور عمودی که از محل مرکز فشار عبور می کند می باشد (۳۹). از آنجایی که راستای آن حول محور عمودی است بارهای پیچشی را برپا وارد می نماید. هم چنین طی پژوهش های اخیر بیان شده است که می توان از شاخص گشتاور آزاد به عنوان یک شاخص جهت تشخیص میزان آسیب اندام تحتانی و نیروهای پیچشی وارده به اندام تحتانی استفاده کرد (۴۰). بررسی شاخص گشتاور آزاد که عبارتست از گشتاور نیرو در پاها حول محور عمودی که از مرکز فشار می گذرد، برای ارزیابی مقدار و جهت گشتاورهای نیرو در افراد مبتلا به پرونیشن پا از اهمیت

زمینه احتمالاً تقویت عضلات چهارسر ران می‌تواند مؤثر واقع گردد.

نتیجه‌گیری

مطالعه مروری حاضر، با رویکرد بررسی تأثیر تمرینات ورزشی بر عارضه پروریت پا نشان داد که انجام تمرینات ورزشی برای بهبود تعادل، تقویت عضلات چهارسر ران، عدم تغییر زوایای مفاصل اندام تحتانی حین فعالیت و کاهش پیک نیروهای عمودی و جانبی مؤثر بوده است. به نظر می‌رسد متخصصان علوم توانبخشی می‌توانند با بهره‌گیری از اصول و مبانی علم تمرین، فعالیت‌های تقویتی را در روند بهبودی مبتلایان پروریت پا مدنظر قرار دهند.

سپاس‌گزاری

مطالعه حاضر در سال ۱۴۰۲ در دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. بدین‌وسیله نویسندگان مطالعه حاضر تشکر و قدردانی ویژه از تمامی نویسندگان مقالات مورد بررسی را اعلام می‌دارد.

حامی مالی: ندارد.

تعارض در منافع: وجود ندارد.

گروه عضلات چهارسر ران از چهار عضله راست رانی، پهن خارجی، پهن میانی و پهن داخلی تشکیل شده است. این چهار عضله مهم بازکننده مفصل مچ پا طی راهرفتن در افراد دارای پروریت پا از اهمیت بالایی برخوردار است. انقباض هر چه بیشتر عضلات چهار سر ران منجر به نزدیک‌شدن سطوح مفصلی شده و به دنبال آن قدرت و فعالیت هر چه بیشتر این عضلات طی راهرفتن منجر به ثبات مفصل مچ پا می‌گردد (۴۵). توزیع غیرطبیعی بار اضافه بر مفاصل اندام تحتانی منجر به ناکارآمدی عضلات می‌شود که به دنبال آن منجر به بروز عارضه‌های اندام تحتانی و ناکارآمدی عضلات می‌شود (۴۶). طبق نتایج مطالعات پژوهش حاضر، هنگامی که فردی فعالیت روبه‌جلو همانند راهرفتن و یا در اثر انجام حرکات ناگهانی (هل‌دادن، لغزیدن و...) به سمت جلو حرکت کند، گروه عضلات چهارسر ران نقش حیاتی برای جلوگیری از حرکت بدن به سمت عقب به عمل می‌آورند که در چنین شرایطی میزان فعالیت عضله پهن داخلی بیشتر از پهن خارجی است (۴۷). باتوجه‌به نتایج مطالعات انجام شده در این

References:

- 1- Jaafarnejad A, Amirzade N, Heseinpour A, Siahkoughian M, Mokhtari Malek Abadi A. *Evaluation of Frequency Spectrum of Ground Reaction Force during Walking on Sand and Flat Surface in Individuals with Pronated Foot*. SJRM 2020; 9(3): 93-101. [Persian]
- 2- Valizade-Orang A, Siahkoughian M, Jafarnejadgero A, Bolboli L, Ghorbanlou F. *Investigating the Effects of Long-Term Use of Motion Control Shoes on the Frequency Spectrum of Ground Reaction Force during Running in the Runners with Pronated Feet*. SJRM 2020; 8(4): 123-31. [Persian]
- 3- Jafarnejadgero A, Fatollahi A, Amirzadeh N, Siahkoughian 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]
- 4- Razeghi M, Batt ME. *Foot Type Classification: A Critical Review of Current Methods*. Gait & posture 2002; 15(3): 282-91.
- 5- Koreili Z, Fatahi A, Azarbayjani MA, Sharifnejad A. *Comparison of Static Balance Performance and*

- Plantar Selected Parameters in Dominant and Non-Dominant Leg Active Female Adolescents with Ankle Pro-Nation*. JPA 2021. [Persian]
- 6-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]
- 7-Mantashloo Z, Sadeghi H. *Comparison of Ground Reaction Forces and Muscles Electrical Activity of the Ankle during Running in Young Men with Pronation and Normal Foot*. JRUMS 2017;16(4): 353-64. [Persian]
- 8-Valizade-Orang A, Siahkoochian M, Jafarnezhadgero A, Ghorbanlou F. *The Effect of Long-Term Use of Motion Control Shoes on the Ground Reaction Force Components during Running in Runners with Excessive Pronated Feet*. IJRN 2019; 6(2): 48-55. [Persian]
- 9-Ford KR, Myer GD, Hewett TE. *Valgus Knee Motion During Landing in High School Female and Male Basketball Players*. MSSE 2003; 35(10): 1745-50. [Persian]
- 10-Valizadehorang A, Jafarnezhadgero A, Alihosseini S. *The Effects of Motion Control Shoes on Knee Joint Co-Contraction in Overweight Individuals with Flat Feet*. SJRM 2022; 10(6): 1182-93. [Persian]
- 11-Sadeghi H, Mohseni Zonouzi F, Peeri M. *Effects of Foot Sole on Ground Reaction Forces During Walking in Male Athletes with Flexible Flat Foot*. SJRM 2021; 10(2): 220-33. [Persian]
- 12-Fasihi A, Siahkouchian M, Jafarnezhadgero A, Bolboli L, Sheikhalizade H. *The Effect of Exhaustive Protocol on Knee Muscle Co-contraction in Healthy People and with a Pronated Foot during Running*. RJMS 2021; 28(8): 21-32. [Persian]
- 13-Mantashloo Z, Sadeghi H, Tazji MK. *Comparison of Ground Reaction Forces and Muscles Electrical Activity of the Ankle during Running in Young Men with Pronation and Normal Foot*. JRUMS 2017; 16(4): 353-64. [Persian]
- 14-Jafarnezhadgero AA, Heshmatizadeh S. *Lower Limb Kinematic in Low Back Pain Patients with Pronated Foot Before and after a Selected Training Protocol during Walking*. JAP 2019; 9(4): 89-99. [Persian]
- 15-Javdaneh N, Mozafaripour E, Javdaneh N, Kazemneya YD, Pourmahmodian P. *Isometric Strength of Lower Extremity Muscles in Athletes with Hyperpronated Foot*. PTJ 2014; 4(2): 90-5. [Persian]
- 16-Hwang R, Choi YJ. *A Study on the Effects of Short Foot Exercise on Medial Longitudinal Arch and Balance in the Foot and Efficient Application: Literature Review*. Exer Sci 2018; 27(4): 252-9.
- 17-Jafarnezhadgero AA, Fatollahi A, Granacher U. *Eight Weeks of Exercising on Sand Has Positive Effects on Biomechanics of Walking and Muscle Activities in Individuals with Pronated Feet: A Randomized Double-Blinded Controlled Trial*. Sports 2022; 10(5): 70. [Persian]
- 18-Karimzadeh A, Mohammadi HK, Mehravar M, Zahednejad S, Taheri N, Sadeghi M. *The Effects of Intrinsic Foot Muscles Strengthening Exercises on Foot Kinetic Parameters in Pronated Foot Subjects during Forward Jump Landing*. J Family Med Prim Care 2022; 11(9): 5205-10. [Persian]

- 19-Sadeghi M, Mohammadi HK, Mehravar M, Salehi R, Taheri N, Karimzadeh A. *The Effects of Intrinsic Foot Muscles Strengthening Exercises on Knee Kinematic in Pronated Foot Subjects During Forward Jump Landing*. J Family Med Prim Care 2022;11(8):4389-94. [Persian]
- 20-Turgut E, Yagci G, Tunay VB. *Hip-Focused Neuromuscular Exercise Provides Immediate Benefits in Foot Pronation and Dynamic Balance: A Sham-Controlled Cross-Over Study*. J Sport Rehabil 2021; 30(7): 1088-93.
- 21-Golchini A, Rahnama N, Lotfi-Foroushani M. *Effect of Systematic Corrective Exercises on the Static and Dynamic Balance of Patients with Pronation Distortion Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial Study*. Int J Prev Med 2021; 12: 129. [Persian]
- 22-Fasihi A, Siahkoughian M, Jafarnejadgero A, Bolboli L, Sheikhalizade H. *The Effect of Exhaustive Protocol on Knee Muscle Co-contraction in Healthy People and with a Pronated Foot during Running*. JMM 2021; 23(2): 161-71. [Persian]
- 23-Fasihi A, Siyahkuhiyan M, Jafarnejadgero A, Bolboli L, Sheikhalizadeh H, Fasihi L. *Comparing the Effect of Exhaustive Fatigue Protocol on Ankle Muscle Co-contraction during Walking in Healthy and with a Pronated Foot People*. HRJ 2021; 6(2): 104-14. [Persian]
- 24-de los Ángeles Gómez-Benítez M, Gómez-Benítez A, Ramos-Ortega J, Castillo-López JM, Bellido-Fernandez L, Munuera-Martínez PV. *Fatigue in Children with Pronated Feet after Aerobic Exercises*. Journal of the American Podiatric Medical Association 2021; 111(2): Article_7.
- 25-Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. *Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation*. Int J Environ Res Public Health 2020; 17(13): 4882.
- 26-Jafarnejadgero A, Ghane G, Valizadehorang A. *Comparison of Lower Limb Muscular Activities During Three Different Running Patterns in Pronated Feet Individuals with and without Low Back Pain*. JAP 2021; 11(4): 1-18. [Persian]
- 27-Sánchez-Rodríguez R, Valle-Estévez S, Fraile-García PA, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Escamilla-Martínez E. *Modification of Pronated Foot Posture after a Program of Therapeutic Exercises*. Int J Environ Res Public Health 2020; 17(22): 8406.
- 28-Jafarnejadgero A, Ghane G, Valizadehorang A, Malekabadi AM. *A Comparison of Planatar Pressure Variables During Three Different Running Patterns in Pronated Feet Individuals With And without Low Back Pain*. ISRAPM 2020; 11(3): 77-87. [Persian]
- 29-Baraz M, Farahpour N, Karimi MT, Rezaee MR. *Assessment of Spatiotemporal Gait Parameters in Patients with Non-Specific Chronic Low Back Pain with and Without Pronated Feet*. RSR 2020; 8(15): 1-9. [Persian]
- 30-Jafarnejadgero A, Heshmatizadeh S. *Lower Limb Kinematic in Low Back Pain Patients with Pronated*

- Foot Before and after a Selected Training Protocol during Walking*. JAP 2019; 9(4): 89-99. [Persian]
- 31-Jafarnezhadgero A, Alavi Mehr S. *The Effect of Thera-Band Resistance Training on the Electromyography Frequency Spectrum of Trunk and Lower Limb Muscles in Low Back Pain Patients with Pronated Feet During Walking: A Clinical Trial*. JRUMS 2019; 18(5): 427-40. [Persian]
- 32-Alam F, Raza S, Moiz JA, Bhati P, Anwer S, Alghadir A. *Effects of Selective Strengthening of Tibialis Posterior and Stretching of Iliopsoas on Navicular Drop, Dynamic Balance, and Lower Limb Muscle Activity in Pronated Feet: A Randomized Clinical Trial*. Phys Sportsmed 2019; 47(3): 301-11. [Persian]
- 33-Hashemi Taklimi MA, Nobahar SR, Faezi G, Mosavi SK. *The Comparison of Leg Muscles Electromyography during Various Standing Positions in Pesplanus and Normal Men*. MJMS 2015; 58(8): 432-41. [Persian]
- 34-Menz HB, Morris ME, Lord SR. *Foot and Ankle Characteristics Associated with Impaired Balance and Functional Ability in Older People*. Gerontol A Biol Sci Med Sci 2005; 60(12): 1546-52.
- 35-Williams DS 3rd, McClay IS, Hamill J. *Arch Structure and Injury Patterns in Runners*. Clin Biomech 2001; 16(4): 341-7.
- 36-Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. *Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability*. J Athl Train 2005; 40(1): 41-6.
- 37-Ghorbanloo F, Jafarnezhadgero A, Valizadeh orang A. *The Effect of Corrective Exercises Using Thera-Band on Components of Ground Reaction Force in Boy Students with Genu Valgum during Running: A Clinical Trial Study*. JRUMS 2020; 19(7): 661-76. [Persian]
- 38-Alavi Mehr SM, Jafarnezhadgero A, Majlesi M. *The Immediate Effect of Medical Insole on Loading Rate, Impulse, and Free Moment in Male Children with Flat Foot: A clinical trial*. JRUMS 2018; 17(1): 27-38. [Persian]
- 39-Gordon E, Graham E, Joseph H, Gary K, Saunders W, Et al. *Research Methods in Biomechanics*. 2ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data; 2013: 317-36.
- 40-Milner CE, Davis IS, Hamill J. *Free Moment as a Predictor of Tibial Stress Fracture In Distance Runners*. JB 2006; 39(15): 2819-25.
- 41-Winter DA. *Overall Principle of Lower Limb Support during Stance Phase of Gait*. J Biomechanics 1980; 13(11): 923-7.
- 42-Fasihi A, Siahkouhian M, Sheikhalizade H, Jafarnezhadgero A. *Effect of Fatigue at the Heart Rate Deflection Point on the Frequency Components of Ground Reaction Forces during Walking in Individuals with Pronated Feet*. SJRM 2020; 9(2): 228-38. [Persian]
- 43-Hunt AE, Smith RM. *Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking*. Clin Biomech 2004; 19(4): 391-7.
- 44-Gray EG, Basmajian JV. *Electromyography and Cinematography of Leg and Foot ("Normal" and Flat) During Walking*. Anat Res 1968; 161(1): 1-15.
- 45-Lim BW, Hinman RS, Wrigley TV, Sharma L, Bennell KL. *Does Knee Malalignment Mediate the*

Effects of Quadriceps Strengthening on Knee Adduction Moment, Pain, and Function in Medial Knee Osteoarthritis? A Randomized Controlled Trial. Arthritis Rheum 2008; 59(7): 943-51.

46-Ghorbanlou F, Jaafarnejad A, Fatollahi A. *Effects of Corrective Exercise Protocol Utilizing A TheraBand on Muscle Activity During Running in Individuals With Genu Valgum.* SJRM 2021; 10(5): 1052-65.

[Persian]

47-Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. *Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study.* Am J Sports Med 2005; 33(4): 492-501.

Effect of Sports Training on Body Mechanics during Transitional Movements in Individuals with Foot Pronation: Literature from 2019-2022

Ebrahim Piri¹, AmirAli Jafarnezhadgero^{*2}, Hamed Ebrahimpour¹, Ali Nasri²

Review Article

Introduction: Pronated foot, as one of the common foot abnormalities can affect the biomechanics of the lower extremity. The purpose of the present study was to investigate the scientific research related to the application of various exercise protocols on foot pronation complications, as well as to make favorable summary and provide more appropriate information from previous research. In this study, the search for articles in Persian and Latin languages in 2019-2022 was carried out on WOS, Magiran, PubMed, Springer databases, and Google Scholar. The number of 52 related articles was selected based on the inclusion and exclusion criteria. After another review on these papers, 18 articles that evaluated the effects of training protocols on body mechanics in individuals with pronated feet were selected.

Conclusion: It seems that performing exercise to improve balance, strengthening the quadriceps muscles, and not change the lower extremity joints angles during activity has been effective. Therefore, it is suggested that rehabilitation professionals consider reinforcement activities in the process of recovering pronated using the principles and science practice.

Keywords: Foot pronation, Sport training, Electromyography, Ground reaction force.

Citation: Piri E, Jafarnezhadgero A.A, Ebrahimpour H, Nasri A. **Effect of Sports Training on Body Mechanics during Transitional Movements in Individuals with Foot Pronation: Literature from 2019-2022.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2023; 31(4): 6544-60.

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

²Department of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding author: Tel: 09105146214, email: amiralijafarnezhad@gmail.com