Difference between Starting Foot Exercise with Intrinsic and Extrinsic Muscles on Selected Foot Muscle Morphology

Ketabchi J[1], Seidi F[2], Haghighat SH[3], Moghadas Tabrizi Y[4]

Abstract

Purpose: Flat foot deformity is one of the most prevalent musculoskeletal malalignments among adolescents. It is not obvious whether starting the exercises on each of the muscles of intrinsic or extrinsic has an effect on the morphologic characteristics of the other muscle groups or not. Hence, the purpose of this study was to compare the effects of starting flat foot corrective exercises with intrinsic or extrinsic exercises on the morphologic characteristics of the Abductor hallucis and tibialis posterior muscles in adolescents afflicted by flat foot deformity.

Methods: Twenty-five boy adolescent were randomly divided into intrinsic (n=10, 10.8±0.78 years, 138.8. ±7.22cm, 40.7±9.49 kg) and extrinsic (n=12, 11±0.85 years, 143.1±6.14 cm, 42.25±9.05kg) groups (three boy left the study). For the 6 weeks, the intrinsic group performed intrinsic exercises and the extrinsic group performed extrinsic exercises. After 6 weeks the muscle thickness and cross-section area of abductor hallucis (the selected muscles for intrinsic group) and tibialis posterior (the selected muscles for extrinsic group) muscles were measured by ultrasound system. For measuring the flat foot navicular drop test was used and included criteria was score more than 0.8 in dominant foot. Kolmogorov-Smirnov fitness test and Repeated Measures ANOVA were used to analyze the data. A level of $P \leq 0.05$ was considered significant.

Results: The data shows that starting the corrective program with extrinsic exercises has destructive effects on the intrinsic foot muscle morphology. In the extrinsic group, interaction effect was significant (p=0.034) that means extrinsic exercises has disadvantage effect on abductor hallucic thickness.

Conclusion: as can be seen, probably starting flat foot exercises with extrinsic muscle can decrease thickness and cross section area of intrinsic foot muscle namely abductor hallucic. These effect can be result from neurophysiological principle of muscle recruitment. So it is better to start flat foot corrective exercises deformity with intrinsic foot muscle activation and strengthening and after up-regulation of intrinsic muscles, add extrinsic exercises to them.

Keywords: Flat foot, Intrinsic muscles, Abductor hallucis, Tibialis posterior, Extrinsic muscles.

Received: 2022.08.12 Accepted: 2023.01.01

تفاوت زمان آغاز تمرینات اینترینسیک و یا اکسترینسیک بر ویژگی های مورفولوژیک عضلات منتخب پا

جعفر کتابچی [۱]، فواد صیدی [۲]، شیلا حقیقت[۳]، یوسف مقدس تبریزی[۴]

هدف:.کف پای صاف یکی از شایع ترین مشکلات عضلانی اسکلتی بین کودکان و نوجوانان می باشد. مشخص نیست که آیا شروع تمرینات اصلاحی با عضلات عمقی یا اینترینسیک (Intrinsic Muscels) چه تفاوتی نسبت به شروع تمرینات با عضلات سطحی یا اکسترینسیک (Extrinsic Muscles) بر ویژگی های مورفولوژیک دو گروه عضلات کف پا دارد. لذا هدف از این مطالعه مقایسه تاثیر زمان آغاز تمرینات اینترینسیک و یا اکسترینسیک بر روی ویژگی های مورفولوژیک عضلات دورکننده شست یا آبداکتور هالوسیس (Abductor Hallucis) و ساقی خلفی یا تیبیالیس پوستریور (Tibialis Posterior) در نوجوانان مبتلا به کف پای صاف بود.

روش بررسی: تعداد ۲۵ نوجوان پسر مبتلا به کف پای صاف به صورت تصادفی به دو گروه اینترینسیک (تعداد ۱۰نفر، سن

۷۸/۸±۰/۱۰ سال، قد ۷/۱۳۸±۲۲/۸ سانتی متر، وزن ۹/۴۰±۴۹/۷ کیلوگرم) و اکسترینسیک (تعداد ۱۲ نفر، سن ۱۱±۰/۸۵ سال، قد ۶/۱۴۳±۱۴/۱ سانتی متر، وزن ۹/۴۲±۰۵/۲۵ کیلوگرم) تقسیم شدند (سه نفر پس از گروه بندی مطالعه را ترک کردند. دو نفر از گروه اینترسینک و یک نفر از گروه اکسترینسیک). گروه اینترینسیک به مدت شش هفته و گروه اکسترینسیک نیز به مدت شش هفته تمرینات اصلاحی عضلات مربوط به خود را دریافت کردند. پس از شش هفته، سطح مقطع عرضی و ضخامت عضلات دورکننده شست (عضله منتخب اینترینسیک) و ساقی خلفی (عضله منتخب اکسترینسیک) توسط دستگاه سونوگرافی اندازه گیری شد. به منظور ارزیابی کف پای صاف از آزمون افت استخوان ناوی (Navicular Drop Test) استفاده شد و معیار ورود نمرات بیش از ۰/۸ در نظر گرفته شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون های کولموگروف اسمیرنوف و تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر استفاده شد و در تمامی آزمون ها سطح معنی داری $p<۰/۰۵$ درنظرگرفته شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که شروع تمرینات اصلاحی کف پای صاف با عضلات اینترینسیک باعث بهبود ویژگی های مورفولوژیک عضله دورکننده شست گردید (ضخامت عضلانی قبل ۰/۲۴±۰/۸۱ و پس از شش هفته ۰/۳۷±۰/۹۱ و سطح مقطع عرضی قبل ۱/۳۴±۰/۵۹ و پس از شش هفته ۱/۵۹±۰/۸۰)؛ هرچند آغاز تمرینات اصلاحی با عضله ساقی قدامی سبب کاهش ویژگی های مورفولوژیک عضله دورکننده شست (ضخامت عضلانی قبل ۰/۷۳±۰/۲۳ و پس از شش هفته ۰/۵۸±۰/۱۴ و سطح مقطع عضلانی قبل ۰/۵۵±۱/۵۵ و پس از شش هفته ۱/۲۹±۰/۵۲) گردید. در گروه تمرینات اکسترینسیک، اثر تعاملی معنادار بود ($p=۰/۰۳۴$) به این معنی که تمرینات اکسترینسیک می تواند باعث اثرات منفی روی مورفولوژی عضله دورکننده شست گردد.

نتیجه گیری: می توان بیان کرد که احتمالا آغاز تمرینات اصلاحی با عضلات اکسترینسیک می تواند سبب تضعیف عضلات اینترینسیک نظیر عضله دورکننده شست گردد. نتایج این مطالعه نشان داد که اصول نروفیزیولوژیکال (Neurophysiological Principles) ناحیه مرکزی تنه می تواند همراستا با اصول نروفیزیولوژیکال ناحیه مرکزی پا باشد. به همین دلیل بهتر است ابتدا تمرینات کف پای صاف را با عضلات اینترینسیک آغاز کرده و پس از بهبود قدرت و فعالیت این عضلات، تمرینات اکسترینسیک را آغاز نمود.

کلمات کلیدی: کف پای صاف، عضلات اینترینسیک، عضله آبداکتور هالوسیس، عضله تیبیالیس پوستریور عضلات اکسترینسیک

نویسنده مسئول: فواد صیدی، foadseidi@ut.ac.ir، ORCID: 0000-0002-4156-1539

آدرس: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بهداشت و طب ورزش

۱- دانشجو دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استادیار گروه طب فیزیکی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- استادیار گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

پای انسان مجموعه ای از مفاصل است که به صورت یکپارچه حرکت و پیشروی، حس حرکتی و پایداری پویای بدن را رقم می زنند (۳۳). کف پای صاف (Flat Foot) یکی از ناهنجاری- های شایع در این ناحیه در کودکان و نوجوانان بوده که با کاهش قوس طولی داخلی (Medial Longitudinal Arch; MLA) همراه است. این اختلال، یکی از شایع- ترین دلائل ارجاع به سیستم درمانی برای مشکلات عضلانی اسکلتی در سال های نوجوانی می باشد (۱). با توجه به بررسی های تکامل شناختی انجام شده، کف پای صاف یکی از ویژگی های فیزیولوژیک کودکان تا سن هشت سالگی عنوان شده است که می تواند به دلایل شلی مفصلی و لیگامانی، افزایش بافت چربی و کنترل عصبی_عضلانی بلوغ نیافته باشد (۳، ۲). این ویژگی تکاملی پس از هشت سالگی باید تغییر یافته و فرد ویژگی های عضلانی اسکلتی افراد بزرگسال را بیابد (۴). رابطه بالایی بین آسیب های پرکاری اندام تحتانی و کف پای صاف در افراد مبتلا به صافی کف پا گزارش شده است (۵). همچنین اختلال در عملکرد اندام تحتانی و ایجاد مشکلات در زنجیره های مجاور بدن مانند زانو و کمر نیز در افراد

مبتلا به کف پای صاف گزارش گردید است که همراستا با کاهش کیفیت زندگی این افراد در سال های آتی است (۶-۸).

قوس طولی داخلی یا MLA توسط ساختارهای استخوانی، لیگامانی و عضلات اینترینسیک و اکستریسیک پا حمایت می گردد (۹). عضلات حمایت کننده MLA، به دو گروه عضلات اینترینسیک (Intrinsic Muscles) و عضلات اکسترینسیک (Extrinsic Muscles) تقسیم می گردند. عضلات اینترینسیک شامل آن دسته از عضلات هستند که اتصال پروگزیمال و دیستال آن ها در خود ناحیه پا قرار داشته و به عنوان عضلات ثبات دهنده لوکال (Local Stabilizers) شناخته می شوند (۱۰). عضلاتی نظیر دور کننده شست و خم کننده کوتاه انگشتان یا فلکسور دیجیتروم برویس (Flexor Digitorom Brevis) جز عضلات اینترینسیک پا دسته بندی می گردند. عملکرد عضلات اینترینسیک شامل ایجاد ثبات موضعی، تعدیل نیروهای پا، کمک به پیشروی بدن و کمک به ارسال اطلاعات حسی_حرکتی می باشد (۳۴). اختلال در عملکرد این عضلات با آسیب های مختلفی نظیر التهاب پلانتار فاشیای کف پا (Plantar Fasciitis)، سندرم پرونیشن بیش از حد پا (Over Pronation Syndrome)، درد قدامی ساق یا شین اسپیلینت (Shin Spilints) و ناپایداری مزمن مچ پا (Chronic Ankle Instability) در ارتباط است (۳۵). عضلات اکسترینسیک، عضلاتی هستند که اتصال پروگزیمال آن ها در ناحیه پا قرار ندارد و در واقع اتصال دورتری نسبت به چسبندگی دیستال خود دارند (۱۱). این عضلات جزء پایدارکننده های گلوبال (Global Stabilizers) شناخته شده که عضلاتی مانند ساقی قدامی و خلفی و خم کننده طویل انگشتان یا فلکسور دیجیتروم لانگوس (Flexor Digitorom Longus) را شامل می شوند (۱۱).

روش های مختلفی برای اصلاح کف پای صاف وجود دارد (۱۳، ۱۲). مطالعات مختلفی به بررسی عملکرد عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک در افراد مبتلا به کف پای صاف پرداخته اند. Angin و همکاران (۱۷) به بررسی عملکرد عضلات اینترینسیک پا در افراد مبتلا به کف پای صاف پرداخته و بیان کردند که سطح مقطع عرضی و ضخامت عضلات اینترینسیک در افراد مبتلا به کف پای صاف نسبت به افراد سالم کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. Kim و همکاران (۱۸) به بررسی عملکرد های غیرتهاجمی حرکات اصلاحی به عنوان یکی از روش های محبوب و اثرگذار در بهبود MLA شناخته شده است (۱۵، ۱۴). تمرینات اصلاحی برای اصلاح MLA را می توان به دو دسته تقسیم کرد: تمریناتی با هدف بهبود عملکرد عضلات اینترینسیک عضله دور کننده شست و ساقی قدامی در افراد مبتلا به کف پای صاف پرداخته و بیان کردند فعالیت عضله دور کننده شست در افراد مبتلا به کف پای صاف کاهش یافته و به جبران آن فعالیت عضله ساقی قدامی به عنوان یک عضله اکسترینسیک افزایش می یابد. عضله دورکننده شست به عنوان پایدارکننده پویای MLA ، نقش مهمی در حمایت و کنترل پاسچر این ناحیه دارد (۱۹).

McKeon (۱۱،۱۲) تئوری ناحیه مرکزی پا را طبق تئوری Richardson و همکاران (۲۰) بیان داشت. بر طبق این تئوری، عضلات اینتریسیک معادل عضلات عمقی یا لوکال و عضلات اکسترینسیک معادل عضلات سطحی یا گلوبال ناحیه کمری لگنی در نظر گرفته شده اند. از این رو هرگونه کاهش عملکرد عضلات لوکال می تواند با افزایش جبرانی عملکرد عضلات گلوبال همراه باشد (۲۰، ۱۱، ۱۰). از این رو هاجز (۲۰) بیان می دارد که ابتدا باید عضلات لوکال را فعال کرده و سپس به فعال سازی عضلات گلوبال پرداخت. در غیر این صورت، فعال سازی عضلات گلوبال قبل از فعال کردن عضلات لوکال می تواند با ضعف بیشتر عضلات لوکال همراه باشد. مطالعاتی که بر روی کف پا انجام شده اند نیز کاهش فعالیت عضلات اینترینسیک و به تبع آن افزایش جبرانی فعالیت عضلات اکسترینسک در افراد مبتلا به صافی کف پا را گزارش کرده اند (۲۱، ۱۸، ۱۷).

امروزه استفاده از تصویربرداری اولتراسوند (Ultrasound Sonography) به صورت گسترده ای برای بررسی ویژگی های مورفولوژیک عضلات پا رواج دارد (۲۲، ۱۷). به دلیل اندازه کوچک و دسترسی دشوار عضلات اینترینسیک، اولتراسونوگرافی می تواند به راحتی سطح مقطع و ضخامت عضلات پا را بررسی نماید (۲۳، ۲۲). Serkan tas و همکاران (۲۴) بیان کردند که ضخامت عضله آبداکتور هالوسیس بین افراد مبتلا به کف پای صاف و افراد سالم متفاوت است. Zhang و همکاران (۲۶) بیان کردند که بین ضخامت و سطح مقطع عرضی عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک، تفاوت معناداری در افراد

سالم و افراد مبتلا به کف پای صاف وجود دارد. مطالعه دیگری در این رابطه انجام گرفته که در آن انجام تمرینات تقویتی عضلات اکسترینسیک نظیر تا کردن حوله با انگشتان می تواند سبب بهبود وضعیت پرونیشن افراد مبتلا به کف پای صاف گردد (۲۷). در کل افزایش ضخامت و سطح مقطع عرضی عضلات اکسترینسیک نسبت به اینترینسیک در افراد مبتلا به کف پای صاف گزارش شده است (۱۷). نیومن (۳۷) بیان کرد که تولید گشتاور فلکشن (Flexion Torque) انگشتان بیشتر توسط عضلات اکسترینسیک نظیر خم کننده طویل انگشتان ایجاد می گردد تا خم کننده کوجک انگشتان. این امر ممکن است دلیل بر تولید نیرو توسط عضلات اکسترینسیک و ایجاد ثبات تبات توسط عضلات اینترینسیک همان طور که McKeon (۱۱) بیان کرد باشد.

با توجه به موارد بالا می توان عدم تعادل عضلانی بین عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک را انتظار داشت. از طرف دیگر طبق اصول نروفیزیولوژیک Richardson و همکاران (۲۰) و McKeon (۱۱)، رفتار عضلات لوکال (اینترینسیک) و گلوبال (اکسترینسیک) ممکن است نسبت به انجام تمرینات متفاوت باشد. از این رو آغاز تمرینات اصلاحی کف پای صاف با تمرینات اینترینسیک و یا اکسترینسیک می تواند اثراتی بر ویژگی های مورفولوژیک این گروه از عضلات داشته باشد. لذا هدف از مطالعه حاضر مقایسه بین شروع تمرینات اصلاحی برای عضلات پا و کف پا با عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک بر روی ویژگی های مورفولوژیک (سطح مقطع عرضی و ضخامت) عضلات منتخب اینترینسیک (دور کننده شست) و اکسترینسیک (ساقی قدامی) در افراد مبتلا به صافی کف پا بود.

روش بررسی

این پژوهش از نظر هدف جزء پژوهش های کاربردی و از نظر نحوه اجرا و شیوه گردآوری داده ها جزء پژوهش های نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون است. جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه نوجوانان ۱۲-۱۰ ساله شهر اصفهان بود. از جامعه آماری فوق، با توجه به ملاحظات آماری و بر اساس پیشنهاد نرم افزار G*Power، تعداد ۲۵ پسر نوجوان مبتلا به کف پای صاف منعطف بین سنین ۱۰-۱۲ سال به صورت در دسترس برای مطالعه انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه اکسترینسیک و اینترینسیک تقسیم شدند. شرکت کنندگان به مدت ۶ هفته در برنامه تمرینات اصلاحی شرکت کردند. در طول دوره تمرین، سه پسر مشتاق به ادامه همکاری نبوده و از این رو تعداد آزمودنی ها به ۲۲ نفر کاهش یافت.

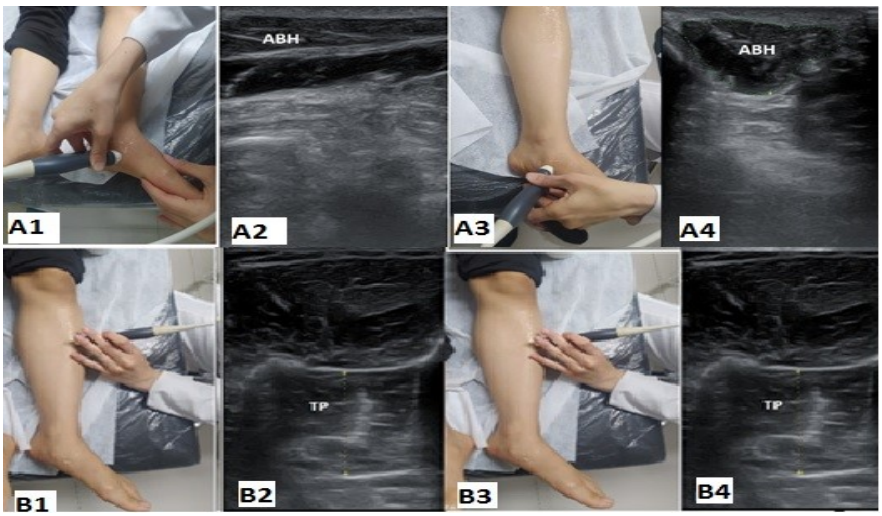
معیار های ورود به مطالعه شامل پسر بودن آزمودنی ها، سن بین ۹ الی ۱۲ سال، کسب نمره بیش از ۰/۸ در تست افت ناوی که نشان دهنده کف پای صاف است، نداشتن سابقه جراحی و یا آسیب بود. معیارها خروج از مطالعه شامل: داشتن اختلاف طول ساختاری اندام تحتانی، عدم سابقه جراحی یا آسیب، عدم وجود کف پای صاف ساختاری، منفی بودن تست چسبندگی استخوان قاپ (Tarsal Coalition)، عدم استفاده از کفی طبی و اختلال بین دو وضعیت عدم تحمل وزن و تحمل وزن بیش از ۰/۸ میلی متر در تست افت ناوی که نشان دهنده وجود پرونیشن پا است.

اسکن توسط سونوگرافی (دستگاه Alpinon e.cube نسخه ۹ ساخت کشور کره جنوبی با ترانسداکتور خطی با ۳-۱۲ مگاهرتز) توسط متخصص طب فیزیکی با ۴ سال سابقه در تصویر برداری انجام گردید. ارزیاب اطلاعاتی از وضعیت گروه بندی آزمودنی ها و این امر که در کدام گروه قرار دارند نداشت. تصویرهای اولتراسوند توسط گرفته شد. برای هر آزمودنی، پای برتر (یا پایی که بیشترین نمره را در تست افت ناوی کسب کرده بود) تست شده و پروتکل تست گیری مشابه با پروتکل Mickle و همکاران (۲۳) انجام گردید.

آزمودنی برای تصویر برداری عضل دورکننده شست در وضعیت طاق باز (Supine) قرار گرفت. ضخیم ترین قسمت عضله دورکننده شست در خط بین محل پروگزیمال عضله در توبروزیته مدیال پاشنه (Medial Calcaneus Tubeosity) و توبروزیته استخوان ناوی اندازه گیری گردید. سطح مقطع عرضی این عضله توسط خط عمود در محل محور طولی پا در قسمت قدامی قوزک داخلی ثبت گردید. برای تصویربرداری عضله ساقی خلفی، از وضعیت سوپاین استفاده گردید. برای سطح مقطع عرضی و ضخامت این عضله، پروب (Probe) در نقطه آناتومیکال ۳۰ درصد فوقانی ساق قرار داده شد (تصویر ۱).

مداخله تمرینی

تمامی شرکت کنندگان (۲۲ آزمودنی)، ۶ هفته، هفته ای



تصویر ۱: قرارگیری پروب

(A1-A2): ضخامت عضله دورکننده شست، (A3-A4): سطح مقطع عرضی این عضله

(B1-B2): ضخامت عضله ساقی خلفی، (B3-B4): سطح مقطع عرضی این عضله

سه جلسه ۴۵ دقیقه ای در روز به انجام تمرینات خود پرداختند. گروه تمرینات اینترینسیک شش هفته تمرینات عضلات اینترینسیک کف پا و گروه تمرینات اکسترینسیک نیز شش هفته تمرینات مرتبط با عضلات اکسترینسیک را انجام دادند. ارزیابی های انجام شده قبل و پس از شش هفته تمرین ثبت شدند.

تمرینات گروه اینترینسیک

برنامه تمرینی عضلات اینترینسیک شامل فعال سازی و تقویت عضلات اینترینسیک پا در وضعیت های مختلف بود. ابتدا تمرینات به صورت بدون بار در وضعیت های نشسته و سپس با فعال شدن عضلات و توانایی انجام صحیح حرکت در وضعیت بدون بار، در وضعیت های همراه با بار مانند وضعیت های ایستادن و ایستادن تک پا انجام شدند (۱۳). تمرینات شامل تمرین شورت فوت (Short Foot Exercise) (افزایش MLA با نزدیک کردن اولین استخوان کف پا به پاشنه بدون بلند کردن پاشنه و سینه پا از روی زمین و همچنین خم کردن انگشتان)، دور کردن انگشتان، باز کردن انگشت شست و باز کردن انگشت دوم تا پنجم بود (تصویر ۲). Gooding و همکاران (۱۶) بیان کردند که ای چهار تمرین می تواند فعالیت بالاتر عضلات اینترینسیک پا را رقم بزند (۱۶). همچنین فعالیت الکترومایوگرافی بالاتر عضله دورکننده شست در تمرین شورت فوت نسبت به تمرینات سنتی خم کردن انگشتان گزارش شده است (۲۷).

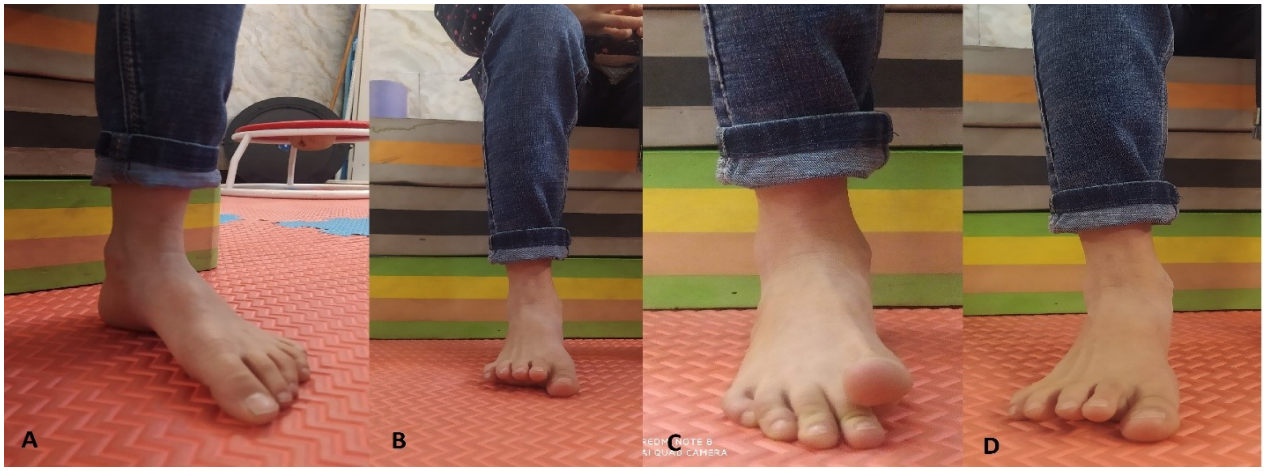
تمرینات گروه اکسترینسیک

گروه اکسترینسیک تمرینات فعال سازی و تقویت عضلات اکسترینسیک را با تمرکز بر عضله ساقی خلفی به دلیل نقش حیاتی این عضله در حمایت MLA انجام دادند (۲۸). این تمرینات شامل نزدیک کردن پا، بلند شدن روی پنجه پا، تقویت عضله ساقی خلفی با کش و سوپینیشن (Supination) پا با مقاوت جاذبه بود (تصویر ۳). با افزایش قدرت آزمودنی ها، رفته رفته از باندهای کشی برای ایجاد مقاوت در تمرینات استفاده گردید. Kulig و همکاران (۲۹) بیان داشتند که تمرینات انجام شده می توند فعالیت بالاتر عضلات اکسترینسیک، خصوصا عضله ساقی خلفی را رقم بزند.

به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون های کولموگروف اسمیرنوف و تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر در نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد و در تمامی آزمون ها سطح معنی داری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

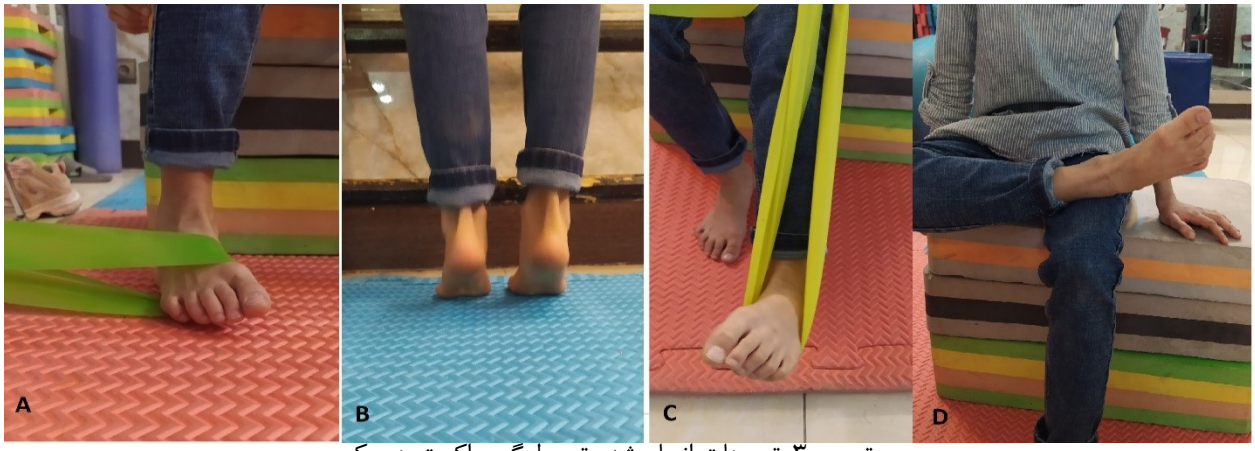
یافته ها

جدول ۱ اطلاعات جمعیت شناختی آزمودنی ها را نشان می دهد. جدول ۲ اطلاعات به دست آمده از تحلیل آماری واریانس با داده های تکراری برای اثر تعاملی عضلات دورکننده شست و ساقی خلفی را نشان می دهد. اثر تعاملی در هر دو گروه معنادار است ($p\leq۰/۰۵$) به این معنی که الگوی تغییرات در ضخامت عضلانی بین گروه های



تصویر ۲: تمرینات انجام شده توسط گروه اینترینسیک

A: تمرین شورت فوت، B: بلند کردن انگشتان دوم تا پنجم، C: بلند کردن شست و D: دور کردن انگشتان



تصویر ۳: تمرینات انجام شده توسط گروه اکسترینسیک

A: آداکشن پا، B: بلند شدن روی پنجه پاها، C: سوپینیشن پا با باند کشی و D: سوپینیشن در مقابل

جدول ۱: ویژگی های دموگرافیک آزمودنی ها

گروه	تعداد	سن (سال) میانگین±انحراف معیار	قد (سانتی متر) میانگین±انحراف معیار	وزن (کیلوگرم) (میانگین±انحراف معیار)
اینترینسیک	۱۰	۱۰/۸±۰/۷۸	۱۳۸/۸±۷/۲۲	۴۰/۷±۹/۴۹
اکسترینسیک	۱۲	۱۱±۰/۸۵	۱۴۳/۱±۶/۱۴	۴۲/۲۵±۹/۰۵

جدول ۲: اطلاعات واریانس تکراری برای ضخامت عضلانی قبل و پس از شش هفته تمرین

ضخامت عضلانی	گروه	قبل (میانگین±انحراف معیار)	پس از شش هفته (میانگین±انحراف معیار)	اثر تعاملی
دورکننده شست	اینترینسیک	۰/۸۱±۰/۲۴	۰/۹۱±۰/۳۷	F=۷/۵۳
	اکسترینسیک	۰/۰±۷۳/۲۳	۰/۰±۵۸/۱۴	p=۰/۰۱۳
ساقی خلفی	اینترینسیک	۲/۰±۰۷/۳۳	۱/۰±۹۲/۳۹	F=۵/۱۸
	اکسترینسیک	۲/۰۳±۰/۳۱	۲/۰±۲۷/۴۴	p=۰/۰۳۴

سطح معناداری (p<۰/۰۵)

تحقیق متفاوت بود. نمودار ۱ تغییرات ضخامت عضلات دورکننده شست و ساقی خلفی را در قبل و پس از شش هفته انجام تمرینات اصلاحی نشان می دهد.

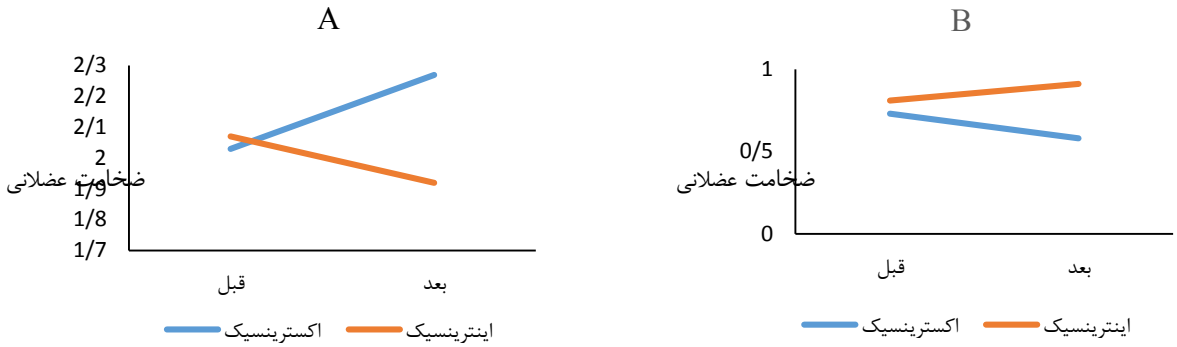
جدول ۳ اطلاعات به دست آمده از تحلیل آماری واریانس با داده های تکراری اثر تعاملی برای سطح مقطع عرضی عضلات دور کننده شست و ساقی خلفی را شان می دهد. اثر تعاملی برای عضله دورکننده شست معنادار است ($p\leq ۰/۰۵$) به این معنی که الگوی تغییرات در سطح مقطع عضله دورکننده شست بین گروه های تحقیق متفاوت بود. در حقیقت تفاوت معناداری بین سطح مقطع عرضی عضله ساقی خلفی در دو زمان اندازه گیری شده وجود دارد. نمودار ۲ تغییرات سطح مقطع عضلات دورکننده شست و ساقی خلفی را قبل و پس از شش هفته تمرین نشان می دهد.

بحث و نتیجه گیری

هدف از این مطالعه مقایسه تاثیر آغاز تمرینات اصلاحی کف پای صاف با تمرینات اینترینسیک و یا اکسترینسیک بر روی ویژگی های مورفولوژیک عضلات دورکننده شست و ساقی خلفی در نوجوانان مبتلا به کف پای صاف بود. در حقیقت اصول نروفیزولوژیکال مطرح شده توسط Richardson و همکاران (۲۰) بر طرح پایداری ناحیه پا McKeon (۱۰،۱۱) بررسی شد و نشان داده شد که آیا ترتیب فعال سازی عضلات عمقی (اینترینسیک) و یا سطحی (اکسترینسیک) پا و کف پا تغییری در مورفولوژی عضلات منتخب این ناحیه ایجاد می کند یا خیر.

پایداری فعال MLA به طور مستقیم توسط عضلات اینترینسیک پا و به صورت غیر مستقیم توسط عضلات اکسترینسیک حفظ می گردد. برای بررسی قدرت و ضخامت عضلات پا، استفاده از سونوگرافی از لحاظ هزینه، دسترسی آسان تر و همچنین دقت بالاتر نسبت به روش های دیگر قابل حصول تر است (۲۲، ۱۷). کاهش سفتی بافت نرم و عضلات یکی از عوامل اصلی حفظ پایداری مفصلی است که می تواند سبب اختلالاتی نظیر کاهش MLA پا گردد (۲۱). MLA پا به طور اصلی توسط لیگامان ها، گیر استخوانی و عضلات محافظت می گردد. نقش حیاتی عضله دورکننده شست به دلیل محل چسبندگی آن در حفظ پرونیشن توسط مطالعات بیان شده است (۲۱). Angin و همکاران (۱۷) کاهش ضخامت عضلات دور کننده طویل شست و خم کننده طویل انگشتان را در افراد مبتلا به کف پای صاف گزارش کرده اند. Lee و همکاران (۳۰) نیز کاهش فعالیت عضله دورکننده شست و افزایش فعالیت عضله ساقی قدامی نسبت به دورکننده شست را در افراد مبتلا به سندرم پرونیشن پا نسبت به افراد سالم گزارش کرده اند. در مطالعه ای دیگر، کاهش معنادار فعالیت عضله دورکننده شست و افزایش جبرانی فعالیت عضله ساقی قدامی در حفظ پایداری MLA هنگام فرود از ارتفاع های مختلف در افراد کف پای صاف نسبت به افراد سالم گزارش گردید (۳۱). این امر می تواند ناشی از افزایش فعالیت جبرانی عضلات اکسترینسیک نسبت به عضلات اینترینسیک در پایدار کردن MLA باشد. همراستا با این مطالعه، محققان نشان دادند که فعال کردن عضله اکسترینسیک ساقی خلفی، می تواند با کاهش ضخامت و سطح مقطع عضلات اینترینسیک نظیر عضله دورکننده شست همراه باشد به طوری که در گروه تمرینات اکسترینسیک، افزایش سطح مقطع و ضخامت عضله ساقی خلفی با کاهش تدریجی فعالیت عضله دورکننده شست همراه بود. نقش مهم عضلات اینترینسیک خصوصا عضله دورکننده شست در حفظ MLA در فعالیت های استاتیک و داینامیک در گزارشات متعددی بیان شده است (۳۲، ۲۵).

تمرینات اصلاحی می تواند در بهبود قوس طولی داخلی کمک کننده باشد (۳۲، ۲۵). در مطالعه ای، پس از انجام شش هفته تمرینات تقویتی منتخب عضلات اینترینسیک پا، بهبود فعالیت این عضلات گزارش گردید (۱۶). تمرینات شورت فوت (که ابتدا توسط Janda (۳۶) ارائه شد)، عضلات اینترینیسک پا را بدون فعال شدن عضلات اکسترینسیک هدف قرار می دهد. در این مانور، بدون فعال کردن عضلات اکسترینسیک نظیر ساقی قدامی، با فعال کردن عضلات ناحیه میانی پا، قوس طولی داخلی افزایش می یابد. Janda (۳۶) عنوان کرد که این تمرینات علاوه بر فعال کردن عضلات اینترینسیک و افزایش ثبات قطعه ای (Segmental Stability)، می تواند اطلاعات حسی حرکتی را نیز به میزان زیادی بهبود داده و اثرات مطلوبی بر روی دیگر زنجیره های بدن نیز داشته باشد (۳۲، ۲۵). در مطالعه ای Lynn و همکاران (۳۸) به بررسی تفاوت بین تمرینات فعال کننده عضلات اینترینسیک (شورت فوت) و اکسترینسیک (تا کردن حوله با انگشتان) پرداختند

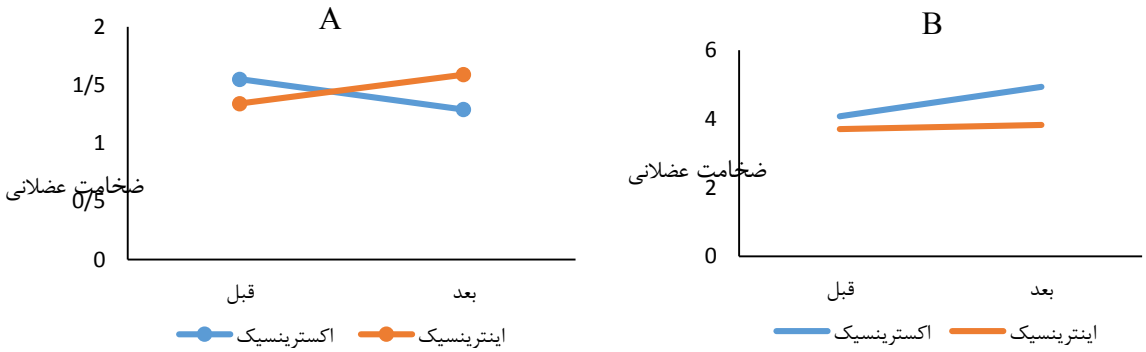


نمودار ۱: تغییرات ضخامت عضلانی قبل و پس از شش هفته
برای عضلات A: دورکننده شست، B: ساقی خلفی

جدول ۳: اطلاعات واریانس تکراری برای سطح مقطع عرضی عضلات قبل و پس از شش هفته تمرین

سطح مقطع عضلانی	گروه	قبل (میانگین±انحراف معیار)	پس از شش هفته (میانگین±انحراف معیار)	اثر تعاملی
دورکننده شست	اینترینسیک	۱/۰±۳۴/۵۹	۱/۰±۵۹/۸۰	F=۹/۵۹
	اکستریسیک	۱/۵۵±۰/۵۵	۱/۰±۲۹/۵۲	p=۰/۰۰۶
ساقی خلفی	اینترینسیک	۳/۰±۷۱/۶۹	۳/۰±۸۳/۵۰	F=۴/۰۲
	اکستریسیک	۴/۰۸±۱/۵۶	۴/۱±۹۴/۸۸	p=۰/۰۵۹

سطح معناداری (p≤۰/۰۵)



نمودار ۲: تغییرات سطح مقطع عرضی قبل و پس از شش هفته برای عضلات
A: دورکننده شست و B: ساقی خلفی

پرداخته اند، نتایج متفاوتی بیان شده است. به طور مثال، افزایش سطح مقطع و ضخامت عضلات اکستریسیک کف پا و کاهش ضخامت و سطح مقطع عرضی عضلات اینترینسیک کف پا در افراد مبتلا به صافی کف پا گزارش شده است (۱۷). از طرف دیگر کاهش ویژگی های مورفولوژیک عضله دورکننده شست و افزایش این ویژگی ها به نفع عضله ساقی قدامی نیز در مطالعه ای دیگر بیان شده است (۱۷). از این رو ممکن است که افزایش فعالیت و بیان کردند که تمرینات عضلات اینترینسیک به دلیل افزایش ثبات سگمنتال و اثرات مطلوب روی MLA ، باعث بهبود ثبات پویای آزمودنی ها نیز گردیده است. ممکن است علت این امر در جهت گیری بهتر عضلات اینترینسیک بوده باشد؛ زیرا این عضلات در جهات مختلف در نزدیک ترین نقطه به استخوان های کف پا متصل هستند.

در مطالعاتی که به بررسی تفاوت عضلات اینترینسیک و اکستریسیک پا در افراد مبتلا به کف پای صاف

شروع تمرینات با تقویت عضلات اکسترینسیک، می تواند باعث کاهش سطح مقطع عرضی و ضخامت این عضله منتخب گردد.

این پژوهش با محدویت هایی مواجه بود. این محدودیت ها شامل عدم تصویر برداری از عضلات دیگر اینترینسیک و اکترینسیک، عدم وجود آزمودنی های دختر و مقایسه آن ها با پسران، محدودیت سن برای آزمودنی ها و همچنین عدم استفاده از الکترومایوگرافی برای بررسی فعالیت عضلات منتخب بود. به همین دلیل توصیه می گردد در پژوهش های آتی خصوصا برای بررسی سطح فعالیت عضلات، از الکترومایوگرافی قبل و پس از فعالیت عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک استفاده گردد تا مشخص گردد آیا فعالیت عضلانی همراستا با تغییرات مورفولوژیک عضلانی است یا خیر.

نتایج این مطالعه نشان داد که آغاز تمرینات اصلاحی برای کف پای صاف با تمرینات اینترینسیک، می تواند باعث بهبود قابل ملاحضه ای در سطح مقطع عرضی و ضخامت عضله دورکننده شست از مهم ترین عضلات اینترینسیک کف پا شود. همچنین طبق نتایج مشاهده شده، آغاز تمرینات با عضلات اکسترینسیک می تواند سبب کاهش ضخامت و سطح مقطع عرضی عضله دورکننده شست گردد. در گروه اینترینسیک، فعال سازی و تقویت عضلات اینترینسیک تاثیر چشمگیری بر سطح مقطع عرضی و ضخامت عضله ساقی خلفی نداشت، اما در گروه اکسترینسیک، تقویت عضلات اکسترینسیک بدون توجه به عضلات اینترینسیک سبب کاهش ضخامت و سطح مقطع عرضی عضله دورکننده شست گردید. الگوی مشاهده شده در ناحیه مرکزی بدن توسط Richardson و همکاران (۲۰) بیان می کند که فعال سازی عضلات گلوبال در ابتدا ممکن است سبب کاهش فعالیت و سطح مقطع عرضی عضلات لوکال گردد، در مطالعه حاضر در ناحیه کف پا نیز این الگو قابل مشاهده بود. در واقع نشان داده شد که سیستم ناحیه مرکزی پا که توسط McKeon (۱۱) مطرح گردید، مطابق با سیستم پایدارسازی لوکال ارائه شده توسط Richardson و همکاران (۲۰) است. زیرا که در گروه اکسترینسیک، فعالسازی عضله ساقی خلفی در ابتدا باعث کاهش ویژگی های مورفولوژیک عضله دوکننده شست شده بود، اما در گروه اینترینسیک، فعال سازی عضله دورکننده شست با تغییرات منفی در عضله ساقی خلفی همراه نبود. عضلات اکسترینیسک در افراد مبتلا به صافی کف پا به دلیل اصول نروفیزیولوژیکال باعث کاهش فعالیت عضلات اینترینسیک کف پا گردد. همان طور که در این مطالعه مشاهده گردید، فعال سازی عضله دورکننده شست در ابتدا، تفاوتی بر سطح مقطع عرضی و ضخامت عضله ساقی خلفی ندارد، اما فعال سازی عضله ساقی خلفی در ابتدا، می تواند با کاهش ضخامت و سطح مقطع عرضی عضله دورکننده شست همراه باشد. به همین دلیل بهتر است که تمرینات اصلاحی برای عارضه کف پای صاف را ابتدا با تمرینات فعالسازی و تقویتی عضلات اینترینسیک پا آغاز کنیم.

McKeon (۱۰،۱۱) تئوری ثبات ناحیه کف پا را از تئوری Richardson و همکاران (۲۰) برای ناحیه مرکزی بدن اقتباس کرد. در این دو تئوری، عضلات به دو دسته عضلات لوکال و گلوبال تقسیم می شوند. طبق مشاهدات Richardson و همکاران (۲۰)، ابتدا باید فعالیت عضلات لوکال به میزان مطلوبی افزایش یافته و سپس عضلات گلوبال فعال گردند. همین مورد در رابطه با کف پا نیز توسط McKeon (۱۱) مطرح گردید که ابتدا عضلات لوکال یا اینترینسیک فعال شده و سپس به سمت فعال سازی عضلات گلوبال یا اکسترینسیک پیشروی کرد. همان طور که در الگوی سطح مقطع عرضی و ضخامت عضله ساقی خلفی به عنوان یک عضله اکسترینسیک مشاهده می گردد، شروع پروتکل اصلاحی به وسیله تمرینات اینترینسیک، تقریبا باعث حفظ مشخصه های فیزیولوژیک عضله اکسترینسیک در شش هفته شده است، در حالی که در گروه اکسترینسیک، افزایش معنادار سطح مقطع عرضی و ضخامت عضلات اکسترینسیک را شاهد هستیم. در رابطه با عضله دورکننده شست از عضلات اینترینسیک، در گروه اینترینسیک، مشخصات فیزیولوژیک عضله زمانی که پروتکل تمرینات اصلاحی با تمرینات اکسترینسیک شروع شده است، کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. از این رو می توان بیان کرد که آغاز تمرنیات اصلاحی برای کف پای صاف با تمرینات اینترینسیک، می تواند باعث بهبود قابل توجه مشخصات فیزیولوژیک عضلات دورکننده شست از مهم ترین عضلات اینترینسیک کف پا شده که حتی پس از آغاز تمرینات اکسترینسیک، نه تنها عضلات کاهش ضخامت و سطح مقطع عرضی را نشان نداده اند، بلکه توانسته اند با فعالت عضلات اکسترینسیک، همچنان به رشد مطلوب خود ادامه دهند. این در حالی است که

هر چند تحقیق حاضر به بررسی ویژگی های مورفولوژیک پرداخت، توصیه محققین ارزیابی فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک کف پا قبل و پس از پروتکل حاضر است تا الگوی فعال سازی عضلات نیز بررسی گردد. زیرا باید مشخص گردد که آیا تغییرات مورفولوژیک همراستا با تغییرات الکتریکی عضلات است یا خیر.

سپاسگزاری

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه تهران در نظر گرفته شده است، و کد اخلاق به شماره IR.UT.SPORT.REC.1399.008 دریافت شده است. (کد کارآزمایی بالینی: IRCT20210818052223N1). این مطالعه مستخرج از پایان نامه دکتری دانشگاه تهران است. در انتها از تمامی افرادی که به هر نحو در انجام این مطالعه ما را یاری نمودند، تشکر می نماییم.

منابع

1. Evans AM. The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7-10 years. Journal of foot and ankle research 2011; 4(1): 1-8.

2. Uden H, Scharfbillig R, Causby R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. Journal of foot and ankle research 2017; 10(1): 1-17.

3. Nemeth B. The diagnosis and management of common childhood orthopedic disorders. Current problems in pediatric and adolescent health care 2011; 41(1): 2-28.

4. Sadeghi-Demneh E, Azadinia F, Jafarian F, Shamsi F, et al. Flatfoot and obesity in school-age children: a cross-sectional study. Clinical obesity 2016; 6(1): 42-50.

5. 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.

6. Lin C-J, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. Journal of pediatric orthopaedics 2001; 21(3): 378-82.

7. Kosashvili Y, Fridman T, Backstein D, Safir O, Ziv YB. The correlation between pes planus and anterior knee or intermittent low back pain. Foot & ankle international 2008; 29(9): 910-913.

8. Shibuya N, Jupiter DC, Ciliberti LJ, VanBuren V, La Fontaine J. Characteristics of adult flatfoot in the United States. The Journal of foot and ankle surgery 2010; 49(4): 363-368.

9. Franco AH. Pes cavus and pes planus: analyses and treatment. Physical therapy 1987; 67(5): 688-994.

10. McKeon PO, Fourchet F. Freeing the foot: integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries. Clinics in sports medicine 2015; 34(2): 347-361.

11. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding

intrinsic foot muscle function. BJSM 2015; 49(5): 290.

12. Harradine P, Herrington L, Wright R. The effect of Low Dye taping upon rearfoot motion and position before and after exercise. The Foot 2001; 11(2): 57-60.

13. Sinha S, Song HR, Kim HJ, Park MS, et al. Medial arch orthosis for paediatric flatfoot. Journal of orthopaedic surgery 2013; 21(1): 37-43.

14. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. Manual therapy 2013; 18(5): 425-430.

15. Sulowska I, Oleksy Ł, Mika A, Bylina D, Sołtan J. The influence of plantar short foot muscle exercises on foot posture and fundamental movement patterns in long-distance runners, a non-randomized, non-blinded clinical trial. PLOS one 2016; 11(6): e0157917.

16. Gooding TM, Feger MA, Hart JM, Hertel J. Intrinsic foot muscle activation during specific exercises: a T2 time magnetic resonance imaging study. Journal of athletic training 2016; 51(8): 644-650.

17. Angin S, Crofts G, Mickle KJ, Nester CJ. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. Gait & posture 2014; 40(1): 48-52.

18. Kim JS, Moon DC. A comparison of selective muscle activity in the abductor hallucis between flat feet and normal feet during single mini-squat exercise. IES 2021; 29(3): 233-238.

19. Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. J. R. Soc. Interface 2014; 11(93): 20131188.

20. Richardson, C. A., Hodges, P., and Hides, J. A. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain. Churchill Livingstone; 2004.

21. Kim EK, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. Journal of physical therapy science 2016; 28(11): 3136-3139.

22. Crofts G, Angin S, Mickle KJ, Hill S, Nester C. Reliability of ultrasound for measurement of selected foot structures. Gait & posture 2014; 39(1): 35-39.

23. Mickle KJ, Nester CJ, Crofts G, Steele JR. Reliability of ultrasound to measure morphology of the toe flexor muscles. Journal of foot and ankle research 2013; 6(1): 1-6.

24. Taş S, Ünlüer NÖ, Korkusuz F. Morphological and mechanical properties of plantar fascia and intrinsic foot muscles in individuals with and without flat foot. Journal of Orthopaedic Surgery 2018; 26(3): 2309499018802482.

25. Wong YS. Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: a kinematic and anatomical cadaver study. FAI 2007; 28(5): 617-620.

26. Zhang X, Pauel R, Deschamps K, Jonkers I, Vanwanseele B. Differences in foot muscle morphology and foot kinematics between symptomatic and asymptomatic pronated feet. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2019; 29(11): 1766-1773.

27. Jung DY, Kim MH, Koh EK, Kwon OY, et al. A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. Physical Therapy in Sport 2011; 12(1): 30-35.

28. Geideman WM, Johnson JE. Posterior tibial tendon dysfunction. JOSPT 2000; 30(2): 68-77.

29. Kulig K, Burnfield JM, Requejo SM, Sperry M, Terk M. Selective activation of tibialis posterior: evaluation by magnetic resonance imaging. MSSE 2004; 36(5): 862-867.

30. Lee JH, Cynn HS, Yoon TL, Choi SA, Kang TW. Differences in the angle of the medial longitudinal arch and muscle activity of the abductor hallucis and tibialis anterior during sitting short-foot exercises between subjects with pes planus and subjects with neutral foot. Journal of back and musculoskeletal

rehabilitation 2016; 29(4): 809-815.

31. Chang JS, Kwon YH, Kim CS, Ahn S-H, Park SH. Differences of ground reaction forces and kinematics of lower extremity according to landing height between flat and normal feet. Journal of back and musculoskeletal rehabilitation 2012; 25(1): 21-26.

32. Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, Ingersoll CD, Hertel J. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. Journal of Electromyography and Kinesiology 2008; 18(3): 420-425.

Jaffri, A, , Koldenhoven R, Saliba S, Hertel J. Evidence of intrinsic foot muscle training in improving foot function: a systematic review and meta-analysis. J Athl Train 2022 Jun 20. doi: 10.4085/1062-6050-0162.22.

33. Zelik KE, La Scaleia V, Ivanenko YP, Lacquaniti F. Coordination of intrinsic and extrinsic foot muscles during walking. European journal of applied physiology 2015; 115(4): 691-701.

34. Feger MA, Snell S, Handsfield GG, S Blemker S, et al. Diminished foot and ankle muscle volumes in young adults with chronic ankle instability. AOSSM 2016; 4(6): 2325967116653719.

35. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. Manual therapy. 2013; 18(5): 425-430.

36. Neumann DA. Lower extremity: ankle and foot. In: Neumann DA, editor. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 3rd ed. St Louis: Mosby; 2017: 595-652.

38. Lynn SK, Padilla RA, Tsang KK: Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. JSR 2012; 21: 327-333.