

Research Paper

Effect of Whole-Body Vibration on Dynamic Balance of People With Flexible Flatfoot in Two Different Age Groups in Fatigue Conditions: A Randomized Clinical Trial



Aliakbar Pahlevanian¹, *Seyed Kazem Mousavi Sadati², Mohammad Ali Aslankhani³, Saleh Rafiee⁴

1. Department of Motor Behavior, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Department of Sport Science and Physical Education, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3. Department of Consulting, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

4. Department of Motor Behavior, Sport Science Research Institute of Iran, Tehran, Iran.



Citation Pahlevanian A, Mousavi Sadati SK, Aslankhani MA, Rafiee S. [Effect of Whole-Body Vibration on Dynamic Balance of People With Flexible Flatfoot in Two Different Age Groups in Fatigue Conditions: A Randomized Clinical Trial (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(2):276-291. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.2.8>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.2.8>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ABSTRACT

Background and Aims Whole body vibration (WBV) is a safe and effective method to improve balance and muscle strength. Considering to the effect of foot longitudinal arch on dynamic balance, and the effectiveness of WBV in improving balance, the present study aims to assess the effects of WBV on dynamic balance of patients with flexible flatfoot.

Methods In this randomized clinical trial, 80 patients with flexible flatfoot; 40 aged <18 years (Mean±SD age= 15.25±1.24) and 40 aged >20 (Mean±SD age= 22.57±1.48). They were randomly divided into two intervention groups of <18 and >20 years and two control groups of <18 and >20 years. The intervention groups received four weeks of WBV. In the control groups, no intervention was carried out. The fatigue was induced by running on a treadmill at different speeds and inclinations according to the Bruce protocol. Dynamic balance was assessed using the Biodex Balance System at anterior-posterior and medial-lateral directions and in overall.

Results The repeated measures analysis of variance and Bonferroni test results showed that the mean dynamic balance in overall and at anterior-posterior and medial-lateral directions were significantly increased in the intervention groups compared to the control groups (P<0.001). Moreover, the dynamic balance showed a significant increase in the intervention group aged <18 years compared to the intervention group aged >20 years (P<0.001).

Conclusion The WBV can be used to improve the dynamic balance of people with flexible flatfoot even in fatigue conditions.

Keywords Whole body vibration, Dynamic balance, Flexible flatfoot, Fatigue

Received: 26 Jul 2020

Accepted: 28 Aug 2020

Available Online: 22 May 2022

* Corresponding Author:

Seyed Kazem Mousavi Sadati, PhD.

Address: Department of Physical Education & Sport Sciences, East Tehran branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 4252801

E-Mail: drmousavisadati@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Flexible flatfoot is a common deformity characterized by reduced longitudinal arch and external rotation of the foot. In flatfoot complication, the longitudinal arch of the foot is flattened and the entire foot sole is close to or in full contact with the ground [1]. Flatfoot is usually associated with factors such as childhood footwear, living in urban areas, obesity, age, gender, body mass index, and foot length. Flatfoot may also be a secondary symptom in conditions such as ligament laxity, rheumatoid arthritis, diabetes, and ankle injuries [2].

Previous studies have shown the improvement and enhancement of balance by whole body vibration (WBV) method. It is a neuromuscular retraining method that has become popular recently [15]. In this method, mechanical vibration is transferred to the whole body at low intensity and frequency in the form of sinusoidal waves, and is a safe and effective method in training and loading of the neuromuscular system [16, 17]. It has been stated that the intervention by WBV can increase muscle strength and improve balance [18]. Considering the effect of the foot longitudinal arch on dynamic balance and the effectiveness of WBV in improving balance, the present study aims to evaluate the effects of WBV on dynamic balance in patients with flexible flatfoot.

Materials and Methods

The present study is a randomized clinical trial. Participants were 80 patients with flexible flatfoot in two age groups <18 years (Mean±SD age= 15.25 ±1.24) and >20 years (Mean±SD age= 22.57±1.48). Inclusion criteria were: having flexible flatfoot (Foot posture index >6), age 13-18 years and 20-30 years, no history of congenital malformations in lower limb, no systemic disease affecting the condition of lower limbs including feet, and no history of injury and pain in feet, lower limbs, and lumbosacral region at least 12 months before the study [19, 20]. Exclusion criteria were: Unwillingness to continue participation, any injury or disease that affects the balance, intolerance of vibration, and feeling of pain and discomfort during vibration [20].

For determining the severity of flatfoot, foot posture index was used [21]. In this index, 6 clinical criteria are used, including talar head palpation, curvature at the lateral malleoli, inversion/eversion of the calcaneus in the frontal plane, talonavicular bulging, congruence of the medial longitudinal arch, and abduction/adduction of the

forefoot on the rearfoot. Participants were randomly divided into four groups (two intervention groups of <18 and >20 years, and two control groups of <18 and >20 years) after matching for age and gender. The intervention groups received four weeks of WBV at 12 sessions. In the control groups, no intervention was carried out; the participants followed their daily living activities.

The fatigue was induced by running on a treadmill at different speeds and inclinations according to the Bruce protocol. Dynamic balance was assessed using Biodex Balance System at anterior-posterior and medial-lateral directions and in overall. The dynamic balance was evaluated in the first session (before and after implementation of the fatigue protocol), and in the last session (before and after implementation of the fatigue protocol).

For assessing the normality of data distribution, Shapiro-Wilk test was used. For data analysis, repeated measures analysis of variance (ANOVA), one-way ANOVA, and Bonferroni test were used.

Results

The estimated mean changes in the overall dynamic balance in each study group and the results of repeated measures ANOVA.

The results of repeated measures ANOVA and Bonferroni test showed that the mean overall, anterior-posterior, and medial-lateral balances in two intervention groups of <18 years and >20 years was significantly increased compared to the two control groups ($P<0.001$). The dynamic balance indicators showed a significant increase in the intervention group <18 years compared to the intervention group >20 years ($P<0.001$).

Discussion

According to the findings of the present study, the use of WBV significantly increased the dynamic balance at anterior-posterior and medial-lateral directions and in overall in all study groups. The WBV by stimulating the mechanoreceptors of the skin and joints in foot area has positive effects on proprioception [29]. During receiving the WBV, the proprioception is highly stimulated; this sensory stimulation causes more efficient use of the proprioceptive feedback loop, resulting in increased joint stability and improved balance [30].

It can be concluded that the WBV can increase the dynamic balance of people with flexible flatfoot aged <18 years and >20 years, even after inducing fatigue. Therefore, WBV can be used as a complementary method to improve and compensate for dynamic balance in patients with flexible flatfoot.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

In the implementation of the research, ethical considerations have been considered in accordance with the instructions of the ethics committee of [Semnan University of Medical Sciences](#), and the code of ethics has been received under the number IR.SEMUMS.REC.1397.266 and clinical trial (IRCT20160808029264N4).

Funding

This article is taken from the thesis/research project of Ali Akbar Pahlavanian with the guidance of Seyyed Kazem Mousavi Sadati and Mohammad Ali Aslankhani and the advice of Saleh Rafiei, Department of Movement Behavior, [Central Tehran Branch, Islamic Azad University](#), Tehran.

Authors' contributions

Collecting information: Ali Akbar Pahlavanian; Methodology and writing of the main draft: Ali Akbar Pahlavanian and Seyyed Kazem Mousavi Sadati; Conceptualization, review, editing and review: all authors.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

All the participants who cooperated in this research and the Neuromuscular Research Center of [Semnan University of Medical Sciences](#) are thanked and appreciated.

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن بر تعادل پویا در دو گروه سنی مختلف از افراد مبتلا به صافی کف پای انعطاف پذیر در شرایط خستگی: یک کارآزمایی بالینی تصادفی

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

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳. گروه مشاوره، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

۴. گروه رفتار حرکتی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Pahlevanian A, Mousavi Sadati SK, Aslankhani MA, Rafiee S. [Effect of Whole-Body Vibration on Dynamic Balance of People With Flexible Flatfoot in Two Different Age Groups in Fatigue Conditions: A Randomized Clinical Trial (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(2):276-291. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.2.8>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.2.8>

چکیده



مقدمه و اهداف: ارتعاش کل بدن یک روش سریع، ایمن و مؤثر در بهبود تعادل و قدرت عضلانی است. با توجه به تأثیر قوس طولی پا در تعادل پویای افراد و مؤثر بودن ارتعاش کلی بدن در بهبود تعادل، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر یک دوره ارتعاش کل بدن بر تعادل پویای مبتلایان به صافی کف پای انعطاف پذیر است.

مواد و روش ها: در این مطالعه ۸۰ نفر مبتلا به صافی کف پای انعطاف پذیر که شامل ۴۰ زن و مرد زیر ۱۸ سال با میانگین سنی $15/25 \pm 1/24$ و ۴۰ زن و مرد بالای ۲۰ سال با میانگین سنی $22/57 \pm 1/48$ بودند به طور تصادفی در ۴ گروه شامل دو گروه آزمایش و دو گروه کنترل قرار گرفتند. گروه های آزمایش به مدت ۴ هفته توسط دستگاه ارتعاش کل بدن مورد مداخله قرار گرفتند. در دو گروه کنترل زیر سن ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال هیچ مداخله ای انجام نشد و از آن ها خواسته شد در این دوره تنها به فعالیت های روزمره و عادی خود بپردازند. پروتکل خستگی بر روی تردمیل با سرعت و زوایای مختلف شیب طبق روش کار پروتکل انجام شد و ارزیابی تعادل پویا توسط دستگاه بایودکس صورت گرفت. متغیرهای محاسبه شده شامل شاخص های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل بود.

یافته ها: نتیجه آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر و آزمون بونفرونی نشان داد میانگین شاخص های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل در دو گروه آزمایش زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال به دو گروه کنترل افزایش معنی داری داشت ($P < 0/001$). همچنین شاخص های تعادل پویا در گروه آزمایش زیر ۱۸ سال نسبت به گروه آزمایش بالای ۲۰ سال افزایش معناداری نشان داد ($P < 0/001$).

نتیجه گیری: از ارتعاش کل بدن می توان جهت بهبود تعادل پویای افراد مبتلا به صافی کف پای انعطاف پذیر حتی در شرایط خسته استفاده کرد.

کلیدواژه ها: ارتعاش کل بدن، تعادل پویا، صافی کف پای انعطاف پذیر، خستگی

تاریخ دریافت: ۰۵ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۰۷ شهریور ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۱

* نویسنده مسئول:

دکتر سید کاظم موسوی ساداتی

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق، دانشکده علوم انسانی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی.

تلفن: +۹۸ (۹۱۲) ۴۲۵۲۸۰۱

رایانامه: drmousavisadati@gmail.com

مقدمه

مقایسه با افراد بدون قوس طبیعی، مدت طولانی‌تری روی پا می‌ایستند و فعالیت حرکتی بیشتری انجام می‌دهند و دیرتر خسته می‌شوند [۱۲، ۱۳]. محققین علت اثر کاهش قوس پا در ایجاد خستگی در عضلات پا را اختلال در نحوه توزیع مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین^۶ و به دنبال آن تغییر نیروی عضلات فعال در راه رفتن می‌دانند [۱۴].

در مطالعات پیشین بهبود و ارتقاء تعادل توسط ارتعاش کل بدن^۷ به اثبات رسیده است. ارتعاش کل بدن یک روش بازآموزی عصبی-عضلانی است که به‌عنوان یک روش جدید مطالعاتی، در حال توسعه است [۱۵]. ارتعاش کل بدن به‌صورت وایبریشن مکانیکی با شدت و فرکانس پایین به شکل موج‌های سینوسی اعمال می‌شود و یک روش امن و مؤثر در آموزش و بازگذاری سیستم عصبی-عضلانی است [۱۶، ۱۷]. از طرفی، بیان شده است که مداخله توسط ارتعاش کل بدن می‌تواند قدرت عضلانی را افزایش دهد و تعادل افراد را بهبود بخشد [۱۸]. با توجه به اثرات ذکر شده در مطالعات فوق مبنی بر اثر نوع کف پای افراد در تعادل و ایجاد خستگی و همچنین مطالعات ذکر شده در مورد اثر ارتعاش کل بدن بر تعادل، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ارتعاش کل بدن بر تعادل پویای افراد مبتلا به صافی کف پا در دو گروه سنی مختلف (گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال) در شرایط خستگی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کارآزمایی بالینی^۸ بود. در این پژوهش ۸۰ نفر از دختران و پسران مبتلا به صافی کف پای منعطف در دو گروه سنی ۱۳ تا ۱۸ سال با میانگین و انحراف معیار $15/25 \pm 1/24$ و گروه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال با میانگین و انحراف معیار $22/57 \pm 1/48$ در دو گروه آزمایش و کنترل مورد بررسی قرار گرفتند. این پژوهش در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی مورد تأیید قرار گرفت و در سایت کارآزمایی بالینی با شماره ثبت شد. سپس پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات عصبی-عضلانی دانشگاه علوم پزشکی سمنان انجام شد.

گروه آزمایش شامل ۴۰ نفر دختر و پسر در دو گروه ۲۰ نفره بود، یک گروه با سن ۱۳ تا ۱۸ سال و در محدوده سن رشد (۹ تا ۱۸ سال) و یک گروه با سن ۲۰ تا ۳۰ سال و در محدوده سنی بالاتر از سن رشد بودند. گروه کنترل نیز شامل ۴۰ نفر دختر و پسر در دو گروه ۲۰ نفره بود، یک گروه با محدوده سنی ۱۳ تا ۱۸ سال و یک گروه با محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال بودند. نمونه‌ها به‌صورت داوطلبانه و پس از تکمیل فرم رضایت آگاهانه و با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج در این مطالعه شرکت

کف پای صاف انعطاف‌پذیر^۱ بدشکلی شایعی است که با کاهش قوس طولی داخلی و چرخش خارجی پا مشخص می‌شود. در عارضه صافی کف پا قوس طولی پا مسطح می‌شود و تمام کف پا نزدیک به زمین یا در تماس کامل با زمین قرار می‌گیرد [۱]. معمولاً صافی کف پا با مواردی مانند پوشیدن کفش در دوران کودکی، سکونت شهری، چاقی، سن، جنسیت، شاخص توده بدنی^۲ و طول پا مرتبط است. صافی کف پا همچنین ممکن است در شرایطی مانند شلی لیگمان، آرتروز روماتوئید، دیابت و آسیب‌دیدگی مچ پا جزء علائم ثانویه باشد [۲].

شیوع پای صاف با توجه به سن، نوع جمعیت و وجود عوارض جانبی متفاوت دیده می‌شود و معمولاً با سن رابطه معکوس دارد، به‌طوری که شیوع بالاتر (۲۱ درصد تا ۵۷ درصد) در بین کودکان ۲ تا ۶ سال گزارش شده است و شیوع در کودکان دبستانی (۱۳/۶ تا ۲۷/۶ درصد) کاهش یافته است [۳]. همچنین شیوع پای صاف در بزرگسالان بین ۱۳/۴ تا ۲۶/۲۶ درصد گزارش شده است [۴]. صافی کف پا غالباً با مشکلاتی مانند همراه ایجاد درد، بی‌ثباتی و کاهش تعادل، توزیع نامتوازن فشار کف پا، خستگی پا و مشکلات راه رفتن و همراه است که می‌توانند تأثیر قابل توجهی در فعالیت‌های روزانه داشته باشند [۵، ۶]. همه این تغییرات متعاقباً می‌تواند به کندتر شدن سرعت راه رفتن، کاهش طول حرکت و کاستن مدت زمان ایستادن منجر شوند [۶]. همان‌طور که بیان شد کاهش تعادل و خستگی جزو علائم همراه مبتلایان به صافی کف است [۷]. طبق مطالعات پیشین، صافی کف پا همراه با پرونیشن بیش از حد مفصل ساب تالار^۳ ممکن است باعث عدم ثبات و بیش حرکتی^۴ مفاصل پا شود و هنگام تحمل وزن مفصل پا ناپایدار شود و باعث اختلال در تعادل و کنترل وضعیت فرد شود [۸، ۹]. بنابراین هر نوع تغییری در ساختار کف پا شامل افزایش یا کاهش قوس آن از جمله عواملی هستند که پا را در معرض آسیب ناشی از فعالیت فیزیکی قرار می‌دهند و می‌توانند با تغییر محور مکانیکی پا تعادل فرد را تحت تأثیر خود قرار دهند [۹].

مطالعاتی که تأثیر کف پا با ارتفاع قوس طولی متفاوت را بر تعادل افراد سنجیدند گزارش کردند که تعادل افراد مبتلا به ناهنجاری کف پای صاف نسبت به کف پای طبیعی کمتر است [۱۰، ۱۱]. همچنین پژوهش‌های دیگری که به بررسی اثر صافی کف پا بر خستگی عضلات پرداختند به این نتیجه رسیدند که قوس‌های موجود در کف پا، تکانه‌ها^۵ و نیروهای وارده از زمین را جذب می‌کنند. بدین ترتیب افراد با قوس طبیعی کف پا در

1. Flexible flatfoot
2. Body Mass Index (BMI)
3. Subtalar joint
3. Hypermobility
5. Momentum

6. Vertical Ground Reaction Force
7. Whole Body Vibration (WBV)
8. Clinical trial

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی و بررسی همسانی متغیرهای زمینه‌ای بین دو گروه سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال

P	میانگین $\pm$ انحراف معیار		متغیر
	کنترل	آزمایش	
۰/۲۳	۱۴/۹۲ $\pm$ ۱/۲۰	۱۵/۲۵ $\pm$ ۱/۲۴	سن در گروه سنی زیر ۱۸ سال
۰/۲۸	۲۲/۶۷ $\pm$ ۱/۶۲	۲۲/۵۷ $\pm$ ۱/۴۸	سن در گروه سنی بالای ۲۰ سال
۰/۲۲	۱/۶۶ $\pm$ ۰/۳۷	۱/۶۵ $\pm$ ۰/۷۲	قد در گروه سنی زیر ۱۸ سال (متر)
۰/۳۱	۱/۶۸ $\pm$ ۰/۹۱	۱/۶۸ $\pm$ ۰/۸۶	قد در گروه سنی بالای ۲۰ سال (متر)
۰/۳۵	۵۶/۱۲ $\pm$ ۱۰/۴۵	۵۵/۹۳ $\pm$ ۰/۷	وزن در گروه سنی زیر ۱۸ سال (کیلوگرم)
۰/۳۰	۶۶/۶۸ $\pm$ ۱۲/۳۵	۶۵/۳۹ $\pm$ ۱۱/۲۸	وزن در گروه سنی بالای ۲۰ سال (کیلوگرم)
۰/۲۹	۲۱/۳۰ $\pm$ ۴/۲۴	۲۰/۵۱ $\pm$ ۲/۹۳	شاخص توده بدنی در گروه سنی زیر ۱۸ سال (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)
۰/۳۳	۲۳/۱۱ $\pm$ ۴/۸۹	۲۴/۲۳ $\pm$ ۳/۰۶	شاخص توده بدنی در گروه سنی بالای ۲۰ سال (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)

طب توانبخش

کالکانئوس در صفحه فرونتال، ۴. برجستگی در ناحیه مفصل تالو نایکولار^{۱۰}، ۵. تجانس در قوس طولی داخلی، ۶. ابداعشن و ابداعشن جلوی پا^{۱۱} بر روی عقب پا^{۱۲} بود.

طبق دستورالعمل، امتیازدهی برای هر معیار در بازه عددی ۲+ تا ۲- بود که در این بازه، عدد ۲- به وضعیت سوپینشن کامل پا، عدد ۲+ به وضعیت پرونیشن کامل پا و عدد صفر به وضعیت طبیعی تعلق گرفت. سپس از نظر شدت صافی قوس کف پا مطابقت^{۱۳} انجام شد و افراد با امتیاز بالاتر از ۶ وارد مطالعه شدند. پای غالب افراد شرکت‌کننده در پژوهش توسط شوت‌کردن یک توپ به سمت هدف تعیین شد [۱۳، ۲۲]. مشخصات جمعیت‌شناختی افراد با استفاده از متر نواری و ترازوی دیجیتال، ثبت شد. سپس افراد مبتلا به صافی کف پا شرکت‌کننده در مطالعه، به‌طور تصادفی به چهار گروه مساوی شامل (دو گروه آزمایش ۱۳ تا ۱۸ سال و ۲۰ تا ۳۰ سال و دو گروه کنترل ۱۳ تا ۱۸ سال و ۲۰ تا ۳۰ سال) تقسیم شدند. گروه‌ها از نظر جنسیت، سن، قد و وزن با هم مطابقت داده شدند. دو گروه آزمایش از دو گروه سنی به مدت ۴ هفته ۳ جلسه‌ای تحت مداخله توسط دستگاه ارتعاش کل بدن قرار گرفتند. در دو گروه کنترل از دو گروه سنی هیچ مداخله‌ای انجام نشد و از آن‌ها خواسته شد در این دوره تنها به فعالیت‌های روزمره و عادی خود بپردازند. تعادل پویای^{۱۴} 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

کردند. گروه‌های سنی ۱۳ تا ۱۸ سال از بین دانش‌آموزان دختر و پسر مدارس و گروه‌های سنی ۲۰ تا ۳۰ سال از بین دانشجویان دختر و پسر دانشگاه علوم پزشکی انتخاب شد. (جدول شماره ۱)

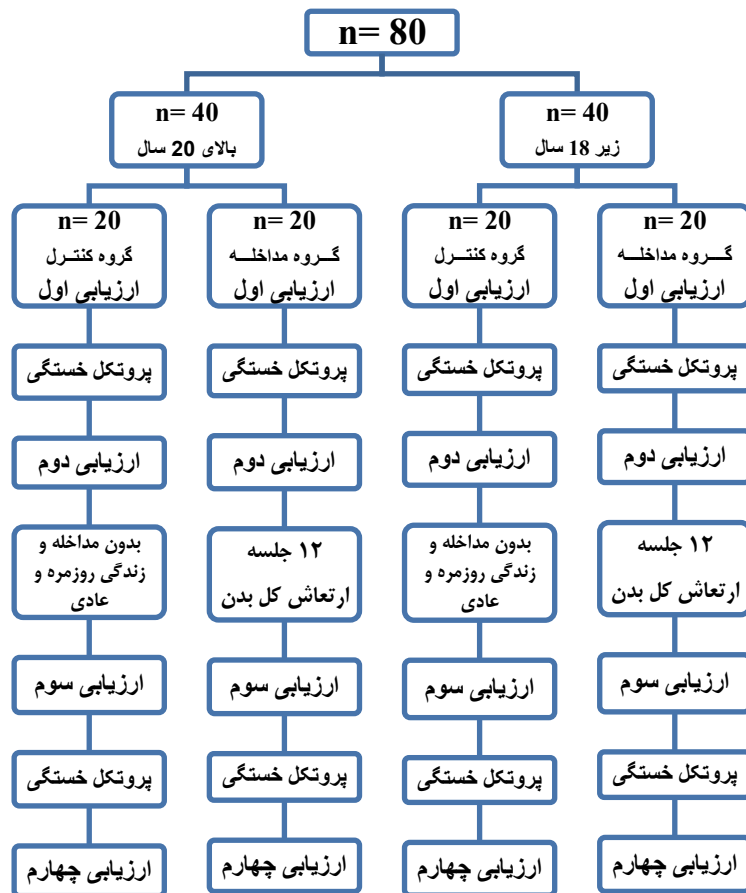
شرکت‌کنندگان با انجام همسان‌سازی در فاکتورهای سن و جنس و با استفاده از بلوک‌های تصادفی به چهار گروه شامل دو گروه آزمایش و دو گروه کنترل تقسیم شدند.

معیارهای ورود به مطالعه: ۱. افراد مبتلا به صافی کف پا با شاخص صافی کف پای^{۱۵} بالاتر از ۶، ۲. قرارگرفتن در محدوده سنی ۱۳ تا ۱۸ سال و ۲۰ تا ۳۰ سال، ۳. نداشتن تاریخچه‌ای از بدشکلی‌های مادرزادی در اندام تحتانی، ۴. نداشتن بیماری سیستماتیک که وضعیت اندام تحتانی یا پا را تحت‌تأثیر قرار دهد، ۵. نداشتن تاریخچه‌ای از ضربه و درد در هریک از پاها، اندام تحتانی و ناحیه کمری-خاجی حداقل ۱۲ ماه قبل از شروع مطالعه [۱۹، ۲۰]. معیارهای خروج از مطالعه: ۱. عدم تمایل افراد به ادامه کار در هر مرحله از اجرای مطالعه، ۲. بروز هر گونه آسیب و یا بیماری به نحوی که روی تعادل مؤثر باشد، ۳. عدم تحمل ارتعاش توسط شرکت‌کنندگان، ۴. احساس درد و ناراحتی حین ارتعاش. [۲۰]

این مطالعه با شرکت داوطلبانه افراد مبتلا به صافی کف پا انجام شد. داوطلبان پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و پرسش‌نامه مشخصات فردی همچنین آشنایی با اهداف و مراحل پژوهش وارد مطالعه شدند. به منظور تعیین شدت صافی کف پا از شاخص صافی کف پا استفاده شد. [۲۱] در این شاخص از ۶ معیار کلینیکی استفاده شده است که شامل: ۱. لمس سر استخوان تالوس، ۲. قوس بالا و پایین مالئول خارجی، ۳. وضعیت استخوان

10. Talonavicular Joint
11. Forefoot
12. Rear foot
13. Matching
14. Dynamic balance

9. Foot Posture Index



طبتوانبخش

تصویر ۱. دیاگرام کانسورت مراحل اجرای تحقیق

در گروه مداخله یا ارتعاش درمانی از دستگاه ارتعاش کل بدن مدل FITVIB ساخت کشور آلمان استفاده شد. هنگام مداخله آزمودنی بر روی سکوی ارتعاش می‌ایستاد، در حالی که پاها از هم ۳۳ سانتی‌متر فاصله داشتند (هر پا از نقطه مرکزی تکیه‌گاه ۱۶/۵ سانتی‌متر فاصله داشت) و فرد وضعیت نیمه چمباتمه به خود می‌گرفت (زانوها در فلکشن ۳۰ درجه). 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 ۴ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام شد [۲۶، ۲۵].

تعادل پویای شرکت‌کنندگان در مطالعه توسط دستگاه بایودکس^{۱۶} 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 می‌شود، سپس با پای غالب و برهنه بر روی دستگاه راحت می‌ایستاد و صفحه نمایش دستگاه با توجه به قد آزمودنی تنظیم می‌شد و فرد با جابجایی تنه سعی می‌کرد که نقطه مرکز فشار واقع در صفحه نمایش را در مرکز دایره‌های واقع در صفحه نمایش قرار دهد. سپس فرد برای بار اول در

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. برای رعایت جنبه اخلاقی مطالعه پس از اتمام ارزیابی در جلسه آخر، دو گروه کنترل تحت مشاوره و آموزش با روش‌های تقویت عضلات کف پا قرار گرفتند (تصویر شماره ۱).

برای ایجاد خستگی عمومی، از پروتکل بروس^{۱۵} 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 می‌یابد. در اجرای این آزمون، شرکت‌کنندگان تا حد واماندگی به فعالیت خود ادامه می‌دادند و سپس فعالیت متوقف می‌شد [۲۴، ۲۳].

16. Biodex Balance System

15. Bruce Protocol

جدول ۲. مقایسه میانگین و انحراف معیار شاخص کلی تعادل پویا قبل و بعد از مداخله در شرایط غیر خسته و خسته به تفکیک گروه‌ها

		شاخص کلی در شرایط غیر خسته				شاخص کلی در شرایط خسته		کل*
سن	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار		p**	میانگین $\pm$ انحراف معیار		p**	
		قبل از مداخله	بعد از مداخله		قبل از مداخله	بعد از مداخله		
زیر ۱۸ سال	آزمایش	۱/۷۸ $\pm$ ۰/۱۲	۱/۱۱ $\pm$ ۰/۱۵	<۰/۰۰۱*	۲/۱۰ $\pm$ ۰/۲۶	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۱۸	<۰/۰۰۱*	
	کنترل	۱/۷۲ $\pm$ ۰/۱۵	۱/۶۲ $\pm$ ۰/۱۲	۰/۲۹	۲/۱۶ $\pm$ ۰/۱۷	۲/۰۹ $\pm$ ۰/۱۵	<۰/۰۰۱*	
	P $\pm$	۱	<۰/۰۰۱*	–	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*	–	
	آزمایش	۱/۸۰ $\pm$ ۰/۱۱	۱/۱۰ $\pm$ ۰/۱۶	<۰/۰۰۱*	۲/۴۰ $\pm$ ۰/۲۲	۱/۵۸ $\pm$ ۰/۱۳	<۰/۰۰۱*	
بالای ۲۰ سال	کنترل	۱/۸۵ $\pm$ ۰/۱۶	۱/۸۸ $\pm$ ۰/۲۱	۱/۰۰۰	۲/۳۹ $\pm$ ۰/۲۰	۲/۳۸ $\pm$ ۰/۲۹	<۰/۰۰۱*	
	P $\pm$	۱	<۰/۰۰۱*	–	۰/۶۹۲	<۰/۰۰۱*	–	
	کل	P ⁺	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	–	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	–

طب توانبخش

* تفاوت معنادار برای مقایسه درون گروه‌ها براساس مدل تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری، ** آزمون متعاقب بونفرونی برای مقایسات متعدد درون گروه‌ها، ⁺ مقایسه بین گروه‌ها براساس مدل تحلیل واریانس، $\pm$ آزمون متعاقب بونفرونی برای مقایسات متعدد بین گروه‌ها * مجموع شرایط خسته و غیر خسته

ندادند و بدون حذف شدن تا تحلیل نهایی در مطالعه شرکت داشتند. مقایسه بین گروهی میانگین‌ها در شاخص کلی تعادل پویا نشان داد قبل و بعد از مداخله در شرایط غیر خسته و خسته گروه زیر ۱۸ سال نسبت به گروه بالای ۲۰ سال دارای افزایش معنادار بود ($P < ۰/۰۵$). همچنین مقایسه درون گروهی میانگین شاخص کلی تعادل پویا، قبل و بعد از ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن در شرایط خسته و غیر خسته به تفکیک گروه‌ها، بر اساس مدل آزمون تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری نشان داد در گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال در گروه‌های آزمایش و کنترل بعد از خستگی نسبت به قبل خستگی دارای کاهش معنادار است. ($P < ۰/۰۵$) (جدول شماره ۲) (تصویر شماره ۲).

مقایسه بین گروهی میانگین‌ها در شاخص قدامی-خلفی تعادل پویا نشان داد این شاخص قبل و بعد از مداخله و شرایط خسته و غیر خسته سنی زیر ۱۸ و بالای ۲۰ سال دارای افزایش معنادار است ($P < ۰/۰۵$). از طرفی دیگر، مقایسه درون گروهی میانگین و انحراف معیار شاخص قدامی-خلفی تعادل پویا، قبل و بعد از ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن در شرایط خسته و غیر خسته به تفکیک گروه‌ها، بر اساس مدل آزمون تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری نشان داد این شاخص در گروه‌های آزمایش در گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و گروه‌های سنی بالای ۲۰ سال در شرایط خستگی نسبت به شرایط غیر خسته دارای کاهش معنادار است ($P < ۰/۰۵$) (جدول شماره ۳) (تصویر شماره ۳).

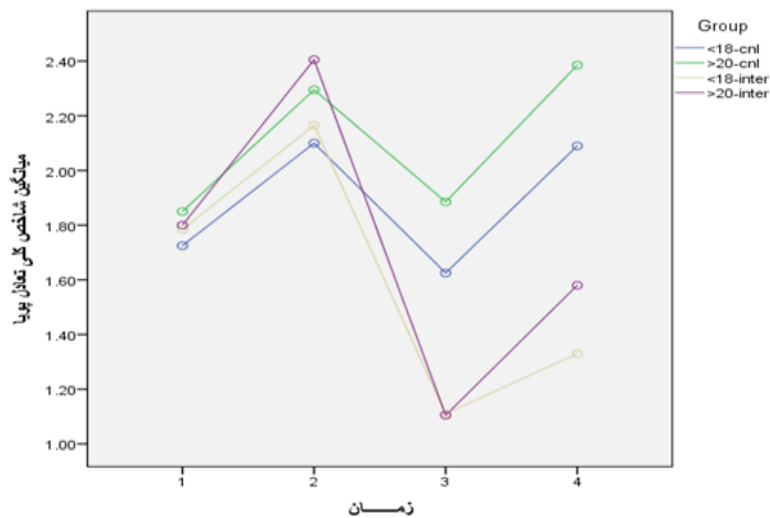
مقایسه بین گروهی میانگین‌ها در شاخص داخلی-خارجی تعادل پویا نشان داد این شاخص در گروه سنی زیر ۱۸ سال قبل و بعد از مداخله و در شرایط خسته و غیر خسته نسبت به گروه سنی بالای ۲۰ سال دارای افزایش معنادار است. ($P < ۰/۰۵$)

این وضعیت ثابت می‌ماند و وضعیت پاشنه و زاویه پنجه بر روی دستگاه اندازه‌گیری و ثبت می‌شد تا برای تمام اندازه‌گیری‌ها از یک وضعیت ثابت استفاده شود. سپس، شاخص‌های قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و کلی تعادل شرکت‌کنندگان در حالت پویا توسط دستگاه یابودکس تعادل اندازه‌گیری شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد. بررسی شکل توزیع داده‌ها و مقایسه آن با توزیع نرمال با استفاده از تست شاپیرو ویلک^{۱۷} انجام شد. برای بررسی روند تغییرات متغیرهای وابسته به‌صورت درون گروهی در هریک از گروه‌های مورد مطالعه از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری^{۱۸} استفاده شد. به این ترتیب که در هریک از گروه‌های آزمایش و کنترل به تفکیک گروه‌های سنی (جمعا چهار گروه) مقادیر اندازه‌گیری شده تعادل پویا به‌عنوان متغیرهای وابسته در سه حالت کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی در مدل‌های جداگانه تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری تعریف و مدل‌ها بر آن‌ها برازش داده شد. سپس از آزمون بونفرونی^{۱۹} برای مقایسات متعاقب چندگانه درون گروهی استفاده شد. برای انجام مقایسات بین گروهی در هر مرحله از اندازه‌گیری (قبل و بعد از مداخله) به تفکیک شرایط (غیر خسته و خسته) مدل‌های جداگانه تحلیل واریانس یک طرفه برازش داده شد و سپس از آزمون متعاقب بونفرونی برای مقایسات دو به دوی بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری در کلیه آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در مطالعه حاضر تمامی افراد شرکت‌کننده جلسات ارزیابی و مداخله را کامل کردند و از مراحل مختلف ارزیابی و مداخله انصراف

17. Shapiro Wilk
18. Repeated measures analysis
19. Bonferroni



طبتوانبخش

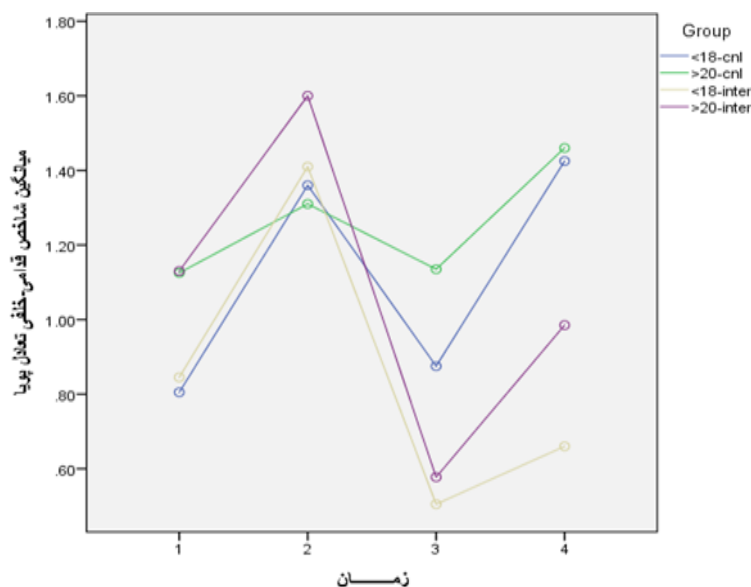
تصویر ۲. تغییرات میانگین برآورد شده برای شاخص کلی تعادل پویا در هریک از گروه‌های مورد مطالعه به تفکیک زمان اندازه‌گیری بر اساس مدل تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری
(<18-cnt: گروه کنترل زیر ۱۸ سال، >20-cnt: گروه کنترل بالای ۲۰ سال، <18-inter: گروه آزمایش زیر ۱۸ سال، >20-inter: گروه آزمایش بالای ۲۰ سال)

خارجی تعادل پویا بین سنین زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال در گروه آزمایش و کنترل به‌صورت مقایسه دو به دو میان گروه‌ها بر اساس آزمون متعاقب بونفرونی نشان داد تفاوت تفاضل در گروه آزمایش بین گروه‌های زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال دارای افزایش معنادار است ($P < 0.05$)، اما در گروه کنترل معنادار نبود (جدول شماره ۵).

بحث

همچنین مقایسه درون گروهی میانگین و انحراف معیار شاخص داخلی-خارجی تعادل پویا، قبل و بعد از ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن در شرایط خسته و غیر خسته به تفکیک گروه‌ها، بر اساس مدل آزمون تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری نشان داد در گروه‌های سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال در شرایط خستگی نسبت به شرایط غیر خسته دارای کاهش معنادار است ($P < 0.05$) (جدول شماره ۴) (تصویر شماره ۴).

مقایسه میانگین شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی -



طبتوانبخش

تصویر ۳. تغییرات میانگین برآورد شده برای شاخص قدامی-خلفی تعادل پویا در هریک از گروه‌های مورد مطالعه به تفکیک زمان اندازه‌گیری بر اساس مدل تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری
(<18-cnt: گروه کنترل زیر ۱۸ سال، >20-cnt: گروه کنترل بالای ۲۰ سال، <18-inter: گروه آزمایش زیر ۱۸ سال، >20-inter: گروه آزمایش بالای ۲۰ سال)

جدول ۳. مقایسه میانگین و انحراف معیار شاخص قدامی-خلفی تعادل پویا قبل و بعد از مداخله در شرایط غیر خسته و خسته به تفکیک گروه‌ها

سن	گروه	شاخص قدامی-خلفی در شرایط غیر خسته			شاخص قدامی-خلفی در شرایط خسته			کل*
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	
زیر ۱۸ سال	آزمایش	۰/۸۴±۰/۱۵	۰/۵۰±۰/۱۳	<۰/۰۰۱*	۱/۴۱±۰/۲۱	۰/۶۶±۰/۱۲	<۰/۰۰۱*	
	کنترل	۰/۸۰±۰/۱۵	۰/۸۷±۰/۱۲	۰/۷۷	۱/۳۶±۰/۲۶	۱/۴۲±۰/۲۲	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*
	P‡	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*	-	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*	-	-
	آزمایش	۱/۱۳±۰/۰۹	۰/۵۷±۰/۰۶	<۰/۰۰۱*	۱/۶۰±۰/۱۳	۰/۹۸±۰/۱۳	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*
بالای ۲۰ سال	کنترل	۱/۱۲±۰/۲۳	۱/۱۳±۰/۱۹	۱	۱/۳۱±۰/۲۷	۱/۴۶±۰/۲۲	۰/۴۰	<۰/۰۰۱*
	P‡	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*	-	۰/۷۷	<۰/۰۰۱*	-	-
	P†	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	-	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	-	-
	کل							

طب توانبخشی

* تفاوت معنادار برای مقایسه درون گروه‌ها براساس مدل آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری، ** آزمون متعاقب بون فرونی برای مقایسات متعدد درون گروه‌ها، † مقایسه بین گروه‌ها براساس مدل تحلیل واریانس، ‡ آزمون متعاقب بونفرونی برای مقایسات متعدد بین گروه‌ها، * مجموع شرایط خسته و غیر خسته

ارتعاش کل بدن راه‌های حس عمقی به تعداد زیادی تحریک می‌شوند و این تحریک حسی گسترده باعث به کارگیری بیشتر و کاراتر حلقه فیدبکی پروپریوسپتو می‌شود که نتیجه آن افزایش ثبات مفاصل و بهبود تعادل است [۲۹]. هم راستا با مطالعه حاضر پژوهش انجام‌شده توسط سیرا گوزمان و همکاران که به بررسی تأثیر ۶ هفته‌ای ارتعاش کل بدن بر تعادل ۵۰ ورزشکار با بی‌ثباتی مچ پا پرداخت مشخص شد شاخص‌های کلی و قدامی-خلفی تعادل ورزشکاران بعد از ارتعاش به‌طور معناداری بهبود یافته است [۳۰]. همچنین در مطالعه انجام‌شده توسط کابل و همکاران که به منظور بررسی اثر ۳ هفته ارتعاش کل بدن بر ثبات تنه و شاخص‌های تعادل پویای ۴۶ پسر جوان انجام شد، مشخص شد ارتعاش کل بدن توانسته است تا شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی

در مطالعه حاضر تأثیر ۱۲ جلسه ارتعاش کل بدن بر شاخص‌های تعادل پویای افراد مبتلا به صافی کف پا در گروه‌های سنی ۱۳ تا ۱۸ سال و ۲۰ تا ۳۰ سال در شرایط خسته و غیر خسته مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از مطالعه مورد بحث قرار می‌گیرند.

طبق یافته‌های تحقیق حاضر استفاده از ارتعاش کل بدن، سه شاخص کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل پویا را هر دو گروه سنی مورد مداخله را به‌طور معناداری افزایش داد. در تفسیر این موضوع می‌توان گفت ارتعاش کل بدن از طریق تحریک مکانوروسپتورهای پوست و مفاصل در ناحیه پا اثرات مثبتی بر پروپریوسپشن^{۲۰} داشته است [۲۸]، به‌طوری که طی دریافت

20. Proprioception

جدول ۴. مقایسه میانگین و انحراف معیار شاخص داخلی-خارجی تعادل پویا قبل و بعد از مداخله در شرایط غیر خسته و خسته به تفکیک گروه‌ها

سن	گروه	شاخص داخلی-خارجی در شرایط غیر خسته			شاخص داخلی-خارجی در شرایط خسته			کل*
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	قبل از مداخله	بعد از مداخله	P**	
زیر ۱۸ سال	آزمایش	۰/۹۱±۰/۱۰	۰/۵۴±۰/۱۵	<۰/۰۰۱*	۱/۵۸±۰/۲۴	۰/۷۴±۰/۱۲	<۰/۰۰۱*	
	کنترل	۰/۹۴±۰/۱۵	۰/۹۱±۰/۱۵	۱/۰۰۰	۱/۴۸±۰/۲۳	۱/۵۵±۰/۱۳	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*
	P‡	۱/۰۰۰	>۰/۰۰۱*	-	۱	<۰/۰۰۱*	-	-
	آزمایش	۱/۱۴±۰/۱۷	۰/۶۶±۰/۰۵	<۰/۰۰۱*	۱/۷۷±۰/۱۹	۱/۰۴±۰/۵۴	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*
بالای ۲۰ سال	کنترل	۱/۱۲±۰/۲۷	۱/۱۵±۰/۲۱	۱/۰۰۰	۱/۳۸±۰/۳۰	۱/۴۷±۰/۲۹	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*
	P‡	۱/۰۰۰	<۰/۰۰۱*	-	<۰/۳۸	<۰/۰۰۱*	-	-
	P†	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	-	<۰/۰۰۱*	<۰/۰۰۱*	-	-
	کل							

طب توانبخشی

* تفاوت معنادار برای مقایسه درون گروه‌ها براساس مدل تحلیل واریانس با مشاهدات تکراری، ** آزمون متعاقب بونفرونی برای مقایسات متعدد درون گروه‌ها، † مقایسه بین گروه‌ها براساس مدل تحلیل واریانس، ‡ آزمون متعاقب بونفرونی برای مقایسات متعدد بین گروه‌ها، * مجموع شرایط خسته و غیر خسته

جدول ۵. میانگین و خطای معیار تفاضل شاخص کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل پویا بین سنین زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال به تفکیک گروه آزمایش و کنترل بر اساس آزمون متعاقب یونفرونی

گروه	شاخص تعادل	میانگین تفاضل بین سنین گروه سنی بالای ۲۰ سال	خطای معیار تفاضل	P
آزمایش	کلی	-۰/۰۲۵	۰/۰۳۸۸۹	<۰/۰۰۱*
	قدامی-خلفی	-۰/۲۱۸۱	۰/۰۳۵۰۴	<۰/۰۰۱*
	داخلی-خارجی	-۰/۲۱۰	۰/۰۳۷۹۰	<۰/۰۰۱*
کنترل	کلی	-۰/۰۸۹	۰/۰۳۸۸۹	۰/۳۹۱
	قدامی-خلفی	-۰/۱۴۱۲	۰/۰۳۵۰۴	۰/۱۸۳
	داخلی-خارجی	-۰/۰۵۷	-۰/۰۳۷۹۰	۰/۱۸۰

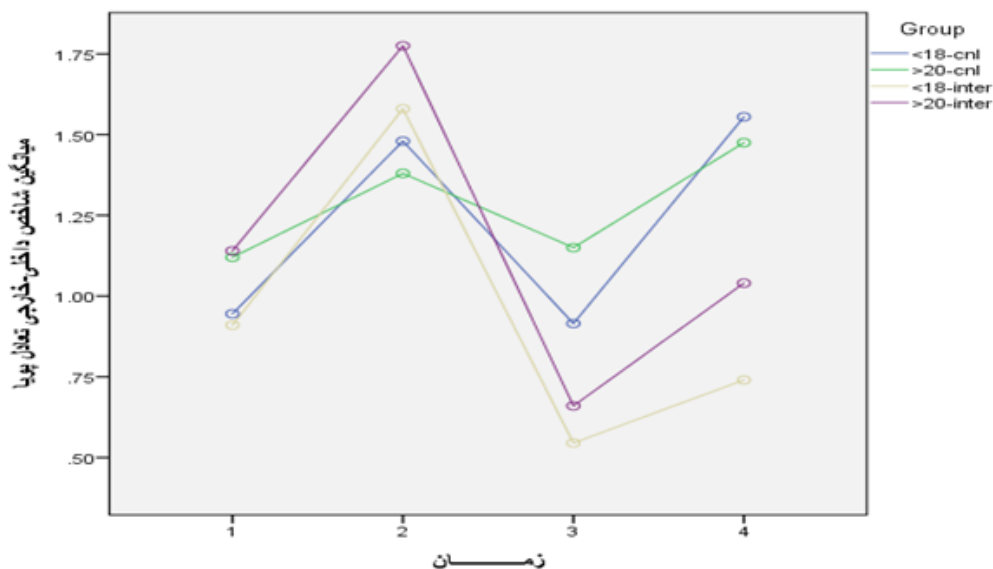
* تفاوت معنادار برای مقایسه میانگین تفاضل بین سنین گروه سنی زیر ۱۸ سال و گروه سنی بالای ۲۰ سال

طب توانبخشی

تحقیق انجام شده توسط گومز و همکاران که به بررسی اثر ارتعاش کل بدن با فرکانس بالا و پایین بر تعادل زنان فعال سالم بلافاصله بعد از یک جلسه ارتعاش کل بدن مورد بررسی قرار گرفت، تفاوت معناداری در در تعادل مشاهده نشد [۳۷]. علت عدم تأثیر و عدم معناداری ارتعاش کل بدن بر تعادل پویای مطالعات فوق را می توان به نوع مداخله که از نوع حاد و بررسی فوری بوده است و همچنین نوع شرکت کنندگان نسبت داد که شاید با مداخله با جلسات بیشتر و طولانی تر و نمونه های متنوع تر نتیجه مداخله می توانست متفاوت باشد.

در ادامه بررسی یافته های دیگر این مطالعه مشخص شد ارتعاش کل بدن نه تنها در شرایط غیر خسته بلکه در شرایط

و داخلی-خارجی تعادل پویای شرکت کنندگان در مطالعه را به صورت معناداری افزایش دهد [۳۱]. در مطالعات انجام شده دیگر مانند والمان و همکاران، وگنر و همکاران، لم و همکاران همچنین کریم و همکاران به تأثیر مثبت ارتعاش کل بدن در بهبود تعادل شرکت کنندگان در تحقیق اشاره کردند [۳۲-۳۵]. در مقابل، مطالعاتی هم هستند که تأثیر مثبتی از ارتعاش کل بدن بر تعادل را گزارش نکردند. برای مثال در مطالعه انجام شده توسط رندوس و همکاران در بررسی اثر فوری ارتعاش کل بدن بر تعادل افراد با و بدون بی ثباتی مچ پا که بر روی ۱۲ فرد سالم و ۷ فرد مبتلا به بی ثباتی مچ پا انجام شد مشخص شد ارتعاش کل بدن تأثیری در بهبود تعادل این افراد ندارد [۳۶]. همچنین در



طب توانبخشی

تصویر ۴. تغییرات میانگین برآورد شده برای شاخص داخلی-خارجی تعادل پویا در هر یک از گروه های مورد مطالعه به تفکیک زمان اندازه گیری بر اساس مدل آنالیز واریانس با مشاهدات تکراری

(<18-cn1: گروه کنترل زیر ۱۸ سال، >20-cn1: گروه کنترل بالای ۲۰ سال، <18-inter: گروه آزمایش زیر ۱۸ سال، >20-inter: گروه آزمایش بالای ۲۰ سال)

خسته نیز بر تعادل پویای شرکت کنندگان مؤثر بوده و تعادل پویا را در شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی به‌طور معناداری افزایش داده است. به عبارت واضح‌تر، ارتعاش کل بدن در شرایط خستگی نیز بر تعادل پویا مؤثر است و آن را به‌طور معناداری افزایش داده است. با توجه به این که معمولاً علت خستگی کاهش فرکانس فراخوانی موتور یونیت‌های عضلات می‌باشد. ارتعاش کل بدن با افزایش میزان پیام‌ها در آوران‌های حسی و حس عمقی به سیستم اعصاب مرکزی و متعاقب آن تأثیر مثبت ارتعاش کل بدن بر وایران‌های حرکتی و سیناپس‌های واحد حرکتی^{۳۱} در عضلات اندام تحتانی می‌تواند فرکانس فراخوانی موتور یونیت‌ها را افزایش دهد. این امر ناشی از تأثیرات مثبت نوروماسکولار ارتعاش کل بدن بر عضلات است که خستگی عضلات را در نمونه‌های مورد مطالعه به تعویق انداخته است. بنابراین ارتعاش کل بدن با بهبود قدرت عضلاتی در عضلات اندام تحتانی از جمله ناحیه مچ پا می‌تواند زمان رسیدن به خستگی را افزایش دهد و متعاقباً از کاهش توانایی کنترل پاسچرال و نقصان تعادل ناشی از آن و آسیب‌های بالقوه احتمالی جلوگیری کند [۳۸].

هم راستا با نتایج این بررسی، در مطالعه‌ای که سیمسک جهت بررسی تأثیر ارتعاش کل بدن بر خستگی عضلات کوادرپسپس و همسترینگ^{۳۲} داوطلب انجام داد، به این نتیجه رسید که ارتعاش می‌تواند به‌طور معناداری خستگی عضلاتی را کاهش دهد [۳۹]. در مطالعه تروکسل و همکاران که به منظور بررسی تأثیر ارتعاش کل بدن بر خستگی عضلات ۱۸ داوطلب با شغل رانندگانی انجام شد، مشخص شد ارتعاش کل بدن باعث کاهش خستگی عضلات رانندگان داوطلب در تحقیق شده است [۴۰]. همچنین در تحقیق مریگان و همکاران بر روی ۱۹ شناگر زن و مرد برای بررسی اثر ارتعاش کل بدن بر خستگی عضلات بعد از فعالیت ورزشی مشخص شد ارتعاش کل بدن توانسته است تا خستگی عضلات را به‌طور معناداری کاهش دهد [۴۱].

در تحقیق مورتی و همکاران که پیرامون تأثیر ارتعاش کل بدن بر خستگی عضلات و درد در زنان مبتلا به سرطان انجام شد، تفاوت معناداری پس از ارتعاش کل بدن در خستگی عضلات شرکت کنندگان در مطالعه ملاحظه نشد [۴۲]. عدم معناداری تفاوت در تعادل متعاقب ارتعاش کل بدن در مطالعه اخیر را می‌توان به نوع شرکت کنندگان که از یک جنس و بیماری خاص هستند و ابزار ارزیابی متفاوت در مطالعه نسبت داد. بنابراین نتیجه قابل تعمیم به اثر ارتعاش کل بدن بر تعادل نیست.

یافته دیگر در این پژوهش نشان‌دهنده این مورد بود که در بررسی درون گروهی گروه‌های کنترل در شرایط خسته به‌صورت مجزا و در شرایط غیر خسته به‌صورت مجزا تفاوت معناداری در

تعادل پویا وجود ندارد، اما همین بررسی درون گروهی گروه‌های کنترل در مقایسه شرایط خسته و غیر خسته در مورد تعادل پویا تفاوت معنادار است. به عبارتی، تعادل پویا بعد از شرایط خستگی نسبت به شرایط غیر خستگی به‌طور معناداری کاهش یافته است. علت این تفاوت معنادار تعادل پویا بعد از خستگی را می‌توان با نظر محققینی چون میرمعزی و همکاران که در مطالعات خود خستگی را به‌عنوان یکی از عوامل مخل سیستم کنترل تعادل معرفی کردند، توضیح داد. درواقع هنگام ایجاد خستگی، علاوه بر کاهش گشتاور عضلات، باعث کاهش توانایی تولید پاسخ‌های عضلانی مناسب برای حفظ ثبات مفاصل می‌شود که این عوامل سبب افزایش نوسانات پاسچر و کاهش تعادل فرد می‌شوند [۳۸]. هم جهت با نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه‌ای که توسط فتن بر روی کودکان همی پلژی انجام داد، اثر خستگی عضلات بر تعادل توسط دستگاه بایودکس مورد بررسی قرار گرفت که نشان‌دهنده کاهش معنادار تعادل پویا بعد از خستگی در شاخص‌های قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و کلی تعادل بود [۴۳]. تحقیق جانستون و همکاران نیز که در مطالعه خود پیرامون تأثیر خستگی بر تعادل پویای ۲۰ دختر و پسر با میانگین سنی ۲۳ سال بود، به این نتیجه رسیدند که خستگی باعث کاهش معنادار تعادل پویای شرکت کنندگان در مطالعه شده است [۴۴]. همچنین در مطالعات لی و همکاران، یلفانی و همکاران و فرزازی همکاران مشخص شد اجرای پروتکل خستگی عضلات باعث کاهش تعادل پویای افراد شده است [۱۳، ۴۵، ۴۶].

در مقابل، تحقیق انجام‌شده توسط لیسی و همکاران که به بررسی اثر خستگی عضلات بر تعادل پویای ورزشکاران با سابقه آسیب مچ پا انجام شد، مشخص شد خستگی تأثیر معناداری بر تعادل پویای ورزشکاران ندارد [۴۷]. همچنین در مطالعه آرمسترانگ و همکاران که اثر خستگی بر تعادل را در گروه رقصندگان حرفه‌ای توسط تست ستاره‌ای تعادل بررسی کردند، تفاوت معناداری در تعادل بعد خستگی مشاهده نشد [۴۸]. در دو مورد اخیر در بررسی اثر ارتعاش کل بدن، علت عدم معناداری تعادل پویا را می‌توان به شرکت کنندگان در مطالعه با این توضیح و علت که از نوع ورزشکاران حرفه‌ای و گروه هنری حرفه‌ای بودند، نسبت داد. چون گروه‌های ورزشکار و فعالیت‌های حرفه‌ای از نظر تحرک بدنی و آمادگی فیزیکی از افراد عادی برتر و متمایز هستند. بنابراین می‌توان اثرات خستگی را نیز در این افراد با تأخیر و متمایز نسبت به نمونه‌های عادی در نظر گرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد ارتعاش کل بدن، شاخص‌های کلی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تعادل پویا را در افراد مبتلا به صافی کف پا در هر دو گروه سنی زیر ۱۸ سال و بالای ۲۰ سال حتی بعد از خستگی افزایش داده است. بنابراین مداخله توسط

ارتعاش کل بدن جهت بهبود و جبران تعادل پویا در مبتلایان به صافی کف پا به عنوان یک روش درمانی تکمیلی پیشنهاد می شود.

پیشنهاد می شود مطالعاتی با روش های مداخله دیگر و متنوع تر همچنین گروه های سنی دیگر و با در نظر گرفتن جنس شرکت کنندگان انجام شود.

از محدودیت های مطالعه حاضر می توان به طولانی بودن مدت زمان ارزیابی و دوره مداخله همچنین عدم مطالعه در گروه های سنی پایین تر اشاره کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی سمنان در نظر گرفته شده است و کد اخلاق به شماره IR.SEMUMS.REC.1397.266 و کارآزمایی بالینی (IRCT20160808029264N4) دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه / طرح پژوهشی علی اکبر پهلوانیان با راهنمایی دکتر سید کاظم موسوی ساداتی و دکتر محمد علی اصلانخانی و مشاوره دکتر صالح رفیعی گروه رفتار حرکتی واحد تهران مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی است.

مشارکت نویسندگان

گردآوری اطلاعات: علی اکبر پهلوانیان؛ روش شناسی و نگارش پیش نویس اصلی: علی اکبر پهلوانیان و سید کاظم موسوی ساداتی؛ مفهوم سازی، بررسی، ویرایش و بررسی: همه نویسندگان.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت کنندگان که در انجام این پژوهش همکاری کردند و از مرکز تحقیقات عصبی عضلانی دانشگاه علوم پزشکی سمنان تشکر و قدردانی می شود.

References

- [1] Ueki Y, Sakuma E, Wada I. Pathology and management of flexible flat foot in children. *Journal of Orthopaedic Science*. 2019; 24(1):9-13. [DOI:10.1016/j.jos.2018.09.018] [PMID]
- [2] Raj MA, Tafti D, Kiel J. Pes planus. *StatPearls*. [Internet]. 2022 [Updated 2022 May 29]. Available from: [Link]
- [3] Pourghasem M, Kamali N, Farsi M, Soltanpour N. Prevalence of flatfoot among school students and its relationship with BMI. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2016; 50(5):554-7. [DOI:10.1016/j.aott.2016.03.002] [PMID] [PMCID]
- [4] Ahmed A, Ahmed S. Prevalence of flat foot among young adults and its relation with body mass index. *Rawal Medical Journal*. 2019; 44(3):644-5. [Link]
- [5] García-Rodríguez A, Martín-Jiménez F, Carnero-Varo M, Gómez-Gracia E, Gómez-Aracena J, Fernández-Crehuet J. Flexible flat feet in children: A real problem? *Pediatrics*. 1999; 103(6):e84. [DOI:10.1542/peds.103.6.e84] [PMID]
- [6] Badekas T. Update in management of foot and ankle disorders. *Norderstedt: BoD—Books on Demand*; 2018. [DOI:10.5772/intechopen.69727]
- [7] Song J, Choe K, Neary M, Zifchock RA, Cameron KL, Trepa M, et al. Comprehensive biomechanical characterization of feet in USMA cadets: Comparison across race, gender, arch flexibility, and foot types. *Gait & Posture*. 2018; 60:175-80. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.12.001] [PMID] [PMCID]
- [8] Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006; 36(12):942-53. [DOI:10.2519/jospt.2006.2336] [PMID]
- [9] Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2010; 4(2):107-21. [DOI:10.1007/s11832-010-0239-9] [PMID] [PMCID]
- [10] Aydog ST, Özçakar L, Tetik O, Demirel HA, Haşcelik Z, Doral MN. Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts: A preliminary study. *British Journal of Sports Medicine*. 2005; 39(3):e13-e. [DOI:10.1136/bjsm.2004.011627] [PMID] [PMCID]
- [11] Karataş L, Vuralı D, Günendi Z. The effect of medial longitudinal arch height and medial longitudinal arch support insoles on postural balance in perimenopausal women. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2019; 49(3):755-60. [DOI:10.3906/sag-1808-39] [PMID] [PMCID]
- [12] Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM. Paediatric flexible flat foot: How are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2018; 11:21. [DOI:10.1186/s13047-018-0264-3] [PMID] [PMCID]
- [13] Lee N-K, Kim Y-M, Kim K. [Influence of unilateral muscle fatigue in knee and ankle joint on balance and gait in healthy adults (Korean)]. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2017; 29(1):39-43. [DOI:10.18857/jkpt.2017.29.1.39]
- [14] Boozari S, Jamshidi AA, Sanjari MA, Jafari H. Effect of functional fatigue on vertical ground-reaction force in individuals with flat feet. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013; 22(3):177-83. [DOI:10.1123/jsr.22.3.177] [PMID]
- [15] Alashram AR, Padua E, Annino G. Effects of whole-body vibration on motor impairments in patients with neurological disorders: A systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2019; 98(12):1084-98. [DOI:10.1097/PHM.0000000000001252] [PMID]
- [16] Bullock N, Martin DT, Ross A, Rosemond CD, Jordan MJ, Marino FE. Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008; 22(4):1371-4. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31816a44b5] [PMID]
- [17] Adams JB, Edwards D, Serravite DH, Bedient AM, Huntsman E, Jacobs KA, et al. Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009; 23(1):237-45. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181876830] [PMID]
- [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 Journal of Medicine*. 2007; 56(1):28-33. [DOI:10.2302/kjm.56.28] [PMID]
- [19] Evans AM, Rome K, Peet L. The foot posture index, ankle lunge test, Beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: A reliability study. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2012; 5(1):1. [DOI:10.1186/1757-1146-5-1] [PMID] [PMCID]
- [20] Hedayati R, Bakhtiari A, Mirmohammadkhani M, Hajihasani A. [The effect of whole body vibration on torque of evtor and invertor muscles of ankle in low arched feet (Persian)]. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014; 24(118):189-204. [Link]
- [21] Aquino MRC, Avelar BS, Silva PL, Ocarino JM, Resende RA. Reliability of foot posture index individual and total scores for adults and older adults. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2018; 36:92-5. [DOI:10.1016/j.msksp.2018.02.002] [PMID]
- [22] Lin WH, Liu YF, Hsieh CC, Lee AJ. Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009; 12(1):42-9. [DOI:10.1016/j.jsams.2007.10.001] [PMID]
- [23] Saghebjo 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 (Persian)]. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. 2013; 20(3):252-61. [Link]
- [24] Nourbakhsh P, Sepasi H, Rezaee S. The effect of three different fatigue protocols on dynamic balance in female student athletes. *International Journal of Health, Wellness, and Society*. 2011; 1(2):63-74. [DOI:10.18848/2156-8960/CGP/v01i02/41155]
- [25] Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength

- and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee*. 2009; 16(4):256-61. [DOI:10.1016/j.knee.2008.11.014] [PMID]
- [26] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2003; 31(1):3-7. [DOI:10.1097/00003677-200301000-00002] [PMID]
- [27] Conti S, Stone D. Rehabilitation of the ankle after sprains and fractures. *Foot and Ankle Surgery*. 1998; 4(4):193-9. [DOI:10.1046/j.1460-9584.1998.00117.x]
- [28] Forouhdeh F, Naeimi S, Khademi Kalantari K, Rahimi A, Farhadi A. [The short term effects of one-session of whole body vibration training on isokinetic strength of rotator cuff and shoulder proprioception in young healthy subjects (Persian)]. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2011; 15(4):52-64. [Link]
- [29] Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S. A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*. 2008; 42(5):373-8. [DOI:10.1136/bjsm.2007.038554] [PMID]
- [30] 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; 53(4):355-63. [DOI:10.4085/1062-6050-547-16] [PMID] [PMCID]
- [31] Kabul EG, Calik BB, Aslan UB. Examination of the effect of whole body vibration exercises on trunk endurance and dynamic balance in healthy young people: Randomized controlled study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2018; 61:e400. [DOI:10.1016/j.rehab.2018.05.934]
- [32] 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; 14(1):55-64. [DOI:10.26603/ijsp20190055] [PMID] [PMCID]
- [33] Wegener V, Varack S, Tiffe T, Grill E, Melcher C, Birkenmaier C, et al. Effects of whole body vibration therapy and classic physiotherapy on postural stability in people with back pain: A randomized trial. *Clinical Spine Surgery*. 2019; 32(4):E214-20. [DOI:10.1097/BSD.0000000000000777] [PMID]
- [34] Lam FM, Chan PF, Liao LR, Woo J, Hui E, Lai CW, et al. Effects of whole-body vibration on balance and mobility in institutionalized older adults: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2018; 32(4):462-72. [DOI:10.1177/0269215517733525] [PMID]
- [35] Karim A, Roddey T, Mitchell K, Ortiz A, Olson S. Immediate effect of whole body vibration on sauté height and balance in female professional contemporary dancers: a randomized controlled trial. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2019; 23(1):3-10. [DOI:10.12678/1089-313X.23.1.3] [PMID]
- [36] Rendos NK, Jun HP, Pickett NM, Lew Feirman K, Harriell K, Lee SY, et al. Acute effects of whole body vibration on balance in persons with and without chronic ankle instability. *Research in Sports Medicine*. 2017; 25(4):391-407. [DOI:10.1080/15438627.2017.1365299] [PMID]
- [37] Gomes PSC, Campos MO, Oliveira LF, Mello RGT, Fernandes IA. Whole-body vibration does not seem to affect postural control in healthy active older women. *Rehabilitation Research and Practice*. 2018; 2018:5798265. [DOI:10.1155/2018/5798265] [PMID] [PMCID]
- [38] Mirmoezzi M, Sadeghi H, Jafari M, Lotfi L. [The effect of fatigue on the static and dynamic balance in karate kata and kumite elite men (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018; 4(1):31-42. [Link]
- [39] Simsek D. Different fatigue-resistant leg muscles and EMG response during whole-body vibration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2017; 37:147-54. [DOI:10.1016/j.jelekin.2017.10.006] [PMID]
- [40] Troxel WM, Helmus TC, Tsang F, Price CC. Evaluating the impact of whole-body vibration (wbv) on fatigue and the implications for driver safety. *RAND Health Quarterly*. 2016; 5(4):6. [PMID] [PMCID]
- [41] Merrigan JJ, Tynan MN, Oliver JM, Jagim AR, Jones MT. Effect of post-exercise whole body vibration with stretching on mood state, fatigue, and soreness in collegiate swimmers. *Sports (Basel)*. 2017; 5(1). [DOI:10.3390/sports5010007] [PMID] [PMCID]
- [42] Moretti E, Tenório A, Holanda L, Campos A, Lemos A. Efficacy of the whole-body vibration for pain, fatigue and quality of life in women with fibromyalgia: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2018; 40(9):988-96. [DOI:10.1080/09638288.2017.1282989] [PMID]
- [43] Faten H, Marwa Mn. Effect of induced fatigue of unaffected limb on balance in children with hemiplegia. *Medical Journal of Cairo University*. 2019; 87(2):1019-22. [DOI:10.21608/mjcu.2019.52832]
- [44] Johnston W, Dolan K, Reid N, Coughlan GF, Caulfield B. Investigating the effects of maximal anaerobic fatigue on dynamic postural control using the Y-Balance Test. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018; 21(1):103-8. [DOI:10.1016/j.jsams.2017.06.007] [PMID]
- [45] Yalfani A, Gandomi F, Kohboomi M. The effect of g-max and g-med muscles fatigue on functional performance and balance in athletes with and without chronic ankle instability. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2017; 8(3):e55444. [DOI:10.5812/asjms.55444]
- [46] Farzami A, Anbarian M. The effects of fatigue on plantar pressure and balance in adolescent volleyball players with and without history of unilateral ankle injury. *Science & Sports*. 2020; 35(1):29-36. [DOI:10.1016/j.scispo.2019.03.011]
- [47] 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):1121-37. [PMID] [PMCID]
- [48] Armstrong R, Brogden CM, Milner D, Norris D, Greig M. The influence of fatigue on star excursion balance test performance in dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2018; 22(3):142-7. [DOI:10.12678/1089-313X.22.3.142] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank