

Effects of Whole Body Vibration on Static Balance in Flat Foot During and after the Developing Age after Fatigue

Aliakbar Pahlevanian¹, Seyed Kazem Mousavi Sadati^{2*}, Mohammad Ali Aslankhani³, Saleh Rafiee⁴

1. PhD Student of Motor Behavior, Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of Motor Behavior, Department of Physical Education & Sport Sciences, Faculty of Humanities, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Consulting Professor of Allameh Tabatabaei University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor of Motor Behavior, Sport Science Research Institute of Iran, Tehran, Iran

Received: 2020.January.22

Revised: 2020. February.01

Accepted: 2020. February.13

Abstract:

Background and Aims: Foot function depends on its shape. Flat Foot is one of the longitudinal arch changes of the foot that is involved in maintaining body balance. Whole Body Vibration is an effective method for applying sinusoidal mechanical oscillations. The purpose of the present study was to investigate the effects of whole body vibration on static balance in flat foot during and after the developing age after fatigue.

Materials and Methods: In the current study, 80 patients with Flat Foot (40 females and 40 males) including 40 females and males under 18 with the mean age of $15 \pm 1/24$ and 40 females and males over 20 with the mean age of $22/57 \pm 2/48$ were randomly divided into intervention and control groups. Intervention group received four weeks of WBV training. In the control group, including both under 18 and over 20-year-old participants, no intervention was carried out. In this group, the participants followed their daily activities. The fatigue protocol performed on the treadmill and Static balance tests was assessed using Biodex Balance System indices including total, anterior-posterior, and medial-lateral.

Results: The results of between group analyses indicated that for the group under 18, all aforementioned variables significantly improved in comparison with those over 20.

Conclusion: Whole Body Vibration can be used to improve the static balance of flat foot even after fatigue.

Keywords: Whole body vibration; Static balance; Flat Foot, Fatigue

Cite this article as: Aliakbar Pahlevanian, Seyed Kazem Mousavi Sadati, Mohammad Ali Aslankhani, Saleh Rafiee. Effects of Whole Body Vibration on Static Balance in Flat Foot During and after the Developing Age after Fatigue. *J Rehab Med.* 2020; 8(4): 269-279.

***Corresponding Author:** Dr Seyed Kazem Mousavi Sadati, Assistant Professor of Motor Behavior, Department of Physical Education & Sport Sciences, Faculty of Humanities, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Email: drmousavisadati@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2020.113065.2311

بررسی تاثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل ایستا در افراد مبتلا به صافی کف پا حین و بعد از سن رشد در شرایط خستگی

علی اکبر پهلوانیان^۱، سید کاظم موسوی ساداتی^{۲*}، محمدعلی اصلانخانی^۳، صالح رفیعی^۴

۱. دانشجوی دکتری تخصصی رفتار حرکتی-رشد حرکتی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استادیار رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. استاد مشاور دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
۴. استادیار رفتار حرکتی پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۱۱/۲۴ *

بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۱۱/۱۲

* دریافت مقاله ۱۳۹۸/۱۱/۰۲

چکیده

مقدمه و اهداف

عملکرد پا تا حد زیادی به شکل آن بستگی دارد، صافی کف پا یکی از تغییرات قوس طولی پا است که در حفظ تعادل بدن نقش دارد. ارتعاش کل بدن با اعمال نوسانات مکانیکی سینوسی بر کل بدن موثر است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تاثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل ایستا در افراد مبتلا به صافی کف پا حین و بعد از سن رشد در شرایط خستگی می باشد.

مواد و روش ها

در مطالعه حاضر ۸۰ نفر دارای صافی کف پا که شامل ۴۰ زن و ۴۰ مرد زیر ۱۸ سال با میانگین سنی $15 \pm 1/24$ و ۴۰ زن و مرد بالای ۲۰ سال با میانگین سنی $22/57 \pm 2/48$ بودند، به طور تصادفی در دو گروه مداخله و کنترل قرار گرفتند؛ گروه مداخله به مدت ۴ هفته توسط دستگاه ارتعاش کل بدن مورد مداخله قرار گرفت. در گروه کنترل حین سن رشد و بعد سن رشد هیچ مداخله ای انجام نشد و از آنها خواسته شد در این دوره تنها به فعالیت های روزمره و عادی خود بپردازند. پروتکل خستگی روی تردمیل انجام شد و ارزیابی تعادل توسط دستگاه بایودکس صورت گرفت. متغیرهای محاسبه شده شامل شاخص های کلی، قدمی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل بود.

یافته ها

نتیجه آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر و آزمون بون فرونی نشان داد که میانگین شاخص های کلی، قدمی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل در گروه مداخله نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($P < 0/001$) و همچنین شاخص های تعادل ایستا در گروه مداخله زیر ۱۸ سال نسبت به گروه مداخله بالای ۲۰ سال افزایش معناداری نشان داد ($P < 0/001$).

نتیجه گیری

از هول بادی وایبریشن می توان جهت بهبود تعادل ایستای افراد مبتلا به صافی کف پا حتی در شرایط خسته استفاده نمود.

واژگان کلیدی

ارتعاش کل بدن؛ تعادل ایستا؛ صافی کف پا؛ خستگی

نویسنده مسئول: دکتر سید کاظم موسوی ساداتی، استادیار رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد

تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پست الکترونیکی: drmousavisadati@gmail.com

مقدمه و اهداف

کف پای صاف منعطف یا تغییرپذیر، اصطلاحی است که جهت توصیف قوس طولی-داخلی غیرطبیعی یا قوس طولی کم ارتفاع پا به کار می‌رود. در این ضایعه قوس طولی کف پا هنگام تحمل وزن از بین رفته و قسمت داخلی کف پا با زمین تماس پیدا می‌کند.^[۱،۲] مطالعات قبیل نشان دادند که حدود ۲۰٪ از جمعیت بزرگسالان به صافی کف پا دچار هستند که ۱۲/۸٪ از بزرگسالان با صافی کف پا را مردان و ۱۴/۴٪ را زنان تشکیل می‌دهند.^[۳] با وجود این که پا فقط حدود پنج درصد از کل سطح بدن انسان را تشکیل می‌دهد، مسئول کنترل پاسچر و حفظ تعادل فرد از طریق اطلاعات دریافتی از حس‌های کف پای است.^[۴] از طرفی دیگر، بیان شده است تعادلی که در حالت ایستاده در زنجیره حرکتی بسته حفظ می‌شود و به بازخورد ادغام‌شده حرکات مفاصل لگن، زانو و مچ پا متکی است، ممکن است در اثر اختلال در ارسال اطلاعات حسی آوران یا اختلال در قدرت و استحکام مکانیکی هر یک از مفاصل یا ساختار متعلق به اندام تحتانی مختل شود.^[۵،۶] همچنین کف پای صاف، کیفیت زندگی و کارکردهای سلامت فرد را تحت تاثیر قرار داده و می‌تواند شرایط ناتوان‌کننده‌ای را برای افراد ایجاد نماید.^[۷] محققین در تحقیقات خود تاثیر کف پای متفاوت را بر تعادل ایستا و پویای افراد سنجیده و این‌گونه گزارش کرده‌اند که تعادل در افراد مبتلا به ناهنجاری کف پای صاف و گود نسبت به کف پای طبیعی کمتر است.^[۸،۹] مطالعه هاریسون^۱ نشان داد که هرچه میزان صافی قوس پا بیشتر باشد، تعداد نوسانات فرد جهت حفظ تعادل بر روی دستگاه کنترل وضعیت بیشتر است؛ به عبارتی دیگر، تعادل به میزان بیشتری مختل می‌گردد.^[۱۰] از آنجایی که در عارضه صافی کف پا، قوس طولی-داخلی کف پا کاهش یافته و یا از بین می‌رود، ایستادن‌های طولانی‌مدت، موجب ایجاد درد و خستگی در فرد می‌شود.^[۱۱، ۱۲] طبق مطالعات انجام‌شده، قوس‌های موجود در کف پا، تکان‌ها و نیروهای وارده از زمین را جذب می‌کند؛ لذا افراد با قوس طبیعی کف پا، در مقایسه با افراد بدون قوس طبیعی، مدت طولانی‌تری روی پا می‌ایستند، فعالیت حرکتی بیشتری انجام می‌دهند و دیرتر خسته می‌شوند.^[۱۳، ۱۴] از طرفی دیگر، محققان از اختلال در نحوه توزیع مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین و به دنبال آن تغییر نیروی عضلات فعال در راه رفتن، به عنوان علل ایجاد خستگی در عضلات پا و احساس درد در افراد مبتلا به کف پای صاف یاد می‌کنند.^[۱۵]

طبق مطالعات انجام‌شده پیشین، جهت بهبود تعادل می‌توان از روش ارتعاش کل بدن یا Whole Body Vibration (WBV) استفاده کرد. WBV یک روش جدید توانبخشی است که به‌صورت و بی‌ریزش مکانیکی با شدت و فرکانس پایین به شکل موج‌های سینوسی اعمال می‌شود و یک روش امن و موثر در آموزش و بارگذاری سیستم عصبی-عضلانی است.^[۱۶، ۱۷] در میان مطالعات انجام‌شده گذشته، بعضی مطالعات نشان داده‌اند که ارتعاش‌درمانی می‌تواند تعادل افراد را بهبود بخشد و قدرت عضلانی را افزایش دهد که این اثرات حتی بلافاصله بعد از تمرین ارتعاش کل بدن مشاهده شده است.^[۱۸] لذا با توجه به اثرات ذکرشده در مطالعات فوق مبنی بر اثر نوع کف پای افراد در تعادل و ایجاد خستگی و همچنین مطالعات ذکرشده در مورد اثر ارتعاش کل بدن بر تعادل، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ارتعاش کل بدن بر تعادل ایستای افراد مبتلا به صافی کف پا حین و پس از سن رشد (گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال) در شرایط خستگی طراحی گردیده است تا ضمن بررسی اثر ارتعاش در مبتلایان به صافی کف پا اثر ارتعاش در سنین رشد و بعد آن نیز بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

مراحل پژوهش حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی سمنان به شماره ۱۳۹۷/۲۶۶ مورد تایید قرار گرفت و در سایت کارآزمایی بالینی با شماره ۲۰۱۶۰۸۰۸۰۲۹۲۶۴N ثبت شد، سپس این مطالعه در مرکز تحقیقات عصبی-عضلانی دانشگاه علوم پزشکی سمنان انجام شد. این پژوهش از نوع کارآزمایی بالینی بود که ۸۰ نفر از زنان و مردان دارای صافی کف پای منعطف در دو گروه سنی در حال رشد و پس از سن رشد، در دو گروه مداخله و کنترل به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفتند. گروه مداخله شامل ۴۰ نفر مرد و زن در دو گروه ۲۰ نفره بود؛ یک گروه با سن زیر ۱۸ سال و در محدوده سن رشد و یک گروه با سن بالاتر از ۲۰ سال و در محدوده سنی بالاتر از سن رشد بودند. گروه کنترل نیز شامل ۴۰ نفر مرد و زن در دو گروه ۲۰ نفره بود، یک گروه با محدوده سنی زیر ۱۸ سال و یک گروه با محدوده سنی بالاتر از ۲۰ سال بودند. نمونه‌ها به‌صورت داوطلبانه و پس از تکمیل فرم رضایت آگاهانه و با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج در مطالعه کنونی شرکت کردند. گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال از بین دانش‌آموزان دختر و پسر مدارس و گروه‌های سنی بالاتر از ۲۰ سال از بین دانشجویان دختر و پسر دانشگاه علوم پزشکی سمنان انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان با انجام همسان‌سازی در فاکتورهای سن و جنس و با استفاده از بلوک‌های تصادفی به ۴ گروه (دو گروه مداخله و دو گروه کنترل) تقسیم شدند.

¹ Harrison

معیارهای ورود به مطالعه حاضر شامل افراد دارای صافی کف پا، با ایندکس FPI یا شاخص صافی کف پای بالاتر از ۶، قرار گرفتن در محدوده سنی ۱۳ تا ۱۸ سال و ۲۰ تا ۳۰ سال، نداشتن تاریخچه‌ای از بدشکلی‌های مادرزادی در اندام تحتانی، نداشتن بیماری سیستماتیک که وضعیت اندام تحتانی یا پا را تحت تاثیر قرار دهد و نداشتن تاریخچه‌ای از ضربه و درد در هر یک از پاها، اندام تحتانی و ناحیه کمری-خاجی حداقل ۱۲ ماه قبل از شروع مطالعه بود.^[۱۹، ۲۰]

معیارهای خروج از مطالعه حاضر شامل عدم تمایل افراد به ادامه کار در هر مرحله از اجرای مطالعه، بروز هر گونه آسیب و یا بیماری به نحوی که روی تعادل موثر باشد، عدم تحمل ارتعاش توسط شرکت‌کنندگان و احساس درد و ناراحتی حین ارتعاش بود.^[۲۰] قبل از شروع مطالعه داوطلبان با اهداف و مراحل مطالعه آشنا شدند و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و پرسش‌نامه مشخصات فردی، وارد مطالعه شدند. مطالعه حاضر با شرکت داوطلبانه افراد مبتلا به صافی کف پا انجام گرفت و به منظور تعیین شدت صافی کف پا از شاخص FPI استفاده شد. در این شاخص از ۶ معیار کلینیکی استفاده شده است که شامل لمس سر استخوان تالوس، قوس بالا و پایین مائلول خارجی، وضعیت استخوان کالکائوس در صفحه فرونتال، برجستگی در ناحیه مفصل تالونویکولار، تجانس در قوس طولی-داخلی و ابداعش و ابداعش Forefoot بر روی Rearfoot بود.

برای امتیازدهی طبق دستورالعمل، برای هر معیار از بازه عددی +۲ تا -۲ استفاده شد که در این بازه، عدد ۰- به وضعیت سوپینشن کامل پا، عدد +۲ به وضعیت پرونیشن کامل پا و عدد صفر به وضعیت طبیعی تعلق گرفت. سپس از لحاظ شدت صافی قوس کف پا Matching انجام شد و افراد با امتیاز بالاتر از ۶ وارد مطالعه شدند. در ادامه، پای غالب افراد شرکت‌کننده در پژوهش توسط شوت کردن یک توپ به سمت هدف تعیین شد.^[۲۱، ۲۲] مشخصات دموگرافیک افراد، با استفاده از متر نواری و ترازوی دیجیتال ثبت گردید. سپس افراد شرکت‌کننده مبتلا به صافی کف پا در مطالعه، به طور تصادفی به ۴ گروه مساوی (دو گروه مداخله حین سن رشد و بعد از سن رشد و دو گروه کنترل حین سن رشد و بعد از سن رشد) تقسیم شدند؛ گروه‌ها از لحاظ جنسیت، سن، قد و وزن با هم جور شدند. دو گروه مداخله حین و بعد از سن رشد به مدت چهار هفته سه جلسه‌ای تحت مداخله توسط دستگاه ارتعاش کل بدن یا WBV قرار گرفتند. در دو گروه کنترل حین سن رشد و بعد از سن رشد هیچ مداخله‌ای انجام نشد و از آنها خواسته شد در این دوره تنها به فعالیت‌های روزمره و عادی خود بپردازند. تعادل گروه‌های مداخله در جلسه اول قبل از مداخله، قبل و بعد از اجرای پروتکل خستگی و در جلسه آخر نیز بعد از ۱۲ جلسه مداخله، قبل و بعد از اجرای پروتکل خستگی توسط دستگاه بایودکس ارزیابی شد، همچنین تعادل در دو گروه کنترل، در جلسه اول قبل و بعد از اجرای پروتکل خستگی و در جلسه آخر نیز قبل و بعد از اجرای پروتکل خستگی توسط دستگاه بایودکس مورد سنجش قرار گرفت. جهت رعایت جنبه اخلاقی مطالعه پس از اتمام ارزیابی در جلسه آخر، دو گروه کنترل تحت آموزش با روش‌های تقویت عضلات کف پا قرار گرفتند.

برای ایجاد خستگی عمومی، از پروتکل بروس^۲ بر روی تردمیل استفاده شد که حداکثر دارای ۷ مرحله و مدت هر مرحله ۳ دقیقه است. در این پروتکل افزایش شدت فعالیت از یک مرحله به مرحله بعدی، با افزایش سرعت و شیب همراه است. نخستین مرحله با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت و شیب ۱۰ درصد آغاز، سپس سرعت و شیب دستگاه با یک نسبت ثابت در هر مرحله افزایش یافت. در اجرای این آزمون، شرکت‌کنندگان تا حد واماندگی به فعالیت خود ادامه دادند و سپس فعالیت متوقف شد.^[۲۳، ۲۴]

در گروه مداخله یا ارتعاش درمانی از دستگاه ارتعاش کل بدن مدل FITVIB ساخت کشور آلمان استفاده شد. هنگام مداخله آزمودنی روی سکوی ارتعاش ایستاد، در حالی که پاها از هم ۳۳cm فاصله داشتند (هر پا از نقطه مرکزی تکیه‌گاه ۱۶/۵ سانتی‌متر فاصله داشت) و فرد وضعیت نیمه‌چمباتمه به خود گرفت (زانوها در فلکشن ۳۰ درجه). این وضعیت خم کردن زانوها علاوه بر اینکه روشی وضعیتی برای کاهش انتقال ارتعاش به سر و نیز جلوگیری از کمردرد است، برای افزایش کارایی و راحتی فرد هم مناسب است. زاویه فلکشن زانو توسط گونیامتر اندازه‌گیری شد. در این وضعیت با فرکانس ۳۵ هرتز، دوره‌های ۶۰ ثانیه اعمال ارتعاش با ۶۰ ثانیه استراحت بین هر دوره و ۱۰ تکرار انجام شد. درمان به مدت چهار هفته و هر هفته سه جلسه انجام شد.^[۲۵، ۲۶]

تعادل ایستا توسط دستگاه بایودکس^۳ ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری و ثبت شد. اعتبار این دستگاه در مطالعات قبلی بررسی شده و از اعتبار بالایی برخوردار است.^[۲۷] آزمودنی قبل از ارزیابی با روش انجام آزمون آشنا گردید، سپس با پای برهنه بر روی دستگاه راحت ایستاد و صفحه نمایش دستگاه با توجه به قد وی تنظیم شد و فرد با جابه‌جایی تنه سعی کرد که نقطه مرکز فشار واقع در صفحه نمایش را در مرکز دایره‌های واقع در صفحه نمایش قرار دهد. سپس فرد برای بار اول در این وضعیت ثابت مانده و وضعیت پاشنه و زاویه پنجه بر روی دستگاه اندازه‌گیری و ثبت شد تا برای تمام اندازه‌گیری‌ها از یک وضعیت ثابت استفاده گردد. سپس تعادل شرکت‌کنندگان در حالت ایستا اندازه‌گیری شد.

² Bruce Protocol

³ Biodex Balance System

برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16.0 استفاده شد. بررسی شکل توزیع داده‌ها و مقایسه آن با توزیع نرمال با استفاده از تست شاپیرو-ویلک^۴ انجام شد. برای بررسی روند تغییرات متغیرهای وابسته از آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد و در ادامه برای انجام مقایسات متعاقب چندگانه از آزمون بون فرونی^۵ استفاده شد.

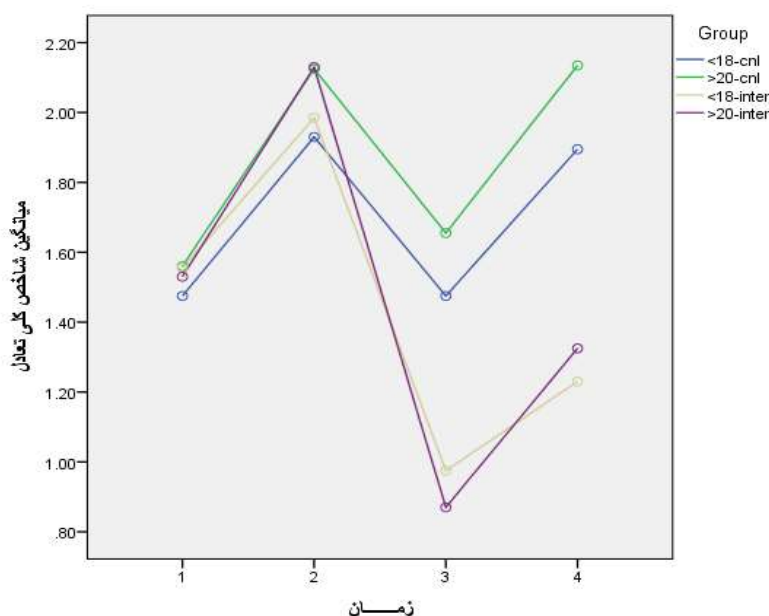
یافته‌ها

مقایسه درون گروهی میانگین شاخص کلی تعادل، قبل و بعد از ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن در شرایط خسته و غیرخسته به تفکیک گروه‌ها، بر اساس مدل آزمون آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری نشان داد که در گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال در گروه‌های مداخله و شاهد تفاوت معنادار است؛ از طرفی دیگر، مقایسه بین گروهی میانگین‌ها در شاخص کلی تعادل نشان داد که قبل از مداخله در شرایط غیرخسته تفاوت معنادار نبود، ولی قبل از مداخله در شرایط خسته و بعد از مداخله در شرایط خسته و غیرخسته تفاوت معنادار بود (جدول و نمودار ۱).

جدول ۱: مقایسه میانگین و انحراف معیار شاخص کلی تعادل قبل و بعد از مداخله در شرایط غیرخسته و خسته به تفکیک گروه‌ها

سن	گروه	شاخص کلی در شرایط غیرخسته		شاخص کلی در شرایط خسته		P*	P**
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	قبل از مداخله	بعد از مداخله		
زیر ۱۸ سال	مداخله	۱/۵۵±۰/۱۴	۰/۸۷±۰/۱۱	۱/۹۸±۰/۱۵	۱/۲۳±۰/۱۷	<۰/۰۰۱	۰/۰۴
	شاهد	۱/۴۷±۰/۱۵	۱/۴۷±۰/۱۰	۱/۹۳±۰/۲۰	۱/۸۹±۰/۱۶	۱	۱
	P†	۰/۵۲۱	<۰/۰۰۱	۱	<۰/۰۰۱	-	-
بالای ۲۰ سال	مداخله	۱/۵۳±۰/۱۳	۰/۹۷±۰/۱۴	۲/۱۳±۰/۱۶	۱/۲۳±۰/۱۳	<۰/۰۰۱	۰/۰۳
	شاهد	۱/۵۶±۰/۱۶	۱/۶۵±۰/۲۹	۲/۱۲±۰/۲۰	۲/۱۳±۰/۲۴	۱	۱
	P†	۱	<۰/۰۰۱	۱	<۰/۰۰۱	-	-
کل	P†	۰/۰۳	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	-

*مقایسه درون گروه‌ها بر اساس مدل آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری **آزمون متعاقب بون فرونی برای مقایسات متعدد درون گروه‌ها
† مقایسه بین گروه‌ها بر اساس مدل آنالیز واریانس †آزمون متعاقب بون فرونی برای مقایسات متعدد بین گروه‌ها



نمودار ۱: تغییرات میانگین برآورد شده برای شاخص کلی تعادل در هر یک از گروه‌های مورد مطالعه به تفکیک زمان اندازه‌گیری بر اساس مدل آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری

⁴ Shapiro-Wilk

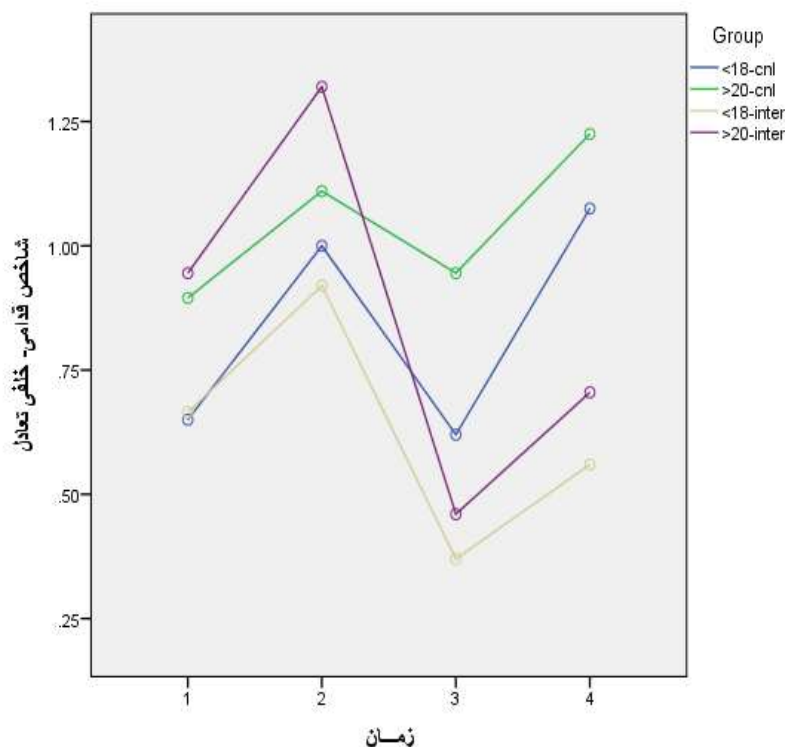
⁵ Bonferroni

مقايسه درون گروهی میانگین و انحراف معيار شاخص قدامی-خلفی تعادل، قبل و بعد از ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن در شرايط خسته و غيرخسته به تفكيك گروهها، بر اساس مدل آنايليز واريانس با مشاهدات تكراری نشان داد كه در گروههای مداخله در سنين ۱۸ و ۲۰ سال، تفاوت معنادار است، اما در گروه شاهد معنادار نشد؛ از طرفی ديگر، مقايسه بين گروهی میانگینها در شاخص قدامی-خلفی تعادل نشان داد كه بين گروههای سنی زیر ۱۸ و بالای ۲۰ سال قبل و بعد از مداخله و شرايط خسته و غيرخسته تفاوت معنادار است (جدول و نمودار ۲).

جدول ۲: مقايسه میانگین و انحراف معيار شاخص قدامی-خلفی تعادل قبل و بعد از مداخله در شرايط غيرخسته و خسته به تفكيك گروهها

سن	گروه	شاخص قدامی-خلفی در شرايط غيرخسته			شاخص قدامی-خلفی در شرايط خسته			کل
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	
زیر ۱۸ سال	مداخله	۰/۶۶±۰/۱۱۳	۰/۳۷±۰/۱۰	<۰/۰۰۱	۰/۹۲±۰/۱۵	۰/۵۶±۰/۰۹	<۰/۰۰۱	P*
	شاهد	۰/۶۵±۰/۱۱۲	۰/۶۲±۰/۱۱۱	۱	۱/۰۰±۰/۱۵	۱/۰۷±۰/۱۹	۱	P**
	P†	۱	<۰/۰۰۱	-	۰/۹۸۴	<۰/۰۰۱	-	-
بالای ۲۰ سال	مداخله	۰/۹۴±۰/۱۰	۰/۴۶±۰/۰۷	<۰/۰۰۱	۱/۳۲±۰/۱۷	۰/۷۰±۰/۰۸	<۰/۰۰۱	P*
	شاهد	۰/۸۹±۰/۱۱۷	۰/۹۴±۰/۱۲۶	۱	۱/۱۱±۰/۲۳	۱/۲۲±۰/۲۴	۰/۹۴۷	P**
	P†	۱	<۰/۰۰۱	-	۰/۲۳۳	<۰/۰۰۱	-	-
کل	P†	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	-

*مقايسه درون گروهها بر اساس مدل آنايليز واريانس با مشاهدات تكراری **آزمون متعاقب بون فرونی برای مقايسات متعدد درون گروهها
† مقايسه بين گروهها بر اساس مدل آنايليز واريانس †آزمون متعاقب بون فرونی برای مقايسات متعدد بين گروهها



نمودار ۲: تغييرات میانگین برآوردشده برای شاخص قدامی-خلفی تعادل در هر يك از گروههای مورد مطالعه به تفكيك زمان اندازه‌گیری بر اساس مدل آنايليز واريانس با مشاهدات تكراری

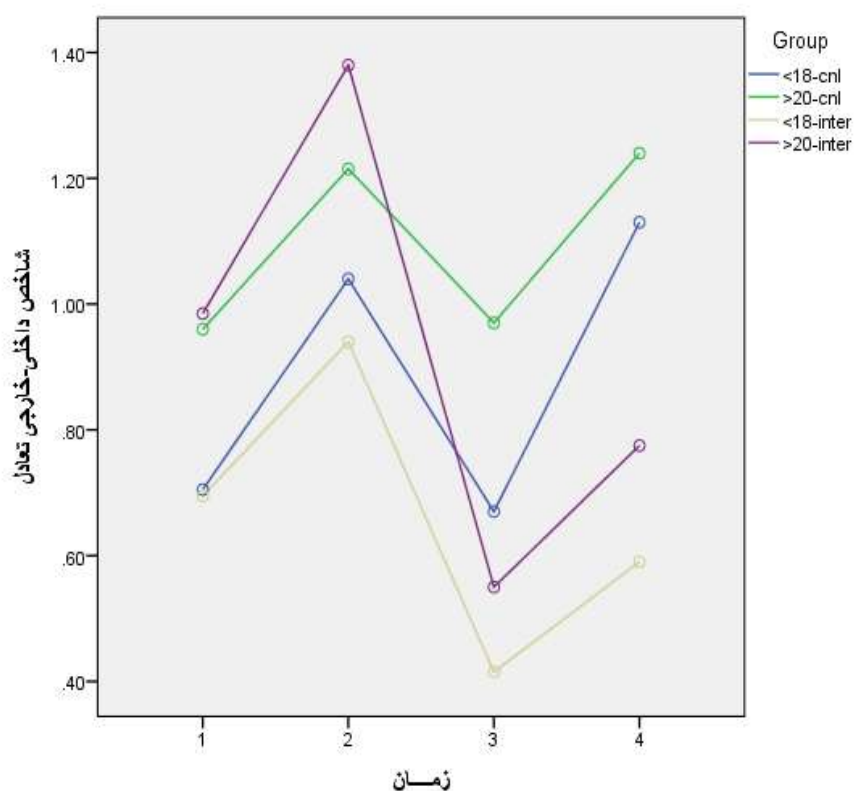
مقايسه درون گروهی میانگین و انحراف معيار شاخص داخلی-خارجی تعادل، قبل و بعد از ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن در شرايط خسته و غيرخسته به تفكيك گروهها، بر اساس مدل آنايليز واريانس با مشاهدات تكراری نشان داد كه در گروههای سنی زیر ۱۸ سال و بالای

۲۰ سال در گروه‌های مداخله و شاهد تفاوت معنادار است؛ از طرفی دیگر، مقایسه بین گروهی میانگین‌ها در شاخص داخلی-خارجی تعادل نشان داد که دو گروه سنی قبل و بعد از مداخله و شرایط خسته و غیرخسته تفاوت معناداری با هم دارند (جدول و نمودار ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین و انحراف معیار شاخص داخلی-خارجی تعادل قبل و بعد از مداخله در شرایط غیرخسته و خسته به تفکیک گروه‌ها

سن	گروه	شاخص داخلی-خارجی در شرایط غیرخسته			شاخص داخلی-خارجی در شرایط خسته			کل
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	
زیر ۱۸ سال	مداخله	۰/۶۹±۰/۱۲	۰/۴۱±۰/۱۰	<۰/۰۰۱	۰/۹۴±۰/۲۴	۰/۵۹±۰/۱۰	<۰/۰۰۱	
	شاهد	۰/۷۰±۰/۱۳	۰/۶۷±۰/۱۳	۱	۱/۰۴±۰/۱۸	۱/۱۳±۰/۱۳	<۰/۰۰۱	
	P‡	۱	<۰/۰۰۱	-	۱	<۰/۰۰۱	-	
بالای ۲۰ سال	مداخله	۰/۹۸±۰/۰۹	۰/۵۵±۰/۰۷	<۰/۰۰۱	۱/۳۸±۰/۲۰	۰/۷۷±۰/۰۹	<۰/۰۰۱	
	شاهد	۰/۹۶±۰/۲۰	۰/۹۷±۰/۲۱	۱	۱/۰۴±۰/۱۸	۱/۲۴±۰/۲۵	۱	
	P‡	۱	<۰/۰۰۱	-	۰/۱۴۸	<۰/۰۰۱	-	
کل	P†	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	-	

*مقایسه درون گروه‌ها بر اساس مدل آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری **آزمون متعاقب بون فرونی برای مقایسات متعدد درون گروه‌ها †مقایسه بین گروه‌ها بر اساس مدل آنالیز واریانس ‡آزمون متعاقب بون فرونی برای مقایسات متعدد بین گروه‌ها



نمودار ۳: تغییرات میانگین برآوردشده برای شاخص داخلی-خارجی تعادل در هر یک از گروه‌های مورد مطالعه به تفکیک زمان اندازه‌گیری بر اساس مدل آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری

مقایسه میانگین شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل بین سنین زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال در گروه مداخله و شاهد به صورت مقایسه دو به دو میان گروه‌ها بر اساس آزمون متعاقب بون فرونی نشان داد که تفاوت تفاضل در گروه مداخله بین گروه‌های زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال معنادار است، ولی در گروه شاهد معنادار نیست (جدول ۴).

جدول ۴: میانگین و خطای معیار تفاضل شاخص کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل بین سنین زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال به تفکیک گروه مداخله و شاهد بر اساس آزمون متعاقب بون فرونی

گروه	شاخص تعادل	میانگین تفاضل بین سنین (I-J)	خطای معیار تفاضل	P
مداخله	کلی	-۰/۲۷۵	+۰/۳۸۹۶	<۰/۰۰۱
	قدامی-خلفی	-۰/۲۲۸۸	+۰/۳۰۵۰	<۰/۰۰۱
	داخلی-خارجی	-۰/۲۶۲۵	+۰/۳۴۴۹	<۰/۰۰۱
شاهد	کلی	-۰/۱۷۵۰	+۰/۳۸۹۶	+۰/۲۳۱
	قدامی-خلفی	-۰/۱۰۷۶	+۰/۳۰۵۰	+۰/۱۰۱
	داخلی-خارجی	-۰/۱۱۰۰	+۰/۳۴۴۹	+۰/۱۷۴

بحث

تأثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل ایستای افراد مبتلا به صافی کف پا در سنین رشد و بعد از آن، در شرایط غیرخسته و خسته بررسی گردید. نتایج به دست آمده به شرح زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

- استفاده از ارتعاش کل بدن در گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال مبتلا به صافی کف پا، باعث افزایش معنادار تعادل ایستا در شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی گردید:

هنگام ارتعاش کل بدن، تحریک مکانیکی به کل بدن منتقل می‌شود و انتهای اولیه دوک‌های عضلانی را تحریک می‌کند که باعث فعال شدن نورون‌های حرکتی آلفا شده و منجر به انقباضات عضلانی می‌گردد. همچنین ارتعاش، از طریق فراهم آوردن تحریک حسی قوی، دوک‌های عضلانی را فعال کرده و حس عمقی را ارتقاء می‌دهد که در نهایت منجر به بهبود کنترل پاسچر و تعادل می‌گردد.^[۲۸]

پژوهش انجام شده توسط Sierra و همکاران که به بررسی تأثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل ورزشکاران با بی‌ثباتی مچ پا پرداخته بودند، هم‌راستا با مطالعه حاضر اثر ارتعاش کل بدن بر افزایش تعادل در شاخص‌های کلی و قدامی-خلفی را تایید می‌کند.^[۲۹] همچنین مطالعه‌ای که توسط Wallmann و همکاران که در مورد تأثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل و قدرت و چالاکی بزرگسالان صورت گرفت نیز با نتیجه مطالعه حاضر مبنی بر تأثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل هم‌خوانی دارد.^[۳۰] مطالعات انجام شده دیگر توسط Ramos و Karim و Ko و MC به همین ترتیب تأثیر ارتعاش کل بدن بر تعادل را تایید می‌نمایند.^[۳۱-۳۳]

در این میان مطالعاتی نیز هستند که تأثیر خاصی را بعد از ارتعاش در جهت بهبود تعادل نشان نمی‌دهند. برای نمونه، برای مثال در مطالعه -ای که توسط Bogaerts و همکاران به منظور بررسی اثر پنج جلسه ارتعاش کل بدن روی کنترل پاسچر ۲۲۰ فرد مسن صورت گرفت، نتایج مطالعه برتری معناداری را در تعادل و کنترل پاسچر گروه مداخله نشان نداد.^[۳۴] تناقضات در مورد تأثیر ارتعاش کل بدن در تعادل و عدم برتری در تعادل و کنترل پاسچر در این مطالعه را می‌توان به تفاوت گروه‌های مورد مطالعه و مدت اجرای مداخله و وسایل ارزیابی در این مطالعه نسبت داد.

در مطالعه دیگری که توسط Santos و همکاران برای بررسی اثرات ارتعاش کل بدن بر روی سیستم حسی-حرکتی و ثبات ستون فقرات انجام شده بود، مشخص گردید که ارتعاش بر روی متغیرهای بیومکانیکی تعادل، خستگی و پاسخ رفلکسی اثر معناداری نداشته است.^[۳۵] -همچنین یافته‌های اولیه مطالعه حاضر نشان داد که ارتعاش کل بدن در شرایط غیرخسته و خسته، تعادل ایستای افراد مبتلا به صافی کف پا را در شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی به طور معناداری افزایش داده است؛ به عبارتی دیگر، ارتعاش کل بدن در شرایط خستگی نیز توانسته تعادل ایستا را افزایش دهد.

علت موثر بودن ارتعاش در بهبود تعادل در شرایط خستگی می‌تواند به تاخیر افتادن شروع خستگی و یا کاهش خستگی بعد از ارتعاش باشد. Dolny در مطالعه خود بیان داشت که تمرین با استفاده از ارتعاش کل بدن می‌تواند فعالیت عضلانی و در نتیجه عملکرد عضلانی را در ضایعات حاد و مزمن بهبود بخشد.^[۳۶] ارتعاش این اثر را از طریق سازوکارهایی مانند بهبود عملکرد عصب-عضله، سازماندهی مجدد فیبرهای عضلانی و افزایش تولید مواد تحریکی توسط سلول‌های ترشحی انجام می‌دهد.^[۳۷] لذا طبق مطالعه Yamazaki می‌توان این طور بیان نمود که ارتعاش کل بدن باعث بهبود نیروی عضلانی شده و از این طریق شروع خستگی را به تاخیر انداخته است.^[۳۸]

در مطالعه Casale و همکاران، ارتعاش با فرکانس بالا (۳۰۰ هرتز) برای ۳۰ دقیقه و در ۵ روز متوالی روی عضلات بایسپس ۱۰ مرد سالم اعمال شد؛ نتایج نشان داد که وقتی عضله به طور ارادی در ۶۰٪ حداکثر انقباض ارادی خسته می‌شود، ارتعاش باعث افزایش سرعت هدایت عصبی و کاهش خستگی می‌شود.^[۳۹]

همچنین در مطالعه‌ای که توسط Gabriel و همکاران به منظور بررسی اثر ارتعاش تاندون بر روی گشتاور ایزومتریک و فعالیت EMG در عضلات تریسپس خسته انجام شده بود، نتایج نشان داد که ارتعاش تاندون توانسته تا اثر خستگی عضلات را کاهش دهد.^[۴۰] نتایج حاصل از بررسی بین گروهی قبل از مداخله نشان داد که میانگین تعادل ایستا در شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی در شرایط غیرخسته و خسته در هر یک از گروه‌های زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال مبتلا به صافی کف پا معنادار نبود، ولی در بررسی کلی بین گروه‌های سنی تفاوت معنادار بود که علت معناداری تفاوت می‌تواند اختلاف سنی گروه‌های سنی باشد. همچنین در بررسی درون گروهی گروه‌های کنترل در شرایط خسته و غیرخسته به صورت مجزا، مشخص شد که تفاوت معناداری در تعادل ایستا وجود ندارد، ولی در مقایسه درون گروهی گروه‌های شاهد بین شرایط غیرخسته و خسته، تفاوت معنادار بود، به طوری که تعادل ایستا بعد خستگی نسبت به قبل خستگی به طور معناداری کاهش یافته بود. علت این تفاوت معنادار در تعادل ایستا می‌تواند به دلیل اثرات خستگی بر تعادل ایستای شرکت‌کنندگان در وضعیت ایستاده بر روی دستگاه بایودکس باشد. احتمالاً ایجاد خستگی در عضلات مربوط به میچ پا از یک طرف باعث کاهش گشتاور درونی این عضلات شده و از طرف دیگر می‌تواند در فراخوانی اطلاعات مربوط به حس عمقی به مراکز کنترل تعادل متعاقب کاهش عملکرد عصب-عضله، اختلال ایجاد کند؛ لذا از این طریق باعث کاهش تعادل افراد متعاقب ایجاد خستگی شده است. این امر در مطالعات گذشته نیز مورد تأکید قرار گرفته است. در پژوهشی که توسط Lacey و همکاران در بررسی اثر خستگی بر تعادل ایستای ۱۹ ورزشکار با سابقه آسیب میچ پا انجام شد، نتایج نشان داد که خستگی باعث کاهش معنادار در تعادل ایستای ورزشکاران شده است.^[۴۱] نتایج مطالعه Ercan و همکاران که به منظور بررسی تاثیر میزان خستگی بر تعادل و تحرک عملکردی در ۹۸ زن میانسال انجام شد، نشان داد که خستگی باعث کاهش معنادار تعادل ایستا می‌گردد.^[۴۲] مطالعه دیگری که توسط Gulle و همکاران انجام شد نیز اثر پروتوکل خستگی در کاهش تعادل ایستا را تأیید کرد.^[۴۳] ولی مطالعه Ozer و همکاران که به بررسی تاثیر خستگی بر تعادل ایستای ۱۰ کشتی‌گیر حرفه‌ای جوان پرداخت، نشان داد که خستگی بر تعادل ایستای ورزشکاران تاثیر معناداری نداشته است.^[۴۴] علت این عدم معناداری را می‌توان متاثر از نوع نمونه‌ها در این مطالعه که از ورزشکاران حرفه‌ای بودند و همچنین تعداد کم نمونه‌ها دانست.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارتعاش کل بدن می‌تواند شاخص‌های تعادل ایستا را در افراد مبتلا به صافی کف پا در هر دو گروه سنی و حتی بعد از خستگی افزایش دهد؛ بنابراین مداخله توسط ارتعاش کل بدن جهت بهبود و جبران تعادل ایستا در مبتلایان به صافی کف پا به عنوان یک روش درمانی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمام آزمودنی‌ها که در انجام پژوهش حاضر همکاری نمودند و همچنین از مرکز تحقیقات عصبی-عضلانی تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

1. Zhai JN, Qiu YS, Wang J. Effects of orthotic insoles on adults with flexible flatfoot under different walking conditions. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(11): 3078-83.
2. Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2005; 44(2): 78-113.
3. Aenumulapalli A, Kulkarni MM, Gandotra AR. Prevalence of flexible flat foot in adults: a cross-sectional study. *J Clin Diagn Res*. 2017; 11(6): Ac17-Ac20.
4. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, et al.: Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture*, 2013, 37: 445-451.
5. Nakhostin-Roohi B, Hedayati S, Aghayari A. The effect of flexible flat-footedness on selected physical fitness factors in female students aged 14 to 17 years. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2013; 8(3): 788-96.
6. Kim E-K, 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): 3136-9.
7. Pita-Fernandez S, Gonzalez-Martin C, Alonso-Tajes F, et al. Flat foot in a random population and its impact on quality of life and functionality. *J Clin Diagn Res*. 2017; 11(4): Lc22-Lc27. [published Online First: Epub Date].
8. Khodaveysi, H. The Effect of foot Abnormalities on Dynamic Balance in Adolescent Girls. *Research in Sport Sciences*. 2009; 99-112. [In Persian].
9. Babakhani, F. The effect of central body muscle fatigue on balance and endurance in women athletes. *Journal of Medical Sciences, Kurdistan University*. 2015; Volume. 20, 65-77. [In Persian]

10. Harrison, P.-L. and C. Littlewood, Relationship between pes planus foot type and postural stability. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 2010. 4(3): p. 21-4.
11. Dehghani F, Saeedi H. [Investigating the Influence of prefabricated insole with medial flange on forefoot and rearfoot alignment changes at females with flexible flat foot. *Journal of Rehabilitation*. 2015; 15(4):70-77. [In Persian]
12. Aboutorabi AT, Zarezadeh F, Saeedi H, Maleki M, Fardipour S. [Effect of orthopedic shoe and functional foot orthosis on static equilibrium in flexible flat foot juvenile. *Journal of Rehabilitation*. 2014; 15(3):10-17. [In Persian]
13. Bonnie Y, San T, Boone DA. Quantitative comparison of plantar foot shape under different weightbearing condition. *Journal rehabilitation research & develop*.2000;40:628-526.
14. Razineghi M, Batt ME. Foot type classification; a critical review of current methods. *Gait and Posture*. 2004; 15:282-291.
15. Fan Y, Fan Y, Li Z, Lv C, Luo D. Natural gaits of the non-pathological flat foot and high-arched foot. *PLoS one*; 2011.6(3):e17749.
16. Bullock, N., et al., Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. *J Strength Cond Res*, 2008. 22(4): p. 1371-4.
17. Adams, J.B., et al., Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *J Strength Cond Res*, 2009. 23(1): p. 237-45.
18. Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, Takeda T, Sato Y, Iwamoto J. Effect of whole body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med* 2007; 1:28-33.
19. Bakhtiary AH, Fatemi E, Soltani AR. Genu varum deformity may increase postural sway and falling risk. *Koomesh* 2012; 13: 330-338. [In Persian]
20. Zende del A, Hedayati R, Bakhtiary AH, Mirmohammadkhani M, Hajihassani A. The effect of whole body vibration on torque of evertor and invertor muscles of ankle in low arched feet. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 24: 189-204. [In Persian]
21. Lin WH, Liu YF, Hsieh CC, Lee AJ. Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and nondominant limbs of young adults. *J Sci Med Sport* 2009; 12(1): 42-49.
22. Lee AJ, Lin WH. Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008; 23(8):1065-1072.
23. Saghebjoor M, Dadi Khaliran Z, Afzalpour ME, Hedayati M, Yaghoubi A. Comparison of some prognostic markers of cardiovascular diseases to morning and evening Bruce treadmill test in women. *J Birjand Univ Med Sci*. 2013; 20: 252-61.
24. Nourbakhsh P, Sepasi H, Rezaee S. The effect of three different types of fatigue protocols on dynamic balance in female athlete students. *Sport Sciences Quarterly* 2011; 2: 133-48. [In Persian]
25. Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H. Effects of Whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee* 2009; 4: 256-261.
26. Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci* 2003; 1: 3-7.
27. Conti S, Stone D. Rehabilitation of the ankle after sprains and fractures. *Foot Ankle Surg* 1998; 4: 193-199.
28. Bogaerts An, Verschuere S, Delecluse C, Albrecht L.C, Boonen S. Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2007; 26: 309-316.
29. Sierra-Guzmán R, Jiménez-Díaz F, Ramírez C, Esteban P, Abián-Vicén J. Whole-Body-Vibration Training and Balance in Recreational Athletes With Chronic Ankle Instability. *Journal of athletic training*. 2018 Apr;53(4):355-63.
30. Wallmann HW, Bell DL, Evans BL, Hyman AA, Goss GK, Paicely AM. The Effects Of Whole Body Vibration On Vertical Jump, Power, Balance, And Agility In Untrained Adults. *International journal of sports physical therapy*. 2019 Feb;14(1):55.
31. Ramos LA, Rodrigues FT, Shirahige L, Barros MD, de Carvalho AG, Guerino MR, et al.. A single whole body vibration session influences quadriceps muscle strength, functional mobility and balance of elderly with osteopenia and/or osteoporosis? Pragmatic clinical trial. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2019 Jun 1;18(1):73-80.
32. Karim A, Roddey T, Mitchell K, Ortiz A, Olson S. Immediate Effect of Whole Body Vibration on Saute Height and Balance in Female Professional Contemporary Dancers A Randomized Controlled Trial. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2019 Mar 15;23(1):3-10.
33. Ko MC, Wu LS, Lee S, Wang CC, Lee PF, Tseng CY, Ho CC. Whole-body vibration training improves balance control and sit-to-stand performance among middle-aged and older adults: a pilot randomized controlled trial. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2017 Dec;14(1):11.

34. Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, Claessens AL, Boonen S. Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait & posture*. 2007 Jul 1;26(2):309-16.
35. Santos BR, Lariviere C, Delisle A, Plamondon A, Boileau PE, Lmbeau DI. A laboratory study to quantify the biomechanical responses to Whole Body Vibration: The influence on balance, reflex response, muscular activity and fatigue. *International Journal of industrial Ergonomics* 2008; 7-8:626-639.
36. Dolny DG, Reyes GF. Whole body vibration exercise. Training and benefits. *Curr Sport Med Rep* 2008; 3:152-7.
37. Kitay GS, Koren MJ, Helfet DL, Parides MK, Markenson JA. Efficacy of combined local mechanical vibrations, continuous passive motion and thermotherapy in the management of osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis and Cartilage* 2009; 17:1269-1274.
38. Yamazaki S, Banes AJ, Weinhold PS, Tsuzaki M, Kawakami M, Minchew JT. Vibratory loading decreases extracellular matrix and matrix metalloproteinase gene expression in rabbit annulus cells. *Spine J* 2002; 6: 415-20.
39. Casale R, Ring H, Rainoldi A. High frequency vibration conditioning stimulation centrally reduces myoelectrical manifestation of fatigue in healthy subjects. *Journal of electromyography and Kinesiology*. 2009 Oct 1;19(5):998-1004.
40. Gabriel DA, Basford JR, An Kn. Vibratory facilitation of strength in fatigued muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 9:1202-5.
41. Lacey M, Donne B. Does Fatigue Impact Static and Dynamic Balance Variables in Athletes with a Previous Ankle Injury?. *International Journal of Exercise Science*. 2019;12(3):1121.
42. Ercan S, Başkurt F, Başkurt Z, Cetin C. Effect of self-perceived fatigue on balance and functional mobility in middle-aged obese women. *Acta medica Okayama*. 2019;73(2):95-100.
43. Gulle H, Daskapan A, Arik M. Muscle tibialis anterior fatigue protocol effects on kinetic and kinematic parameters of gait and balance: a laboratory study. *Physiotherapy*. 2019 Jan 1;105:e49.
44. Özer Ö. Investigation of the Effect of Acute Muscular Fatigue on Static and Dynamic Balance Performances in Elite Wrestlers. *Journal of Education and Learning*. 2019;8(5).