






Original Paper

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

Ebrahim Piri¹ , Mohsen Barghamadi (Ph.D)^{*2} , Reza Farzizade (Ph.D)³ 

¹ M.Sc in Sport Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

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

³ Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

Background and Objective: The ankle is one of the most vulnerable joints in the body in terms of weight bearing. The pronate foot is the most common complication of the lower limbs that causes a decrease in the height of the internal longitudinal arch when bearing body weight. This study was conducted to compare the effect of exercises in water and with thera-band on loading rate, impulse, and free torque in people with pronation immediately and after eight weeks.

Methods: This clinical trial was conducted on 45 male students with pronate foot at the University of Mohaghegh Ardabili. The subjects were randomly divided into three groups of 15 people including control, thera-band, and water training. The intervention groups performed the exercises for eight weeks and the immediate and long-term effects of the exercises were compared.

Results: The positive and negative peaks of free torque, vertical loading rate, and vertical impulse in the water training group after eight weeks decreased significantly compared to the pretest and immediately after exercise ($P < 0.05$). Also, the internal-external direct impulse in the water training group increased significantly after eight weeks compared to the pretest and immediately after exercise ($P < 0.05$). In addition, the positive peak of free torque and vertical impulse decreased significantly in the thera-band group after eight weeks compared to the pretest and immediately after exercise ($P < 0.05$). Moreover, the loading rate decreased significantly immediately and after eight weeks in the thera-band group compared to the pretest ($P < 0.05$).

Conclusion: Eight weeks of exercise in water and with thera-band can improve loading rate, free torque, and impulse in people with pronate foot during walking.

Keywords: Exercises Therapy, Pronation, Gait, Torque

*Corresponding Author: Mohsen Barghamadi (Ph.D), E-mail: barghamadi@uma.ac.ir

Received 18 Apr 2022

Final Revised 31 Jul 2022

Accepted 28 Aug 2022

Published Online 5 Apr 2023

Cite this article as: 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]. J Gorgan Univ Med Sci. 2023; 24(4): 10-19. [Article in Persian]





تحقیقی

مقایسه اثر آبی و هشت هفته تمرینات در آب و تراباند بر نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت هنگام راه رفتن: یک مطالعه کار آزمایی بالینی

ابراهیم پیری^۱، دکتر محسن برغمندی^{۲*}، دکتر رضا فرضی زاده^۳

^۱ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. ^۲ دانشیار گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. ^۳ دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: مفصل مچ پا به خاطر تحمل وزن یکی از آسیب پذیرترین مفاصل بدن است. پای پرونیت، یک نوع ناهنجاری است که باعث کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن بدن می گردد و یکی از شایع ترین عارضه های اندام تحتانی است. این مطالعه به منظور مقایسه اثر آبی و ۸ هفته تمرینات در آب و تراباند بر نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت هنگام راه رفتن انجام شد.

روش بررسی: این کار آزمایی بالینی روی ۴۵ دانشجوی پسر دانشگاه محقق اردبیلی دارای پای پرونیت انجام شد. آزمودنی ها به صورت تصادفی در سه گروه ۱۵ نفری کنترل، تراباند و تمرین در آب قرار گرفتند. گروه مدخله به مدت ۸ هفته تمرینات را اجرا نمودند و اثر آبی و طولانی مدت تمرینات مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته ها: اوج مثبت و منفی گشتاور آزاد، نرخ بارگذاری عمودی، ایمپالس عمودی در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون و آبی، کاهش آماری معنی داری یافت ($P < 0/05$). همچنین ایمپالس راستای داخلی-خارجی در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون و آبی، افزایش آماری معنی داری یافت ($P < 0/05$). به علاوه اوج مثبت گشتاور آزاد، ایمپالس عمودی در گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون و آبی، کاهش آماری معنی داری نشان داد ($P < 0/05$). همچنین نرخ بارگذاری در گروه تراباند آبی و پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون کاهش آماری معنی داری یافت ($P < 0/05$).

نتیجه گیری: تمرینات در آب و تراباند بعد از ۸ هفته می تواند اثرگذاری بهتری بر نرخ بارگذاری، گشتاور آزاد و ایمپالس در افراد مبتلا به پای پرونیت طی راه رفتن داشته باشد.

واژه های کلیدی: ورزش درمانی، پرونیشن، راه رفتن، گشتاور

* نویسنده مسؤل: دکتر محسن برغمندی، پست الکترونیکی barghamadi@uma.ac.ir

نشانی: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، تلفن ۰۴۵-۳۱۵۰۵۶۲۷

وصول ۱۴۰۱/۱/۲۹ اصلاح نهایی ۱۴۰۱/۵/۹ پذیرش ۱۴۰۱/۶/۶ انتشار ۱۴۰۲/۱/۱۶

مقدمه

زمین است که با توجه به تحقیقات پیشین می تواند عامل موثر در بروز آسیب در اندام تحتانی گردد.^۱ با استفاده از نیروی عکس العمل زمین می توان مقادیر نرخ بارگذاری عمودی، ایمپالس، گشتاور آزاد را محاسبه کرد. مؤلفه نرخ بارگذاری، شیب منحنی نیروی عکس العمل زمین در اولین نقطه اوج است.^۲ براساس پژوهش های گذشته نرخ بارگذاری در راستای عمودی بزرگتر از ۷۰ نیوتن بر کیلوگرم بر ثانیه با آسیب های استرس فراکچر، درد کشککی و شکستگی ناشی از اعمال فشار مرتبط است.^۳ براساس تحقیقات انجام شده ایمپالس با انتگرال نیروی عکس العمل زمین در فاصله زمانی فاز استقرار راه رفتن معادل است.^۴ گشتاور آزاد به عنوان گشتاور وارده بر

پای پرونیت، یک نوع ناهنجاری است که باعث کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن بدن می گردد. پای پرونیت در ارتباط مستقیم با اعمال فشار مستقیم بر روی مفاصل مچ پا، زانو و کمر بند لگنی همراه است.^۱ میزان شیوع عارضه پرونیت پا در بزرگسالان ۲۳-۲ درصد است. توزیع فشار کف پا حین راه رفتن، در افراد دارای پرونیت پا در مقایسه با افراد سالم، نیروهای واکنش عمودی زمینی GRFS کمتری دارند. همچنین اوج فشار کمتر و حداکثر نیرو در قسمت جلوی پا، بالاتر است.^۲ مهم ترین نیروی که هنگام راه رفتن روی اندام مچ پا وارد می شود؛ نیروی عکس العمل

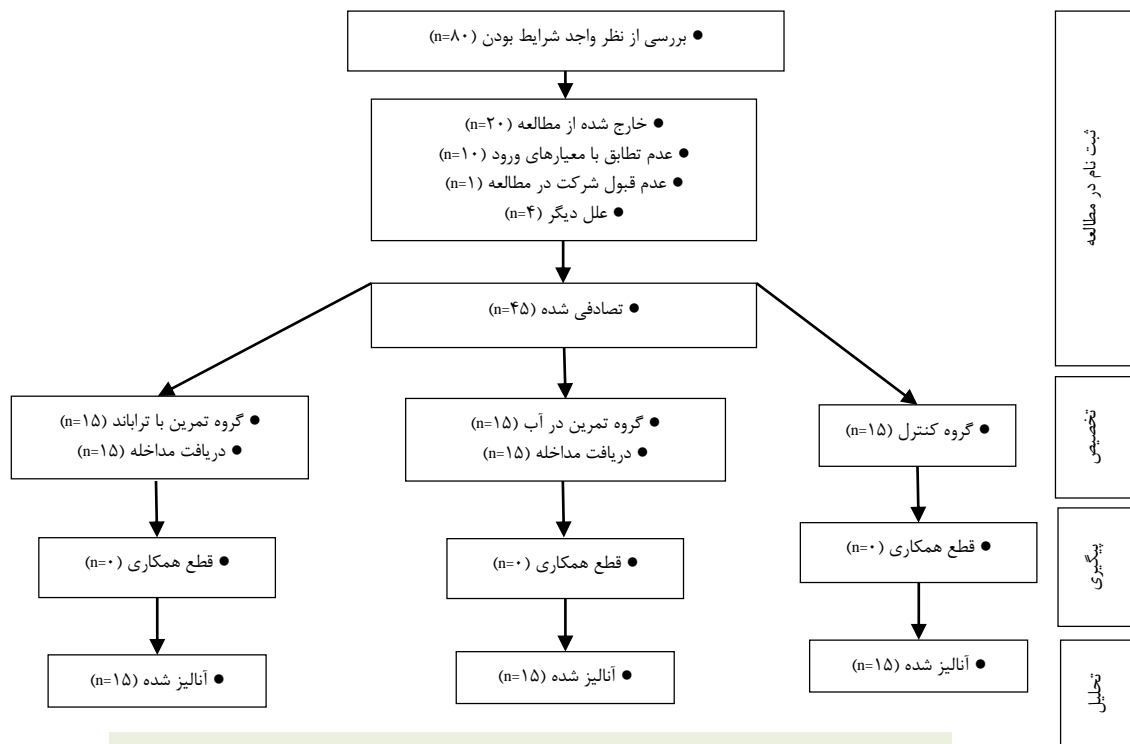
قدرت، تحرک و عملکرد و همچنین کاهش درد مفصل (درجه ۱، ۲ و ۳) در ناهنجاری‌های مختلف از جمله پای پرونیت اثبات شده است. باندها و لوله‌های مقاومتی کم هزینه، قابل حمل و همه کاره هستند. این باندهای لاستیکی از جنس لاتکس طبیعی ساخته شده‌اند. تمرینات تراباند باعث کسب نمرات بالاتری در انجام عملکرد در ناهنجاری‌های مختلف می‌شود.^{۱۷} لذا این مطالعه به منظور مقایسه اثر آبی و ۸ هفته تمرینات در آب و تراباند بر نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد در افراد دارای پای پرونیت هنگام راه رفتن انجام شد.

روش بررسی

این کارآزمایی بالینی روی ۴۵ دانشجوی پسر (۲۵-۱۸ ساله) دانشگاه محقق اردبیلی دارای پای پرونیت در سال ۱۴۰۰ انجام شد. مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه محقق اردبیلی (IR.UMA.REC.1400.044) و مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران (IRCT20190302042881N3) قرار گرفت. آزمودنی‌ها به طور هدفمند و داوطلبانه در مطالعه شرکت نمودند و فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت آگاهانه در مطالعه را تکمیل نمودند. معیارهای ورود به مطالعه شامل ابتلا به پرونیشن پا، شاخص پاسچر پا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر و میزان افت استخوان ناوی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر بودند. معیارهای عدم ورود به مطالعه شامل سابقه جراحی، سابقه آسیب در اندام تحتانی بدن، ناهنجاری در قسمت تنه و عدم تمایل به همکاری بودند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه ۱۵ نفری کنترل، تمرینات در آب و تمرینات با تراباند قرار گرفتند (شکل یک).

مچ پا در محل مرکز فشار حول محور عمودی تعریف می‌شود.^۷ براساس مطالعات در خصوص گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری عمودی رابطه مستقیم بین نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و آسیب‌دیدگی وجود دارد.^۸

مؤلفه‌های عمودی نیروی‌های عکس‌العمل زمین در افراد دارای پای پرونیشن در مقایسه با افراد سالم متفاوت است.^۹ به نظر می‌رسد یافتن بهترین راه برای کاهش یا بهبود این ناهنجاری می‌تواند بر نیروهای عکس‌العمل زمین موثر باشد. یکی از این روش‌ها طراحی برنامه تمرینی و اصلاحی، برای بهبود این قبیل عوارض است. اثر تمرینات آبی و طولانی مدت تمرینات در آب و تراباند بر متغیرهای بیومکانیکی نظیر کینتیک افراد با ساختارهای متفاوت آناتومیکی پا مورد توجه محققین قرار گرفته است.^{۱۳-۱۱} 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 نارسی و ضعف جسمانی) اشاره کرد. همچنین تمرین در آب باعث افزایش انعطاف‌پذیری عضلات می‌شود.^{۱۴} تراباند می‌تواند اثربخشی موثری بر پای پرونیت افراد داشته باشد. تمریناتی 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 و بهبود بخشد.^{۱۵} تمرین با تراباند 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 است.^{۱۶} تراباند برای افزایش



تمرین با افزایش تعداد ست‌ها نیز از یک به دو افزایش یافت.^{۱۱} تعداد ست برای گروه تراباند ۳ ست با ۱۴ تکرار و زمان استراحت بین ست‌ها ۹۰ ثانیه اعمال شد. مدت زمان کشش اعمال شده برای حرکات تمرینی مورد نظر ۳۰ ثانیه بود.^{۱۱} حرکات تمرینی گروه تراباند در جدول یک آمده است.

جدول ۱: حرکات تمرینی گروه تراباند	
حرکات (۳ ست، ۱۴ تکرار)	نحوه اجرا
اسکات صندلی (Chair Squats)	آزمودنی در حالتی که آرنج صاف و مستقیم است؛ تراباند را در نزدیکی کمر نگه می‌دارد. در ادامه حرکت با خم کردن زانو و لگن در حالی قسمت پشت آزمودنی صاف است؛ به صندلی نزدیک می‌شود و برای کامل کردن این حرکت به حالت اولیه خود در حالت ایستاده برمی‌گردد.
بلندکردن ساق پا (Lifting the Leg)	آزمودنی در حالتی که آرنج صاف و مستقیم است؛ تراباند را در نزدیکی کمر نگه می‌دارد. با انگشتان پا به آرامی بالا رفته و مکثی نموده و در ادامه به حالت اولیه خود بازمی‌گردد.
اکستنشن هیپ (Hip Extension)	آزمودنی با حفظ تعادل خود روی یک پا، هیپ خود را به صورت اکستنشن به عقب می‌برد. برای حفظ تعادل می‌توان از صندلی یا دیوار کمک گرفت.
فلکشن هیپ (Hip Flexion)	آزمودنی هیپ خود را به سمت سقف بلند نموده، سپس مکثی داشته و به حالت اولیه بازمی‌گردد.
دورسی فلکشن مچ پا (Ankle Dorsiflexion)	در حالی که باند الاستیک روی پای آزمودنی قرار دارد؛ پاهای خود را به سمت عقب و در خلاف تراباند می‌کشد؛ چند ثانیه‌ای مکث نموده و در ادامه به حالت اولیه بازمی‌گردد.
پا حلقه (Leg Curls)	آزمودنی با خم کردن زانو، پا را به سمت عقب و به سمت صندلی فشار می‌دهد؛ چند لحظه‌ای مکث نموده و در ادامه به حالت اولیه بازمی‌گردد.
اکستنشن زانوی پا (Leg Extension)	آزمودنی زانوی خود را به حالت اکستنشن درآورده و نوک پای خود را به سمت سقف برده و کمی مکث نموده و در ادامه به حالت اولیه خود بازمی‌گردد.
فلکشن ران نشسته (Sitting Femur Flexion)	آزمودنی روی صندلی نشسته؛ تراباند را روی قسمت فوقانی زانو و اطراف ران قرار داده و سپس دو سر تراباند را در سمت پای مخالف ثابت می‌کند. ران خود را در حالت فلکشن با مکثی نگه داشته و سپس به حالت اولیه بازمی‌گردد.
پشت پا (Instep)	آزمودنی وسط تراباند را دور مچ پا (پای راست) حلقه کرده و دو سر انتهای آن را زیر پای مخالف ثابت می‌کند و یا پژوهشگر تراباند را محکم نگه می‌دارد و از آزمودنی می‌خواهد که حرکت پشت پا را به صورت کامل و با تحمل مکث انجام دهد.
دور کردن ران (Femur Abductor)	آزمودنی وسط تراباند را دور مچ پای راست حلقه کرده و دو سر تراباند در جای ثابت می‌کند. سپس حرکت دور کردن ران را با انجام مکث اجرا می‌کند.
نزدیک کردن ران (Femur Adductor)	آزمودنی وسط تراباند را دور مچ پای راست حلقه کرده و دو سر تراباند در جای ثابت می‌کند. سپس حرکت نزدیک کردن ران را با انجام مکث اجرا می‌کند.

پروتکل تمرینی گروه تمرین درآب: جلسه تمرین در آب بر اساس دستورالعمل تجویز ورزشی کالج آمریکایی طب ورزش (ACSM)، شامل ۳ بخش گرم کردن، سرد کردن و برنامه اصلی بود. همچنین در هر مرحله تعداد تکرار و زمان انجام فعالیت حرکات به صورت پیش‌رونده افزایش یافت. به طوری که از اصل اضافه بار پیروی کرد.^{۱۲} براساس رعایت قوانین تطابق فیزیولوژیکی، حرکاتی مانند راه رفتن به

میانگین سن آزمودنی‌ها ۲۳±۰/۳۳ سال، قد ۱۸۳±۰/۰۶ متر و وزن ۸۰/۶±۱/۱۰ کیلوگرم بود. پای راست به عنوان پای برتر تمامی آزمودنی‌ها مشخص گردید.

متغیرهای نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد در پیش‌آزمون، بلافاصله بعد از آزمون و بعد از هشت هفته تمرین مورد ارزیابی قرار گرفتند.

از همه آزمودنی‌ها خواسته شد که در ۴۸ ساعت قبل از حضور در آزمون، فعالیت شدید ورزشی نداشته باشند تا اثر خستگی اثرگذار روی راه رفتن به حداقل برسد. همچنین، از شرکت کنندگان در مطالعه خواسته شد تا حتماً قبل از حضور در آزمون برنامه گرم کردن به مدت ۱۵ دقیقه و برنامه سرد کردن به مدت ۵ دقیقه را انجام دهند. تمامی آزمودنی‌ها قبل از شروع آزمون با نحوه کار و چگونگی تمرینات آشنا شدند.^{۱۸}

برای مشخص کردن ارتفاع قوس طولی داخلی کف پای آزمودنی‌ها از شاخص افتادگی استخوان ناوی از روش توصیفی استفاده شد. به این صورت که طی هر آزمون از افراد خواسته شد تا روی صندلی نشسته و پای خود را روی جعبه قرار دهند. ارتفاع صندلی به شکلی تنظیم شد که زاویه ران و زانو ۹۰ درجه باشد. در این حالت مفصل ران در حالت خنثی قرار داشت. پژوهشگر با لمس برجستگی قاپ و مشخص نمودن محل برجستگی استخوان ناوی پس از علامت‌گذاری نقاط مشخص شده، با استفاده از خط‌کش فاصله برجستگی ناوی تا سطح جعبه را بر حسب میلی‌متر اندازه گرفت. در حالت دوم از آزمودنی خواسته شد که در حالت ایستاده قرار گیرد و در حالت توزیع وزن روی هر دو پا را محاسبه کند و اختلاف حالت ایستاده با حالت خنثی روی جعبه نشان‌دهنده میزان افت استخوان ناوی بود.^{۱۹} از صفحه نیروسنج برتک ساخت کشور آمریکا با ابعاد ۴۰ × ۶۰ سانتی‌متر برای ثبت متغیرهای بیومکانیکی (گشتاور آزاد، نرخ بارگذاری و ایمپالس) استفاده شد. نرخ نمونه‌برداری در دستگاه صفحه نیروسنج برابر ۱۰۰۰ هرتز قرار داده شد. برای فیلتر نمودن داده‌های مربوطه از فیلتر باترورث با کات کردن ۲۰ هرتز استفاده شد. طی داده‌گیری از آزمودنی‌ها خواسته شد تا راه رفتن خود را به صورتی تنظیم کنند تا پای راست دقیقاً وسط صفحه نیروسنج قرار گیرد؛ در غیر اینصورت تلاش تکرار گردید.

پروتکل تمرینی تراباند: تراباند از مقاومت پایین تا مقاومت بالا از رنگ روشن تا تیره تغییر می‌کند. به دلیل عدم توانایی آزمودنی‌ها در انجام حرکت، تراباند با رنگ زرد به عنوان تراباند تمرینی انتخاب شد. گروه تراباند پس از آشنایی با روش تمرین، برنامه گرم کردن عمومی به مدت ۱۵ دقیقه، تمرینات اختصاصی به مدت ۴۰ تا ۴۵ دقیقه و برنامه سرد کردن شامل ۵ دقیقه را انجام دادند. در تمرینات آزمودنی‌ها اصل اضافه بار برای آنان اعمال شد.^{۲۰} به علاوه حجم

جلو و عقب و گام برداشتن به پهلو به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه برای گرم کردن آزمودنی‌ها و در ادامه حدود ۳۰ دقیقه تمرینات اصلی و در پایان تمرینات به مدت ۵ دقیقه برای سرد کردن آزمودنی‌ها اعمال شد.^{۲۳} برای انجام تمرینات گروه تمرین در آب به دلیل شیوع بیماری کرونا، با رعایت اصول بهداشتی حوضچه‌ای به عمق ۹۸ سانتی‌متر با دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد و pH معادل ۷ تهیه شد. فرکانس نمونه‌برداری برابر ۱۰۰۰ هرتز تعیین شد. هنگام راه رفتن از آزمودنی‌ها خواسته شد که چندین بار به صورت آزمایشی راه بروند تا آشنایی لازم برای راه رفتن در مسیر تعیین شده را بیابند. مدت زمان انجام حرکات زمانی در هر نوبت معادل ۳۰ ثانیه و تعداد ۱۲-۸ حرکات بسته به آمادگی آزمودنی‌ها در ۳ نوبت طراحی شد.^{۲۳ و ۲۴} حرکات تمرینی گروه تمرین در آب در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: حرکات تمرینی گروه تمرین در آب

راه رفتن به جلو	تمرینات در ۳ ست ۳۰ ثانیه
راه رفتن به عقب	
راه رفتن روی پنجه	
راه رفتن روی پاشنه	
راه رفتن با زانو صاف	تمرینات در ۳ ست ۱۰ تکرار
بالا رفتن از پله در آب	
بالا رفتن جانبی از پله در آب	
اسکات	
اسکات تک پا	در جا زدن در آب با زانو بلند
گام به پهلو	
پروانه	
فلکشن ران	
حرکت قیچی و پای کوال سینه	

داده‌های کینتیکی حاصل از راه رفتن آزمودنی‌ها از روش فیلتر باترورث با برش فرکانس ۲۰ Hz در نرم‌افزار اکسل هموار شد.

ایمپالس برای محورهای X و Z به صورت زیر محاسبه شد.^۴

$$\text{Impulse} = \Delta t \left(\frac{F1 + Fn}{2} \right) + \sum_{i=2}^{n-1} Fi$$

همچنین گشتاور آزاد (FM) پا به صورت زیر محاسبه شد.^{۲۵}

$$\text{Free moment} = Mz - (Fy \times \text{COPx}) + (Fx \times \text{COPy})$$

برای محاسبه اندازه اثر (d) از رابطه زیر استفاده شد.^{۲۶}

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

همه متغیرهای بیومکانیکی (گشتاور آزاد، نرخ بارگذاری و ایمپالس) پس از تقسیم بر وزن بدن آزمودنی مورد تجزیه تحلیل قرار گرفتند تا مقدار نیروی که به ازای هر کیلوگرم وزن بدن آزمودنی‌ها به دست می‌آید درصدی از وزن بدن تک تک آنان باشد. در واقع برای نرمالیزه کردن داده‌ها از روش تقسیم بر وزن آزمودنی‌ها استفاده شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-23 تجزیه و تحلیل شدند. برای تایید نرمال بودن توزیع داده‌ها آزمون شاپیروویلک، برای تحلیل داده‌ها روش عاملی با اندازه‌گیری‌های تکراری (مکرر)،

برای بررسی یکنواخت بودن واریانس داده‌ها آزمون کرویت موخلی و برای تعیین مساوی بودن واریانس‌ها آزمون لون به کار رفت. در صورت عدم معنی‌داری آزمون کرویت موخلی، شاخص‌های (f) مربوط به اثر گرین هوس گیسر گزارش شد. همچنین از آزمون آنالیز واریانس اندازه تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده گردید. سطح معنی‌داری همه آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها

در مرحله پیش‌آزمون، گشتاور (اوج مثبت، اوج منفی)، نرخ بارگذاری و ایمپالس (عمودی، داخلی-خارجی) سه گروه مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

متغیرهای گشتاور آزاد، نرخ بارگذاری و ایمپالس گروه‌های مورد مطالعه در جدول‌های ۶-۴ مقایسه شده‌اند.

اثر تعاملی زمان*گروه در اوج مثبت و منفی گشتاور آزاد در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل در سه مرحله پیش‌آزمون، بلافاصله و پس از ۸ هفته اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۰۱). اوج مثبت گشتاور آزاد در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون (P<۰/۰۰۱) و بلافاصله (P<۰/۰۰۱) کاهش آماری معنی‌داری داشت. همچنین اوج مثبت گشتاور آزاد در گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون (P<۰/۰۱۲) و بلافاصله (P<۰/۰۰۱) کاهش آماری معنی‌داری داشت. اوج منفی گشتاور آزاد در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون (P<۰/۰۰۱) و بلافاصله (P<۰/۰۰۱) و بلافاصله در مقایسه با پیش‌آزمون (P<۰/۰۰۵) کاهش آماری معنی‌داری داشت. همچنین اوج منفی گشتاور آزاد در گروه تراباند آزمون تعقیبی عامل گروه در متغیر اوج منفی گشتاور آزاد در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل در سه مرحله پیش‌آزمون، بلافاصله و پس از ۸ هفته اختلاف آماری معنی‌داری داشت (P<۰/۰۱۷).

اثر تعاملی زمان*گروه در نرخ بارگذاری عمودی در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل در سه مرحله پیش‌آزمون، بلافاصله و پس از ۸ هفته اختلاف آماری معنی‌داری داشت (P<۰/۰۰۴). نرخ بارگذاری در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون (P<۰/۰۰۱) و بلافاصله (P<۰/۰۰۱) و بلافاصله در مقایسه با پیش‌آزمون (P<۰/۰۰۵) کاهش آماری معنی‌داری داشت. همچنین نرخ بارگذاری در گروه تراباند بلافاصله (P<۰/۰۳۲) و پس از ۸ هفته (P<۰/۰۰۱) در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری داشت.

اثر تعاملی زمان*گروه در ایمپالس راستای عمودی و ایمپالس راستای داخلی-خارجی گروه‌های تمرین در آب، تراباند و کنترل در

جدول ۳: مقایسه گشتاور آزاد، نرخ بارگذاری و ایمپالس پیش‌آزمون در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل با استفاده از آزمون آنوا یک راهه

متغیرها	مؤلفه‌ها	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
گشتاور آزاد	اوج مثبت	۸/۸۷	۲	۴/۴۳	۱/۲۲	۰/۳۰۷
	اوج منفی	۱۲/۲۵	۲	۶/۶۵	۱/۵۳	۰/۲۲۷
نرخ بارگذاری	عمودی	۲/۱۴	۲	۱/۰۷	۱/۵۷	۰/۲۲۳
ایمپالس	راستای عمودی	۸۶۵۰/۱۴۵	۲	۴۳۲۵/۰۷۳	۰/۵۵۶	۰/۵۷۹
	داخلی-خارجی	۲۱۸/۲۲۷	۲	۱۰۹/۱۱۹	۱/۲۵	۰/۲۹۸

جدول ۴: مقایسه گشتاور آزاد در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل

متغیر	گروه‌ها	مرحله	اوج مثبت	اوج منفی
گشتاور آزاد (میانگین و انحراف استاندارد)	کنترل	پیش‌آزمون	۵/۴۲±۲/۲۹	-۶/۲۳±۲/۰۶
		بلافاصله	۵/۷۰±۲/۲۹	-۶/۷۸±۳/۰۷
		پس از ۸ هفته	۴/۹۹±۲/۲۸	-۶/۰۸±۲/۵۶
	تمرین در آب	پیش‌آزمون	۴/۵۶±۱/۸۱	-۳/۷۰±۱/۶۴
		بلافاصله	۴/۰۷±۱/۹۹	-۴/۴۹±۱/۷۳
		پس از ۸ هفته	۳/۴۲±۱/۷۵	-۶/۲۷±۲/۱۷
تراباند	پیش‌آزمون	۵/۶۶±۱/۶۴	-۲/۴۹±۱/۳۷	
	بلافاصله	۵/۳۶±۲/۴۰	-۲/۹۹±۱/۳۶	
	پس از ۸ هفته	۴/۷۷±۲/۱۶	-۳/۰۶±۱/۷۳	
سطح معنی داری		اثر زمان (اندازه اثر)	*۰/۰۰۱(۰/۶۵۴)	*۰/۰۱۲(۰/۲۴۲)
		اثر گروه	۰/۱۴۳(۰/۱۱۱)	*۰/۰۱۷(۰/۲۱۸)
		اثر تعاملی زمان*گروه	*۰/۰۰۱(۰/۲۵۴)	*۰/۰۰۱(۰/۲۵۱)

جدول ۵: مقایسه نرخ بارگذاری در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل

متغیر	گروه‌ها	مرحله	عمودی
نرخ بارگذاری (میانگین و انحراف استاندارد)	کنترل	پیش‌آزمون	۵/۳۵±۰/۷۷
		بلافاصله	۵/۷۸±۰/۷۸
		پس از ۸ هفته	۵/۴۸±۰/۷۸
	تمرین در آب	پیش‌آزمون	۵/۷۸±۰/۸۳
		بلافاصله	۵/۳۷±۰/۹۵
		پس از ۸ هفته	۴/۸۵±۰/۶۸
تراباند	پیش‌آزمون	۶/۰۴±۰/۸۴	
	بلافاصله	۵/۵۸±۰/۶۶	
	پس از ۸ هفته	۵/۲۹±۰/۶۳	
سطح معنی داری		اثر زمان (اندازه اثر)	*۰/۰۰۱(۰/۵۲۴)
		اثر گروه	۰/۵۹۶(۰/۰۳۱)
		اثر تعاملی زمان*گروه	*۰/۰۰۴(۰/۲۰۸)

جدول ۶: مقایسه ایمپالس در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل

متغیر	گروه‌ها	مرحله	عمودی	داخلی - خارجی
ایمپالس (میانگین و انحراف استاندارد)	کنترل	پیش‌آزمون	۴۹۱/۴±۱۲۵/۹	۲۷/۱۵±۱۲/۵
		بلافاصله	۴۸۶/۷±۱۲۶/۱	۲۶/۴۳±۱۲/۶
		پس از ۸ هفته	۴۹۸/۱±۱۱۵/۲	۲۶/۹۸±۱۲/۹
	تمرین در آب	پیش‌آزمون	۴۸۵/۷۸±۷۴/۶	۲۱/۳۸±۸/۰۹
		بلافاصله	۴۷۴/۳±۷۶/۲	۲۲/۲۲±۸/۲۱
		پس از ۸ هفته	۴۵۳/۶±۸۴/۳	۲۶/۴۵±۸/۶۸
تراباند	پیش‌آزمون	۴۵۲/۱±۶۵/۹	۲۴/۹۵±۷/۹۲	
	بلافاصله	۴۵۲/۳±۸۷/۷	۲۷/۷۳±۸/۷۸	
	پس از ۸ هفته	۴۱۷/۴±۷۴/۱	۳۱/۲۹±۹/۶۱	
سطح معنی داری		اثر زمان (اندازه اثر)	*۰/۰۰۱(۰/۶۹۰)	*۰/۰۰۱(۰/۵۱۳)
		اثر گروه	۰/۴۹۲(۰/۰۴۲)	۰/۴۰۰(۰/۰۵۴)
		اثر تعاملی زمان*گروه	*۰/۰۰۱(۰/۲۸۰)	*۰/۰۰۱(۰/۲۳۲)

سه مرحله پیش‌آزمون، بلافاصله و پس از ۸ هفته اختلاف آماری معنی‌داری داشت ($P < 0/001$). ایمپالس راستای عمودی در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون ($P < 0/001$) و بلافاصله ($P < 0/001$) کاهش آماری معنی‌داری داشت. همچنین ایمپالس راستای عمودی در گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون ($P < 0/001$) و بلافاصله ($P < 0/001$) کاهش آماری معنی‌داری داشت. ایمپالس راستای داخلی-خارجی در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون ($P < 0/001$) و بلافاصله ($P < 0/001$) افزایش آماری معنی‌داری داشت. همچنین ایمپالس راستای داخلی-خارجی در گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون ($P < 0/001$) و بلافاصله ($P < 0/003$) و بلافاصله در مقایسه با پیش‌آزمون ($P < 0/001$) افزایش آماری معنی‌داری داشت.

اثر عامل زمان در تمامی متغیرها در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل در سه مرحله پیش‌آزمون، بلافاصله و پس از ۸ هفته اختلاف آماری معنی‌داری داشت ($P < 0/05$) (جدول‌های ۴-۶).

بحث

با توجه به نتایج این مطالعه، اوج مثبت و منفی گشتاور آزاد در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون و بلافاصله کاهش معنی‌داری یافت. همچنین اثر عامل گروه در متغیر اوج منفی گشتاور آزاد در سه گروه تمرین در آب، تراباند و کنترل در سه مرحله پیش‌آزمون، بلافاصله و پس از ۸ هفته اختلاف معنی‌داری نشان داد. نتایج پژوهش حاضر به نوعی با نتایج Aguiar و همکاران^{۲۷} و Furnari و همکاران^{۲۸} همسو است. متغیر گشتاور آزاد یکی از مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین است و میزان گشتاور وارد بر پا در محل مرکز فشار حول محور عمودی شناخته می‌شود.^۴ از شاخص گشتاور آزاد می‌توان به عنوان یک شاخص برای تشخیص میزان آسیب اندام تحتانی و نیروهای پیچشی وارد به اندام تحتانی استفاده نمود.^{۲۹} بررسی شاخص گشتاور آزاد، برای ارزیابی مقدار و جهت گشتاورهای نیرو در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های مختلف از اهمیت کلیدی برخوردار است. این شاخص مرتبط با تعادل بدن بوده و تعیین کننده مشارکت عضلانی مورد نیاز برای حفظ تعادل فرد در سطح افقی است.^{۳۰، ۳۱} گشتاور آزاد مقدار بار پیچشی که به پای راه‌رفتن وارد می‌شود را مورد اندازه‌گیری قرار می‌دهد. اگر فردی دارای گشتاور بزرگتری باشد؛ احتمالاً نشان‌دهنده حرکات زیاده‌تر بدن او در صفحه عرضی است^{۱۳} که خود می‌تواند نشان‌دهنده بی‌ثباتی در راه‌رفتن باشد. به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر تمرینات در آب منجر به کاهش گشتاور آزاد در افراد مبتلا به پای پرونیته شده است و نشان از اثر مثبت تمرینات در آب دارد. Aguiar و همکاران 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.^{۲۷} در مطالعه Furnari و همکاران^{۲۸} تمرینات در آب برای اصلاح متغیرهای راه‌رفتن و بهبود تعادل موثر بود.

در مطالعه حاضر اوج مثبت گشتاور آزاد در گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون و بلافاصله کاهش معنی‌داری داشت. به علاوه اوج منفی گشتاور آزاد در گروه تراباند با آزمون تعقیبی اختلاف معنی‌داری را در مقایسه جفتی نشان نداد.

عضلات در تغییر نیروی عکس‌العمل زمین حین راه‌رفتن نقش به‌سزایی دارند و در ابتدای فاز است که در آن شتاب بدن و شتاب جاذبه مؤثر است. در نتیجه کنترل اولیه قله نیروی عکس‌العمل عمودی که کمی بیشتر از وزن بدن است؛ توسط عضلات اکستنسور زانو و فلکسور ران صورت می‌گیرد.^{۳۲} کاهش سرعت راه‌رفتن، افزایش فاز حمایت دوگانه، کم شدن نیروی عکس‌العمل سطح، کاهش دامنه حرکتی مفصل، کم شدن پیک گشتاور عضلانی، کاهش پیک تولید و جذب توان در مفصل اندام تحتانی در افراد با ناهنجاری‌های مختلف ناشی از نوعی انطباق سیستم عصبی عضلانی برای جبران حرکت غیرطبیعی است.^{۳۳} به دنبال کم شدن تعادل، احتمال کاهش عملکرد جسمانی و سرعت حرکت وجود دارد.^{۳۴} انجام تمریناتی با هدف افزایش کارایی عضلات ناحیه ثبات مرکزی (مانند هماهنگی، تایمینگ، قدرت، توان و استقامت عضلانی) می‌تواند باعث بهبود نیروهای عکس‌العمل زمین و در نتیجه گشتاور آزاد شود. تمرینات مقاومتی با کش تراباند به منظور بهبود الگوهای رکیوتمنت، تایمینگ، عملکرد عضلات سینرجیستیک و سایر عوامل عضلانی در عضلات ناحیه ثبات مرکزی و اندام تحتانی در مجموع می‌تواند بر بیشتر شدن میزان تعادل و متعاقب آن افزایش سرعت حرکت مؤثر واقع شود.^{۳۴} تمرینات مقاومتی با تراباند تمامی عوامل آمادگی جسمانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین اثر این گونه تمرینات بر تعادل، در افزایش قدرت و استقامت عضلانی و بهبود نیروها و فشارهای وارده به اندام تحتانی طی راه‌رفتن اثرگذار است.^{۳۲} احتمالاً مثبت واقع شدن پروتکل تمرین مقاومتی با کش تراباند در گشتاور آزاد مطالعه ما به دلیل بهبود کارایی عوامل مختلف عضلانی درگیر در اندام تحتانی، زیاد شدن تعادل، افزایش سرعت پالس‌های عصبی و بهبود خاصیت‌های بیومکانیکی مفاصل و دامنه حرکتی است.

در مطالعه حاضر نرخ بارگذاری در گروه تمرین در آب پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش‌آزمون و بلافاصله کاهش معنی‌داری داشت. در تبیین این یافته می‌توان بیان کرد که نرخ بارگذاری عمودی شاخصی از ضربه است که بر راستای بدن وارد می‌شود و با آسیب‌های اندام تحتانی در ارتباط است.^{۳۵} پاسخ بارگذاری عمودی

موجب جذب بیشتر نیروهای وارده به مفصل گردد و منجر به کاهش نرخ بارگذاری در افراد مبتلا به پای پرونیت شود.

در مطالعه حاضر ایمپالس راستای عمودی در گروه تمرین در آب و گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون و بلافاصله کاهش معنی داری داشت. به علاوه ایمپالس راستای داخلی-خارجی در گروه تمرین در آب و گروه تراباند پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون و بلافاصله افزایش معنی داری داشت. ایمپالس برابر است با انتگرال نیروی عکس العمل زمین در بازه زمانی اعمال نیرو است که به اندازه حرکت بدن معادل است.^۴ افزایش ایمپالس در راستای عمودی و کاهش ایمپالس در راستای داخلی-خارجی می تواند افزایش انرژی مصرفی و افزایش خطر افتادن یا سقوط را به دنبال داشته باشد. این موارد می تواند سبب عملکرد ضعیف و کاهش کیفیت زندگی در افراد دارای پای پرونیت شود.^{۴۶} با توجه به خاصیت الاستیکی نوار تراباند که با افزایش دامنه حرکتی بر میزان مقاومت آن افزوده می شود؛^{۴۷،۴۸} از جمله علل احتمالی بهبود ایمپالس در راستای عمودی و بهبود ایمپالس در راستای داخلی-خارجی می توان به افزایش قدرت عضلانی اشاره کرد که در نتیجه منجر به گام برداری بهتر و هماهنگ تر در کل بازه زمانی راه رفتن شده است. تمرینات در آب می تواند منجر به بهبود انقباضات عضلانی در اندام تحتانی شود و قدرت عضلانی را طی فعالیت های مختلف افزایش دهد.^{۴۹} به نظر می رسد تمرینات در آب نیز توانسته است به همانند تراباند بر قدرت عضلانی در اندام تحتانی افراد مبتلا به پای پرونیت اثر گذارد و منجر به بهبود ایمپالس عمودی و داخلی-خارجی شود.

از محدودیت های مطالعه می توان به مطالعه روی مردان جوان اشاره نمود. بررسی فعالیت الکتریکی عضلات با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی و بررسی کینماتیکی توصیه می شود.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات در آب و تراباند منجر به بهبود نرخ بارگذاری، گشتاور آزاد و ایمپالس در افراد مبتلا به پای پرونیت طی راه رفتن می گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان نامه آقای ابراهیم پیری برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیولوژی ورزشی (شماره ۱۱۷۰۳) از دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی دانشگاه محقق اردبیلی بود. بدین وسیله از همه کسانی که ما را در اجرای مطالعه یاری نمودند؛ صمیمانه تشکر می نمایم. بین نویسندگان تضاد منافع وجود ندارد.

References

1. Koreili Z, Fatahi A, Azarbayjani M, 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

در ارتباط با زمان است و نرخ بارگذاری عمودی کمتر با آسیب کمتر در ارتباط است و می توان با پروتکل تمرینی نرخ بارگذاری عمودی بالا را کاهش داد. در مطالعه ما اثر پروتکل تمرینی بلندمدت و آبی، مقادیر نرخ بارگذاری را کاهش داد. ناهمسو با نتایج ما، مختاری و همکاران در مطالعه ای اثر دویدن با الگوهای مختلف بر مقادیر نرخ بارگذاری، ایمپالس و گشتاور آزاد طی دویدن را ارزیابی کردند و نرخ بارگذاری عمودی طی دویدن با کفش در مقایسه با بدون کفش بیشتر بود. احتمالاً دلیل این ناهمسویی استفاده آزمودنی از کفش و همچنین الگوی مختلف دویدن بر روی متغیر نرخ بارگذاری است.^{۳۶} انجام تمرینات در آب باعث افزایش معنی دار قدرت اندام تحتانی و بهبود کیفیت زندگی می گردد.^{۳۷-۳۹} آب درمانی می تواند امکان اجرای حرکات را به نحوی فراهم کند که انجام آن حرکات در محیط خارج از آب به دلیل عدم حمایت کافی یا میزان درد، امکان پذیر نیست.

در مطالعه حاضر نرخ بارگذاری در گروه تراباند بلافاصله و پس از ۸ هفته در مقایسه با پیش آزمون کاهش معنی داری داشت. در تبیین این یافته می توان بیان کرد که انقباض همزمان هماهنگ و مناسب عضلانی موجب توزیع مناسب نیرو روی مفاصل می شود. به نظر می رسد فشاری که از طریق کشش و مقاومت ناشی از تراباند بر عضلات وارد می شود؛ طبق خاصیت ویسکوالاستی سینه عضلات، عضلات به تدریج ریلکس شده و طول آن افزایش می یابد و در نتیجه دامنه حرکتی افزایش می یابد.^{۴۰} اختلال مشاهده شده در افراد با پای پرونیت به دلیل ضعف عضلانی، سفتی، کاهش دامنه حرکتی مفصل، بی ثباتی یا کمناش مفصل میچ پا است. اختلال در دامنه حرکتی مفصل میچ پا یکی از ویژگی های بارز پای پرونیت است.^{۴۱} نتایج مطالعه ما همسو با قربانلو و همکاران^{۴۲} و مطالعه قبلی ما^{۴۳} است. بهبود عملکرد عضلات توسط تمرینات ورزشی موجب جذب بیشتر نیروهای وارده بر مفصل توسط عضلات می شود. زیرا عدم جذب مناسب نیروهای وارده به مفصل طی فعالیت های روزمره، ورزشی و تفریحی موجب شکستگی های ریز در بافت زیر غضروف شده و افزایش نرخ بارگذاری را به دنبال دارد. در نتیجه موجب فعال شدن مراکز استخوان سازی ثانویه می شود. این فرآیند منجر به نازک شدن و افزایش انهدام غضروف مفصلی می گردد.^{۴۴} در ادامه افزایش دانسیته استخوان زیر غضروف خاصیت جذب ضربه بافت زیر غضروف را کاهش داده و موجب کاهش عملکرد زانو می شود و همانطور که گفته شد افزایش نرخ بارگذاری را به دنبال دارد.^{۴۵} به نظر می رسد تمرینات تراباند با بهبود عملکرد عضلات توانسته

Rehabilitation Medicine. doi: 10.22037/jrm.2021.116152.2878 In Press [Article in Persian]

2. 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 Sep; 14(9): e0223219. doi: 10.1371/journal.pone.0223219
3. 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. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2012; 6(1): 38-43. [Article in Persian]
 4. Robertson DGE, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey SN. *Research Methods in Biomechanics*. J Sports Sci Med. 2014 Jan; 13(1):i.
 5. Crowell HP, Davis IS. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011 Jan; 26(1): 78-83. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2010.09.003
 6. Sommer B, Hollenstein A, Graf E. Stability boots for the treatment of Achilles tendon injuries: Gait analysis of healthy participants. *Gait Posture*. 2022 Jan; 91: 131-36. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.10.009
 7. Marouvo J, Sousa F, Fernandes O, Castro MA, Paszkiel S. Gait Kinematics Analysis of Flatfoot Adults. *Appl Sci*. 2021; 11(15): 7077. doi:10.3390/app11157077
 8. Seagers K, Uhlrich SD, Kolesar JA, Berkson M, Kaneda JM, Beaupre GS, et al. 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 Aug; 141: 111204. doi: 10.1016/j.jbiomech.2022.111204
 9. Farahpour N, Jafarnezhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *J Biomech*. 2016 Jun; 49(9): 1705-10. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.03.056
 10. 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. [Article in Persian]
 11. 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. doi: 10.22038/jpsr.2020.39048.1923 [Article in Persian]
 12. Aghakeshizade F, Saghari M, Shojaeddin SS. [The Effect of Thera-Band Resistive Exercises on Pain, Dynamic Balance, and Function of Amateur Teenage Basketball Players]. *JAP*. 2020; 11(1): 14-24. [Article in Persian]
 13. Khodabakhshi M, Ebrahimi Atri A, Hashemi Javaheri SAA, Ashoori H, Farokhroo N, Khodabandehloo V. [The Effect of 6 weeks of strength exercise with Traband on some of the variables anaerobic power in young basketball players]. *Res in Sports Med Tech*. 2015; 13(10): 47-57. doi: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.47 [Article in Persian]
 14. 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 May; 39: 101141. doi: 10.1016/j.ctcp.2020.101141
 15. Stensdotter AK, Hodges PW, Mellor R, Sundelin G, Häger-Ross C. Quadriceps activation in closed and in open kinetic chain exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 Dec; 35(12): 2043-47. doi: 10.1249/01.MSS.0000099107.03704.AE
 16. Ciolac EG, Garcez-Leme LE, Greve JM. Resistance exercise intensity progression in older men. *Int J Sports Med*. 2010 Jun; 31(6): 433-38. doi: 10.1055/s-0030-1249087
 17. Haq SA, Davatchi F. Osteoarthritis of the knees in the COPCORD world. *Int J Rheum Dis*. 2011 May; 14(2): 122-29. doi: 10.1111/j.1756-185X.2011.01615.x
 18. McWalter EJ, Cibere J, MacIntyre NJ, Nicolaou S, Schulzer M, Wilson DR. Relationship between varus-valgus alignment and patellar kinematics in individuals with knee osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 2007 Dec; 89(12): 2723-31. doi: 10.2106/JBJS.F.01016
 19. Lange B, Chipchase L, Evans A. The effect of low-Dye taping on plantar pressures, during gait, in subjects with navicular drop exceeding 10 mm. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 Apr; 34(4): 201-9. doi: 10.2519/jospt.2004.34.4.201
 20. Topp R, Woolley S, Hornyak J 3rd, Khuder S, Kahaleh B. The effect of dynamic versus isometric resistance training on pain and functioning among adults with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002 Sep; 83(9): 1187-95. doi: 10.1053/apmr.2002.33988
 21. Mousavi A, Arabmomeni A. [Corrective Exercise; Theraband Exercise; NASM; Water Resistance Training; Flat Foot]. *J Ardabil Univ Med Sci* 2021; 21(2): 157-70. doi: 10.52547/jarums.21.2.157 [Article in Persian]
 22. Nakagawa TH, Muniz TB, Baldon Rde M, Dias Maciel C, de Menezes Reiff RB, Serrão FV. The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil*. 2008 Dec; 22(12): 1051-60. doi: 10.1177/0269215508095357
 23. Bálint GP, Buchanan WW, Adám A, Ratkó I, Poór L, Bálint PV, et al. The effect of the thermal mineral water of Nagybaracska on patients with knee joint osteoarthritis--a double blind study. *Clin Rheumatol*. 2007 Jun; 26(6): 890-94. doi: 10.1007/s10067-006-0420-1
 24. Becker J. Effectiveness of the StreetStrider as an exercise modality for healthy adults. *Dissertatin*. 2011.
 25. 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 Aug; 1(1): 19. doi: 10.1186/1758-2555-1-19
 26. Cohen J. A power primer. *Psychol Bull*. 1992 Jul; 112(1): 155-59. doi: 10.1037//0033-2909.112.1.155
 27. Aguiar L, Santos-Rocha R, Vieira F, Branco M, Andrade C, Veloso A. Comparison between overweight due to pregnancy and due to added weight to simulate body mass distribution in pregnancy. *Gait Posture*. 2015 Oct; 42(4): 511-17. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.07.065
 28. Furnari A, Calabrò RS, Gervasi G, La Fauci-Belponer F, Marzo A, Berbiglia F, et al. Is hydrokinesitherapy effective on gait and balance in patients with stroke? A clinical and baropodometric investigation. *Brain Inj*. 2014; 28(8): 1109-14. doi: 10.3109/02699052.2014.910700
 29. 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. doi: 10.1016/j.jbiomech.2005.09.022
 30. Jafarnezhadgero AA, Sheikhalizadeh H, Salahi Movasagh S. [Running Ground Reaction Force Characteristics in Children with Forward Head Posture Compared to Healthy Control Ones]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 2018; 7(4): 217-26. doi: 10.22037/jrm.2018.111077.1742 [Article in Persian]
 31. Winter DA. Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *J Biomech*. 1980; 13(11): 923-27. doi: 10.1016/0021-9290(80)90162-1
 32. Moradi B, Shojaedin S, Hadadnazhad M. [Comparison of core stabilization, theraband resistance and combined training on functional endurance and postural control in male patients with multiple sclerosis]. *J Gorgan Univ Med Sci*. 2016; 18(1): 58-63.

[Article in Persian]

33. Shao E, Lu Z, Cen X, Zheng Z, Sun D, Gu Y. The Effect of Fatigue on Lower Limb Joint Stiffness at Different Walking Speeds. *Diagnostics (Basel)*. 2022 Jun; 12(6): 1470. doi: 10.3390/diagnostics12061470
34. Jafarzadeh H, Fouladi R, Fallah Mohammadi M. [Effect of Six Weeks of Exercise With Traband on the Dynamic Balance of 15-17 Years Old Soccer Players With Genu Varum Deformity]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(4): 576-89. doi: 10.32598/SJRM.11.4.4
35. Alavi Mehr S M, 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. [Article in Persian]
36. Mokhtari Malek Abadi A, Jaafarnejad A, Alipour Sarinasirlou M, Sorkheh E, Majlesi M. [Effects of Running with Different Patterns on the Values of Loading Rates, Impulses, and Free Moment during Running]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; 9(1): 123-36. doi: 10.22037/jrm.2019.111597.2071 [Article in Persian]
37. Mattos F, Leite N, Pitta A, Bento PC. Effects of aquatic exercise on muscle strength and functional performance of individuals with osteoarthritis: a systematic review. *Rev Bras Reumatol Engl Ed*. 2016 Nov-Dec; 56(6): 530-42. English, Portuguese. doi: 10.1016/j.rbre.2016.09.003
38. Frohman AN, Okuda DT, Beh S, Treadaway K, Mooi C, Davis SL, et al. Aquatic training in MS: neurotherapeutic impact upon quality of life. *Ann Clin Transl Neurol*. 2015 Aug; 2(8): 864-72. doi: 10.1002/acn3.220
39. Karami S, Tadibi V. [Effect of aquatic therapy exercises with and without the use of Jacuzzi on the lower limb strength and the quality of life in elderly women]. *JOGE* 2018; 3(1): 22-35. doi: 10.29252/joge.2.4.22 [Article in Persian]
40. Lopes JSS, Machado AF, Micheletti JK, de Almeida AC, Cavina AP, Pastre CM. Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: A systematic review and meta-analysis. *SAGE Open Med*. 2019 Feb; 7: 2050312119831116. doi: 10.1177/2050312119831116
41. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet. *Gait Posture*. 2015 Mar; 41(3): 786-90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.02.012
42. 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. doi: 10.29252/jrums.19.7.661
43. Barghamadi M, Jafarnezhad A, Gomar M. Effects of Genu Valgus Corrective Training on Asymmetry Index of Ground Reaction Force Characteristics During Bilateral Drop Landing. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2018; 14(27): 49-63. doi: 10.22080/jaep.2018.1794
44. Jahani M R, Jalalvand A, Soltani N, Kaki K. [Comparison of ground reaction forces and the amount of load introduced during crossover landing in people with flat foot and healthy individuals]. *JHPM*. 2020; 9(4): 33-44. [Article in Persian]
45. Lee KKW, Ling SKK, Yung PSH. Controlled trial to compare the Achilles tendon load during running in flatfeet participants using a customized arch support orthoses vs an orthotic heel lift. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019 Nov; 20(1): 535. doi: 10.1186/s12891-019-2898-0
46. Yen SC, Schmit BD, Wu M. Using swing resistance and assistance to improve gait symmetry in individuals post-stroke. *Hum Mov Sci*. 2015 Aug; 42: 212-24. doi: 10.1016/j.humov.2015.05.010
47. Uchida MC, Nishida MM, Sampaio RA, Moritani T, Arai H. Thera-band® elastic band tension: reference values for physical activity. *J Phys Ther Sci*. 2016 Apr; 28(4): 1266-71. doi: 10.1589/jpts.28.1266