# اثر ویبراسیون عمومی بدن بر میزان گشتاور کانسنتریک عضلات اینورتور و اورتور مچ پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عمل‌کردی مچ پا

عاطفه امینیان‌فر [۱](Ph.D)، رزیتا هدایتی [*۱](Ph.D)، پریوش باقری [۱](M.Sc)، زهرا یعقوبی [۲](Ph.D)

۱- *مرکز تحقیقات توان‌بخشی عصبی- عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران*

۲- *دانشکده توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران*

## چکیده

**سابقه و هدف: تغییر گشتاور اینورتورها و اورتورهای مچ پا از جمله ناتوانایی‌های حسی حرکتی است که همراه با بی‌ثباتی عمل‌کردی مچ پا رخ می‌دهد. با توجه به اثرات مثبت گزارش شده Whole Body Vibration (WBV) بر گشتاور عضلانی، این مطالعه به بررسی اثر WBV بر بهبود نسبت گشتاور کانسنتریک عضلات اورتور و اینورتور در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عمل‌کردی مچ پا می‌پردازد.**

**مواد و روش‌ها: ۳۰ نفر از بیماران زن مبتلا به بی‌ثباتی عمل‌کردی یک‌طرفه مچ پا به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. افراد گروه آزمایش به مدت ۶ هفته (۳ جلسه در هفته) تحت درمان با WBV قرار گرفتند و پس از آن از نظر گشتاور کانسنتریک عضلات اورتور و اینورتور مورد ارزیابی قرار گرفتند. گشتاور کانسنتریک عضلانی توسط دستگاه ایزوکینتیک بایودکس اندازه‌گیری شد.**

**یافته‌ها: گشتاور کانسنتریک عضلات اورتور و اینورتور افراد مبتلا و افراد گروه کنترل قبل از مداخله تفاوت معنی‌دار نداشتند ($p>0/05$). درمان با WBV، گشتاور کانسنتریک عضلات اورتور و اینورتور پای مبتلایان به بی‌ثباتی عمل‌کردی مچ پا را بهبود بخشید ($p<0/05$).**

**نتیجه‌گیری: اعمال ۶ هفته (۱۸ جلسه) WBV در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عمل‌کردی مچ پا توانایی افزایش گشتاور کانسنتریک عضلانی را دارد.**

**واژه‌های کلیدی: ارتعاش، مچ پا، مفصل مچ پا، ناپایداری مفصل، گشتاور**

## مقدمه

آسیب‌های مچ پا شایع‌ترین آسیب اندام تحتانی در ورزش و فعالیت‌های تفریحی است. طوری‌که ۳۰-۱۰٪ کل آسیب‌های ورزشی ورزشکاران جوان را در بر می‌گیرد [۱]. روزانه در ایالات متحده امریکا در حدود ۲۳۰۰۰ پیچ‌خوردگی (Sprain) مچ پا رخ می‌دهد که برابر ۱ در ۱۰۰۰۰ نفر در هر روز است [۲]. ۸۵٪ موارد درگیری به صورت حاد و در ساختارهای خارجی مچ (ضایعات اینورژن) (inversion) رخ می‌دهد [۳]. مکانیسم غالب آسیب خارجی مچ، اینورژن با نیرو (Forced inversion) در مچ پای پلانتار فلکس شده است (وضعیتی که مچ پا در حالت استراحت (Loose pack position) است) [۴]. با وجود درمان‌های غیر جراحی و توان‌بخشی در حدود ۴۰-۲۰٪ افراد مبتلا به پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا پس از ۶ ماه دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا (Chronic ankle instability) (CAI) می‌شوند [۵]. بی‌ثباتی مزمن مچ پا شرایطی است که در آن مچ پا در طی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۶۰۹۰۵۸۹

Email: rosehed@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۷

فعالیت‌های طبیعی دچار خالی شدن (Giving way) می‌شود [۶]. از لحاظ پاتومکانیکی بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌تواند ناشی از بی‌ثباتی عملکردی مچ (Functional ankle instability) (FAI)یا بی‌ثباتی مکانیکی مچ (Mechanical ankle instability) (MAI) باشد [۵]. دو ویژگی بارز بی‌ثباتی عملکردی با احساس خالی شدن مچ پا و احساس ذهنی بی‌ثباتی همراه است [۸،۷]. حتی زمانی که محدودکننده‌های مکانیکی غیر فعال هیچ صدمه‌ای ندیده باشند احتمال دررفتگی‌های راجعه در فعالیت‌های ورزشی و یا راه رفتن ساده وجود دارد [۱۱،۱۰،۹].

ناتوانی‌های عمده‌ای که همراه با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا رخ می‌دهند سه دسته‌اند:

۱- نقص عضلانی [۱۳،۱۲]؛

۲- نقص حس عمقی [۱۵،۱۴]؛

۳- نقص تعادل [۱۷،۱۶].

درمان پیچ‌خوردگی‌های مچ پا شامل درمان دارویی، توان‌بخشی و جراحی است [۱۹،۱۸]. بازگرداندن کنترل عصبی-عضلانی جز اولیه توان‌بخشی پس از آسیب مچ پا است و نقش کلیدی در بازگشت به فعالیت و جلوگیری از آسیب مجدد و اختلال عملکرد طولانی دارد [۲۰].

با توجه به نقش عضلات پرونئال در کنترل استرس‌های اینورژن و جلوگیری از پیچ‌خوردگی‌های راجعه [۱۳]، به نظر می‌رسد نیاز به مداخلاتی وجود دارد که بتواند این اختلالات را درمان کند و فرد را به عملکرد طبیعی خود برگرداند. یکی از این روش‌های درمانی پیشنهادی Whole Body Vibration (WBV) است. WBV یک روش جدید توان‌بخشی است که به صورت ویبریشن 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 [۲۱] و اخیراً به‌عنوان یک تکنیک جدید فیزیوتراپی، در حال توسعه می‌باشد [۲۴،۲۳،۲۲]. مطالعات نشان داده‌اند که این روش درمانی می‌تواند قدرت و توان عضلانی را افزایش دهد. این اثرات بلافاصله بعد از تمرین WBV، مشاهده شده است [۲۵]. مطالعات کتابخانه‌ای نشان می‌دهد که تا کنون تحقیقات محدودی در خصوص اثر WBV بر روی و گشتاور عضلانی انجام شده است و نیاز به تحقیقات بیش‌تر در این زمینه وجود دارد [۲۷،۲۶]. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثرات اعمال WBV روی بهبود عوارض و مشکلات ناشی از پیچ‌خوردگی مچ پا و ارائه یک روش درمانی مناسب برای آن طراحی گردیده است.

## مواد و روش‌ها

۳۰ نفر از افراد با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا وارد مطالعه شدند. قبل از انجام و شروع مطالعه، داوطلبان با اهداف، شرایط و مراحل مطالعه آشنا شده و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و پرسش‌نامه مشخصات فردی وارد مطالعه شدند.

**معیارهای ورود به مطالعه:**

۱- داشتن حداقل یک پیچ‌خوردگی مچ پا در یک پا در طی یک سال گذشته، طوری که فرد در زمان آسیب توانایی تحمل وزن نداشته باشد و از آخرین پیچ‌خوردگی مچ پا ۶ ماه گذشته باشد.

۲- نداشتن سابقه شکستگی در مچ پا.

۳- حداقل یک آسیب مکرر و یا احساس بی‌ثباتی و خالی کردن مچ پا.

۴- هیچ برنامه توان‌بخشی برای درمان مچ پا صورت نگرفته باشد.

۵- آسیب مکانیکال مچ پا نداشته باشد. (Anterior drawer test و Talar Tilt test منفی باشد) [۲۹،۲۸].

معیارهای خروج از مطالعه:

۱- داشتن درد در زمان مطالعه

۲- Gait غیر طبیعی

۳- آسیب مکانیکی به لیگامان‌ها

۴- آسیب شدید اندام تحتانی و یا سابقه صدمه شدید که منجر به آسیب لیگامانی و شکستگی شده باشد و یا آسیب شدیدی که نیاز به جراحی و یا مداخله درمانی داشته باشد [۳۰،۲۹].

۵- افراد دارای بیماری‌هایی از قبیل میگرن، صرع و یا مشکلاتی از قبیل بی‌نظمی‌های قاعده‌گی و وجود فلز در بدن.

مشخصات فردی هر داوطلب در فرم پرسش‌نامه وارد شده و پس از ثبت مشخصات دموگرافیک افراد با استفاده از متر نواری و ترازوی دیجیتال, ثبت اطلاعات اصلی تحقیق آغاز گردید. ابتدا غالب یا غیر غالب بودن پای آسیب‌دیده توسط شوت کردن یک توپ به سمت هدف تعیین شد [۳۱]. پس از تعیین پای غالب، افراد از نظر گشتاور کانسنتریک عضلات اینورتور و اورتور مورد ارزیابی قرار گرفتند.

سپس افراد به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. در مرحله اول گشتاور کانسنتریک عضلانی در پای سالم و مبتلای دو گروه مقایسه گردید تا اطمینان حاصل گردد که این شاخص در دو گروه یکسان است.

برای اندازه‌گیری گشتاور کانسنتریک عضلات اطراف مفصل مچ پا از دینامومتر الکتریکی Biodex System 4 Pro ساخت شرکت بایودکس کشور آمریکا، استفاده گردید. تکرارپذیری و اعتبار دستگاه ایزوکینتیک دینامومتر، در مقالات مختلف تأیید شده است (۰/۹۵-۰/۹۶) [۳۲]. آزمون، بر طبق استانداردهای بیومکانیکی دستگاه ایزوکینتیک دینامومتر برای مفصل مچ پا، انجام شد.

قبل از ارزیابی، بیماران با روال انجام آزمون آشنا می‌شدند. سپس، برای بررسی حداکثر گشتاور کانسنتریک عضلات اینورتور و اورتور مچ پا داوطلبان در وضعیت نشسته بر روی دستگاه قرار می‌گرفتند (که رایج‌ترین وضعیت آزمون می‌باشد، چون بیش‌ترین ثبات را فراهم می‌نماید)، ضمناً پشتی صندلی در وضعیت ۸۵ درجه نسبت به وضعیت عمود قرار می‌گرفت، که وضعیت بهینه برای آزمون عضلات اینورتور و اورتور مچ پا می‌باشد. شرکت‌کنندگان ضمن آزمون، دسته‌های کناری صندلی را می‌گرفتند. قفسه سینه، لگن و ران سمت مورد آزمون با استرپ، ثابت می‌شد. سپس بازوی گشتاوری مربوط به اندام مورد آزمون متصل گردیده و وضعیت صندلی و دینامومتر طوری تنظیم می‌شد که محور چرخش بازوی دینامومتر درست از مالئول فیبولا و تنه تالوس در زاویه ۳۵ درجه مچ پا عبور کند. بعد از آن راستای صحیح دینامومتر با مشاهده دقیق وضعیت بازوی اهرمی در رابطه با نقاط آناتومیک مرجع، ضمن حرکت فعال مچ پا کنترل می‌گردید. بازوی اهرمی دینامومتر، توسط یک پد قابل تنظیم به ران پای بیمار متصل می‌شد و زانو نزدیک اکستنشن قرار می‌گرفت تا جایگزینی همسترینگ و دیگر روتاتورهای ساق به حداقل برسد [۱۴]. دست‌ها و اندام تحتانی مقابل در وضعیت استراحت قرار داشت. ضمناً به منظور استاندارد نمودن روش انجام آزمون برای تمام بیماران، جهت‌گیری دینامومتر به صورت تیلت دینامومتر در ۵۰-۷۰ درجه و تیلت صندلی در ۸۵ درجه تنظیم می‌گردید.

به منظور یادگیری حرکت، شرکت‌کننده‌ها حداقل ۵ سیکل تمرینی زیر حداکثر (Sub maximal) را انجام دادند: هر سیکل از حرکت اینورژن کامل شروع شده به سمت اورژن کامل می‌رفت و بعد دوباره به سمت اینورژن کامل بر می‌گشت. هر آزمون شامل ۵ سیکل کامل از انقباض حداکثری بود. آزمون در دو سرعت انجام می‌شد: ۳۰ $°/s$ و ۱۲۰ $°/s$ ، در حالی‌که مچ پا در صفر درجه پلانتار فلکشن قرار داشت. یک استراحت ۲ دقیقه‌ای بین مرحله تمرین و مرحله اصلی و ۱ دقیقه هم استراحت بین سرعت‌های ۳۰ $°/s$ و ۱۲۰ $°/s$ در نظر گرفته می‌شد [۳۱]. حداکثر گشتاور در واقع بالاترین میزان گشتاور بود که در تمام نقاط دامنه حرکتی دیده می‌شد و حاصل‌ضرب نیرو در بازوی اهرمی و برحسب نیوتون متر محاسبه می‌گردید.

پس از اندازه‌گیری گشتاور کانسنتریک اینورتورها و اورتورها توسط دستگاه ایزوکینتیک که ترتیب انجام آن‌ها برای افراد مختلف به صورت تصادفی بود، افراد گروه آزمایش تحت درمان با WBV به مدت ۱۸ جلسه (۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه) قرار گرفتند و از افراد گروه کنترل خواسته شد به مدت ۶ هفته هیچ نوع فعالیتی به جز فعالیت‌های روتین خود انجام ندهند.

برای درمـان بـا WBV از دسـتگاه "fitvib excel pro" ساخت کشور آلمان استفاده شد، که ویبریشن از نوع عمـودی اعمال می‌کند.

داوطلبان روی سکوی ویبریشن با پای برهنه می‌ایسـتادند در حالی‌که پاها از هم cm ۳۳ فاصله داشتند (هر پا از نقطـه‌ی مرکزی fulcrum، cm ۱۶/۵ فاصله داشـت) [۲۹] و از آن‌هـا خواسته می‌شد وضعیت اسکات بـه خـود بگیرنـد (زانوهـا در فلکشن ۳۰ باشد). این وضعیت خم کـردن زانوهـا عـلاوه بـر این‌که روشی وضعیتی برای کاهش انتقال ویبریشن به سر و نیز جلوگیری از کمردرد است، برای افزایش کارایی و راحتی فرد هم مناسـب اسـت [۳۲]. در ضـمن در ایـن وضـعیت شـتاب سینوسی عمودی صـفحه ویبریشـن توسـط عضـلات اطـراف مفاصل اندام تحتانی گرفته می‌شود. ایستادن در ایـن وضـعیت انقبـاض عضـلانی غیـرارادی (Tendon vibration reflex) (TVR) در عضلات مختلف اندام تحتانی ایجاد می‌نماید [۳۳]. زاویه فلکشن زانو توسط گونیامتر اندازه‌گیری می‌شد. در ایـن وضعیت با فرکانس Hz ۲۵ و آمپلـی‌تـود بـالا، دوره‌هـای ۶۰ ثانیه‌ای اعمال ویبریشن با ۶۰ ثانیه استراحت بـین هـر دوره و ۱۰ تکرار انجام می‌شد. درمان به مدت ۶ هفته و هـر هفتـه ۳ جلسه صورت گرفت [۳۳].

پس از انجـام مداخلـه بـا WBV، گشـتاور کانسـنتریک عضلات اینورتور و اورتور مچ پا در دو گروه مـورد ارزیـابی مجدد قرار می‌گرفت.

**روش‌های آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها:**

برای بررسی سطح تکرارپذیری روش‌هـای انـدازه‌گیـری متغیرهای مورد مطالعه از آزمـون آمـاری ضـریب همبسـتگی درون گروهـــی (Interclass Correlation Coefficient) استفاده شد.

جهت بررسی انطباق توزیـع فراوانـی متغیرهـای کمـی بـا توزیع نظری نرمال از آزمون کلموگرف–اسمیرنف تک نمونه‌ای استفاده گردید.

مقایسه متغیرهای کمی بین دو گروه آزمـایش و کنتـرل از طریق آزمون آماری تی مستقل انجام شد.

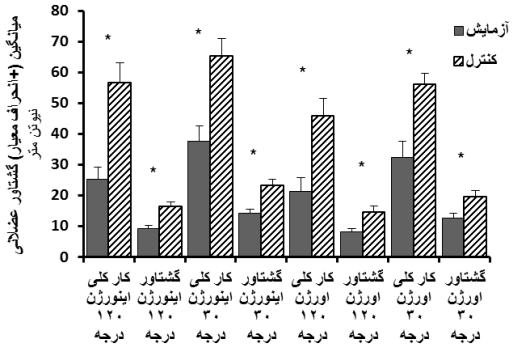
برای مقایسه متغیرهای اصلی مطالعـه قبـل و بعـد در هـر گروه از آزمون‌های تی زوجی استفاده گردید.

سطح معنی‌داری ۵٪ در نظر گرفته شـد. نـرم‌افـزار مـورد استفاده SPSS نسخه بود.

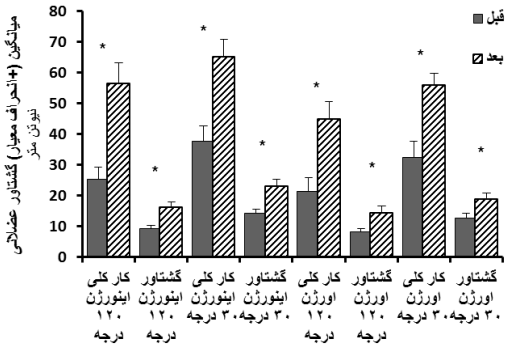
## نتایج

**نتـایج حاصـل از مقایسـه گشـتاور عضـلات اورتـور و اینورتور مچ پا در گروه آزمایش و کنترل.** میانگین و انحراف معیار میزان گشتاور عضـلات اورتـور و اینورتـور در هـر دو گروه درمان و کنترل محاسبه گردید. نتـایج آزمـون t مسـتقل نشان‌دهنـده تغییـرات معنـی‌داری در شـاخص‌هـای گشـتاور عضلات اورتور و اینورتور مچ پا بین گروه آزمـایش و گـروه کنترل بود (شکل ۱).

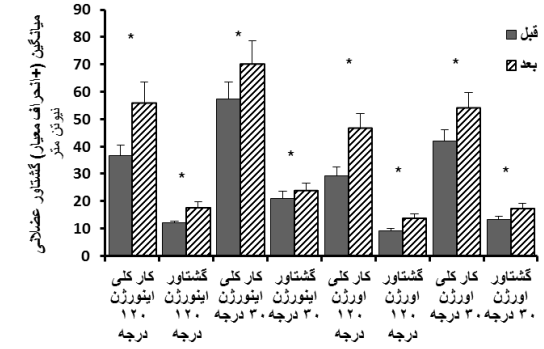
**نتـایج حاصـل از مقایسـه گشـتاور عضـلات اورتـور و اینورتور در پای سالم و بیمار قبل و بعد از مداخله.** میانگین و انحراف معیار میزان گشتاور عضلات اورتور و اینورتور مچ پا در هر دو پای افراد (پای سالم و پای درگیـر) قبـل و بعـد از مداخله محاسبه گردید. نتـایج آزمـون t زوجـی نشـان‌دهنـده تغییرات معنی‌داری در مقایسه میانگین‌های گشـتاور عضـلات اورتور و اینورتور مچ پا در پای مبتلا به بی‌ثباتی عمـل‌کـردی مچ پا قبل و بعد از درمان، هم‌چنین گشتاور عضلات اورتور و اینورتور مچ پا در پای سالم قبل و بعد از درمان می‌باشد، کـه نشان می‌دهد پای سالم و پای مبتلا هر دو تحت تاثیر درمـان با WBV قرار گرفته‌اند (شکل ۲ و ۳).




شکل ۱. مقایسه میانگین گشتاور عضلات اورتور و اینورتور مچ پای درگیر گروه آزمایش و پای معادل گروه کنترل (PT: Peak torque, TW: Total work)




شکل ۲. گشتاور عضلات اورتور و اینورتور مچ پای درگیر قبل و بعد از مداخله




شکل ۳. گشتاور عضلات اورتور و اینورتور مچ پای سالم قبل و بعد از مداخله(PT: Peak torque, TW: Total work)

## بحث و نتیجه‌گیری

مکانیسم آسیب اینورژن مچ پا علاوه بر تاثیر روی اعصاب حسی، اعصاب حرکتی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. محققین بسیاری سرعت هدایت عصبی کاهش یافته و نیز آسیب عصبی را پس از آسیب‌های اینورژن مچ پا عنوان کرده‌اند. اگر چه نتایج این تحقیقات شامل آسیب‌های حاد است ولی می‌توان این‌گونه استنباط کرد که آسیب‌های مکرر به اعصاب حرکتی می‌تواند منجر به پارگی دائمی اعصاب و در نتیجه توانایی محدود در کنترل ویژگی‌های زمانی و مکانی فعالیت عضلانی شود. این فرضیه هم‌چنین می‌تواند دلیلی بر استفاده بیش‌تر افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا از استراتژی‌های هیپ باشد [۳۴]. اگر چه نقص در قدرت و تحمل عضلانی به عنوان فاکتور همراه در بی‌ثباتی عملکردی مچ پا هنوز بحث‌برانگیز است ولی نکته مهم در این است که این نقایص، توانایی سیستم کنترل وضعیت را برای اجرای دستورات حرکتی که عضلات مچ پا در آن نقش دارند را تحت تاثیر قرار می‌دهند [۶].

نقص گشتاور عضلات اورتور پس از آسیب مچ پا می‌تواند ناشی از آتروفی عضلانی، مهار عملکرد عضلانی و یا آسیب کششی به عصب پرونئال باشد. عدم تعادل عضلانی همراه با افزایش زمان عکس‌العمل عضلات پرونئال می‌تواند منجر به نقص در توانایی پاسخ به تغییرات ناگهانی در تعادل وضعیتی شود [۳۴].

Bonnin اولین فرضیه را در ۱۹۵۰ در ارتباط بین ضعف عضلانی و بی‌ثباتی مزمن مچ پا مطرح‌کرد، طبق نظر وی عضلات اورتور باید به حدی قوی باشند که با مکانیسم اینورژن که در پیچ‌خوردگی مچ پا رخ می‌دهد، مقابله نمایند. تئوری این است که هنگامی که مچ پا به طور ناگهانی به اینورژن با نیرو برده می‌شوند نیاز به پاسخ کانسنتریک قوی و نیرومند اورتورها (عضلات پرونئال) وجود دارد که با نیروی اینورژن مقابله کند و از پیچ‌خوردگی جلوگیری نماید [۳۵،۳۱،۱۴].

ضعف پروناتورها و اورتورها و اختلال عملکرد عضلات پشت ساق توصیف‌کننده بی‌ثباتی مزمن مچ پا هستند. ضعف پرونئال‌ها و نیاز به تقویت آن‌ها در مقالات به عنوان علت بی‌ثباتی مزمن مچ پا مورد توجه قرار گرفته است. Bonnin اولین کسی بود که اشاره کرد که فرکانس تکرار پیچ‌خوردگی مچ پا به کنترل عضلانی بستگی دارد. در افراد آموزش‌ندیده شکستن اسپاسم محافظتی این عضلات و نیز غلبه بر مقاومت آن‌ها یک گام اشتباه است. Bosein نیز ضعف پرونئال‌ها را به عنوان عامل واضح همراهی‌کننده در پیچ‌خوردگی‌های راجعه می‌داند [۳۵،۱۴]. محققین مختلف دلایل این اختلافات در زمینه وجود ضعف اورتورها و اینورتورها را ناشی از تفاوت در سرعت انجام تست‌ها (۳۰ °/s تا ۲۴۰ °/s) و نیز نوع انقباضات عضلانی(کانسنتریک و اکسنتریک) استفاده شده در تحقیقات مختلف می‌دانند [۳۶].

نتیجه این مطالعه با نتایج محققین دیگر Willems که ضعف عضلات اورتور را در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عمل‌کردی مچ پا با افراد سالم گزارش نمودند هم‌خوانی دارد [۳۹،۳۷،۱۴].

طبق یافته‌های این مطالعه WBV بر گشتاور کانسنتریک عضلات اورتور و اینورتور اثرگذار بوده و آن‌ها را بهبود بخشیده است.

مطالعات نشان داده‌اند که اعمال ویبریشن مکانیکی (با فرکانس ۱۰ تا ۲۰۰ هرتز) به تاندون‌ها یا عضلات می‌تواند باعث ایجاد یک پاسخ رفلکسی گردد که Tonic Vibration Reflex (TVR) نامیده می‌شود [۴۰]. این پاسخ رفلکسی منجر به انقباض عضله می‌گردد و انقباض ارادی هم‌زمان عضله، ضمن اعمال ویبریشن، میزان این انقباض رفلکسی را افزایش داده و در نتیجه توانایی حداکثر انقباض ارادی را، افزایش می‌دهد [۴۱]. مکانیسم این انقباض به این صورت است که با اعمال ویبریشن، عضلات اسکلتی دچار تغییر طول کم و سریع شده که این مسئله باعث تحریک دوک‌های عضلانی می‌گردد و فیبرهای آوران Ia را فعال می‌کند. بعد از آن تخلیه‌های دوک‌های عضلانی به طناب نخاعی فرستاده می‌شوند و در آن‌جا چرخه‌های تک‌سیناپسی و چندسیناپسی (بیش‌تر چندسیناپسی) را فعال کرده که خود، باعث تحریک آلفاموتور نورون‌ها و در نهایت، انقباض عضله می‌گردد. در نتیجه، ضمن انقباض عضله همراه با اعمال ویبریشن، اغلب افزایش فعالیت الکترومیوگرافی مشاهده می‌شود [۴۴]. در واقع TVR باعث افزایش به‌کارگیری واحدهای حرکتی به‌واسطه فعال‌سازی دوک‌های عضلانی و مسیرهای چندسیناپسی می‌گردد [۴۳]. پس می‌توان گفت که در واقع ویبریشن بر سیستم عصبی مرکزی اثر می‌کند و از این طریق، باعث بهبود عمل‌کرد عضله می‌گردد و در صورتی‌که این تحریک ویبراتوری برای مدت زمان منطقی مشخصی و طی چندین روز اعمال گردد می‌تواند باعث تغییرات پایدار (Plastic Rearrangement) در جفت شدن (Coupling) حسی-حرکتی گردد [۴۴].

ویژگی بارز WBV این است که می‌تواند همانند تمرینات تقویتی، تغییر در شتاب جاذبه‌ای ایجاد کند و به این وسیله عمل‌کرد عضلانی را ارتقا دهد [۴۵]. به‌عبارتی مکانیسمی که توسط آن WBV می‌تواند سیستم عصبی-عضلانی و هورمونی را تحت تأثیر قرار دهد، افزایش لود جاذبه‌ای است [۴۶].

گروه‌های عضلانی که به صفحه ویبریشن نزدیک‌تر باشند از تحریکات ویبریشن تاثیر بیش‌تری می‌گیرند. بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که برای تقویت عضلات اطراف مچ پا از آن استفاده شود. همان‌طور که اشاره شد، برای برنامه‌ریزی یک پروتکل درمانی مناسب با WBV پارامترهایی که نیاز است شامل فرکانس و آمپلیتود نوسانات، زمان در معرض ویبریشن بودن و وضعیتی که فرد روی صفحه ویبریشن به خود می‌گیرد، است. بر اساس مطالعات مختلف از جمله مطالعه Pollock آمپلی‌تودهای بالاتر نسبت به آمپلی‌تودهای پایین‌تر فعالیت عضلانی به ویژه عضلات اندام تحتانی و تعادل بیش‌تر تحت تاثیر قرار می‌گیرند [۴۷]. در عین حال آمپلیتودهای بالاتر با فرکانس‌های بالا افزایش بیش‌تری در فعالیت عضلات به ویژه آن‌هایی که نزدیک‌تر به صفحه ویبریشن هستند، ایجاد می‌کنند [۴۸]. بر این اساس در این مطالعه نیز از آمپلی‌تودهای بالاتر استفاده شد. در مورد فرکانس، ۲۶ هرتز بیش‌ترین فرکانس مورد استفاده است، از جمله Ebersbach و Siu که مشاهده نمودند فرکانس ۲۶ هرتز اثرات سودمندتری بر فعالیت عضلانی دارد و در این مطالعه نیز از فرکانس ۲۵ هرتز استفاده شد (دستگاه مورد استفاده در این تحقیق فاقد فرکانس ۲۶ هرتز می‌باشد و نزدیک‌ترین فرکانس به آن (۲۵ هرتز) استفاده شد [۵۰،۴۹].

مطالعات گذشته نشان داده که WBV می‌تواند منجر به افزایش قدرت در عضلات اندام تحتانی گردد و تحریک حسی قوی ناشی از آن دوک‌های عضلانی را فعال می‌کند و حس عمقی را نیز ارتقا دهد [۵۱].

افزایش قدرت انقباض، توسط TVR در مطالعات متعددی، مستند شده است. برای نمونه Hagbarth & Eklund در۱۹۶۶، Johonson در۱۹۷۰ و Arcangel در ۱۹۷۱ همگی گزارش

دادند که نیروی عضلانی ثبت شده ضمن انقباضات ایزومتریک، به‌علت تحریک ویبراتوری موضعی اعمال شده به عضله یا تاندون، افزایش یافت [۴۱] و در کل می‌توان گفت که درمان ویبریشن، از طریق مکانیسم‌هایی مانند TVR، بهبود عملکرد عصب-عضله، سازماندهی مجدد فیبرهای عضلانی و افزایش تولید مواد تحریکی توسط سلول‌های ترشحی، نیروی عضلانی را بهبود می‌دهد [۴۲].

آوران‌های مسیرهای حس عمقی (Ia,IIa و احتمالاً IIb) نقش مهمی در ایجاد انقباضات ایزومتریک دارند. افزایش قدرت ایزومتریک پس از اعمال WBV با تحریک حسی شدید می‌تواند در نتیجه استفاده مفیدتر حلقه‌های حس عمقی بیوفیدبکی مثبت باشد. بنابراین افزایش قدرت عضلانی پس از اعمال WBV به اثر تطابق عصبی نسبت داده می‌شود [۴۳].

بهبود قدرت عضلانی که پس از اعمال WBV در این مطالعه مشاهده شد با مطالعات قبلی که افزایش قدرت عضلانی را نشان می‌دهند قابل مقایسه است. در مقابل مطالعاتی نیز وجود دارند که هیچ تفاوتی در قدرت عضلانی پس از اعمال WBV با روش‌های تقویتی معمول مشاهده نکردند. طبق نظر محققین مختلف از جمله Trans علت آن این است که تحقیقات روی افراد جوان و سالم انجام شده است. بنابراین شرایط مطالعه و افراد شرکت‌کننده در تحقیق روی نتیجه تحقیق تاثیر می‌گذارد [۴۳]. نتایج این مطالعه با مطالعات دیگر قابل مقایسه نیست چرا که تنها مطالعه مشابه در این خصوص مطالعه Baumbach است که بر روی افراد با ضایعه پیچ‌خوردگی حاد مچ پا انجام شده است که این مطالعه اعمال ویبراسیون عمومی را در درمان این ضایعه موثر می‌داند [۵۰]. سایر مطالعات جدید بر روی افراد سالم انجام شده است و با توجه به طبیعی بودن قدرت عضلات مچ پا در این افراد نتایج سودمندی که جاکی از تاثیر این روش بر قدرت عضلات مچ پا باشد مشاهده نشده است [۵۴،۵۳].

از کاستی‌های این تحقیق می‌توان به حجم نمونه کم در دسترس در شهر سمنان اشاره نمود. پیشنهاد می‌گردد مطالعات مشابه با حجم نمونه بیش‌تر انجام گیرد.

افرادی با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا از گشتاور کانسنتریک عضلات اورتور و اینورتور کم‌تری نسبت به افراد سالم برخوردارند. این احتمال وجود دارد که یکی از علل پیچ‌خوردگی‌های راجعه پا می‌تواند ترکیبی از ایمبالانس عضلانی باشد. WBV به عنوان یک متد درمانی جدید در بازآموزی عصبی عضلانی در بهبود گشتاور عضلانی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا موثر است و این احتمال وجود دارد که بتواند جلوی آسیب‌های مکرر را در این افراد بگیرد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان از کلیه افرادی که به عنوان نمونه وارد این مطالعه شده و موجبات انجام این تحقیق را فراهم آوردند، کمال تشکر و قدردانی را دارند. این تحقیق با حمایتهای مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی سمنان انجام شده است.

## منابع

[1] Yang C, Guo L, Tsao H, Deng H, Gong W. Changes in lower limb muscle activations in individuals with functional ankle instability during drop landings. Poster 193, Poster Session 2 / Motor Control.

[2] Hupperets M, Verhagen E, Mechelen W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomized controlled trial. BMJ 2009; 339: b2684.

[3] Cordova M, Bernard L, Demchak T, Stone M, Sefton J. Cryotherapy and ankle bracing effects on peroneus longus response during sudden inversion. J Electromyogr Kinesiol 2010; 20: 348-353.

[4] Otter S. The conservative management of lateral ankle sprains in the Athlete. The Foot 1999; 9: 12-17.

[5] Hubbarda T, Olmsted-Kramera L, Hertel J, Sherbondy P. Anterior–posterior mobility of the talus in subjects with chronic ankle instability. Phys Ther Sport 2005; 6: 146-152.

[6] Monaghan K, Delahunt E, Caulfield B. Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls. Clin Biomech 2006; 21: 168-174.

[7] Freeman M, Dean M, Hanham I. The etiology and prevention of functional ankle instability of the foot. J Bone Joint Surg Br 1965; 47: 678-685.

[8] Lentell G, Baas B, Lopez D, McGuire L, Sarrels M, Snyder P. The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. J Orthop Sports Phys Ther 1995; 21: 206-215.

musculature onset, peak latency and balance measures in functionally unstable ankles. Phys Ther Sport 2007; 8: 117-129.

[29] Hopkins T, Pak O, Robertshaw A, Feland J, Hunter I, Gage M. Whole body vibration and dynamic restraint. Int J Sports Med 2008; 29: 424-428.

[30] Clark V, Burden A. A 4-week wobble board exercise program improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle. Phys Ther Sport 2005; 6: 181-187.

[31] Noronha M, Borges N. Lateral ankle sprain: Isokinetic test reliability and comparison between invertors and evertors. Clin Biomech 2004; 19: 868-871.

[32] Aydog E, Aydog S, Cakci A, Doral M. Reliability of isokinetic ankle inversionand eversion-strength measurement in neutral foot position, using the Biodex dynamometer. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2004; 12: 478-481.

[33] Ebid AA, Ahmed MT, Mahmoud Eid M, Mohamed MS. Effect of whole body vibration on leg muscle strength after healed burns: A randomized controlled trial. Burns 2012; 38: 1019-1026.

[34] Leanderson J, Bergqvist M, Rolf C, Westblad P, Wigelius-Roovers S, Wredmark T. Early influence of an ankle sprain on objective measures of ankle joint function A prospective randomized study of ankle brace treatment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1999; 7: 51-58.

[35] Pontaga I. Ankle joint evertor–invertor muscle torque ratio decrease due to recurrent lateral ligament sprains. Clin Biomech 2004; 19: 760-762.

[36] Porter G, Kaminski T, Hatzel B, Powers M, Horodyski M. An examination of the stretch-shortening cycle of the dorsiflexors and evertors in uninjured and functionally unstable ankles. J Athl Train 2002; 37: 494-500.

[37] Akbari M, Karim H, Farahini H, Faghihzadeh S. Balance problems after unilateral lateral ankle sprains. J Rehabil Res Dev 2006; 43: 819-824.

[38] Brown C, Mynark R. Balance deficits in recreational athletes with chronic ankle instability. J Athl Train 2007; 42: 367-373.

[39] Cornwall M, Murrell P. Postural sway following inversion sprain of the ankle. J Am Podiatr Med Assoc 1991; 81: 243-247.

[40] Cardinale M, Lim J. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole body vibrations of different frequencies. J Strength Cond Res 2003; 3: 621-624.

[41] Issurin B, Tenenbaum A. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. J Sports Sci 1999; 3: 177-182.

[42] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. Exerc Sport Sci 2003; 1: 3-7.

[43] 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.

[44] Casale R, Ring H, Rainoldi A. High frequency vibration conditioning stimulation centrally reduces myoelectrical manifestation of fatigue in healthy subjects. J Electromyogr Kinesiol 2008; 5: 998-1004.

[45] Bosco C, Colli R, Introni E, Cardinale M, Tesarpela O, Madella A, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. Clin Physiol 1999; 2: 183-187.

[46] Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, Madsen K. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. Eur J Appl Physiol 2006; 96: 615-625.

[9] Dayakidis M, Boudolos K. Ground reaction force data in functional ankle instability during two cutting movements. Clin Biomech 2006; 21: 405-411.

[10] Caulfield B, Garrett M. Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. Clin Biomech 2004; 19: 617-621.

[11] Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Aydin T. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2007; 15: 654-664.

[12] Delahunt E. Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. J Body Mov Ther 2007; 11: 203-213.

[13] Caulfield B. Functional instability of the ankle joint: Features and underlying causes. Physiotherapy 2000; 86: 401-411.

[14] Willems T, Witvrouw T, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. J Athl Train 2002; 37: 487-493.

[15] Richie D. Chronic Ankle Instability: Can Orthotics Help?. Podiatry toda 2006; 19: 48-57.

[16] Hale S, Hertel J, Olmsted-Kramer L. The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. J Orthop Sports Phys Ther 2007; 37: 303-311.

[17] Bryan R. Is there a link between chronic ankle instability and postural instability? J Athl Train 2002; 37: 386-393.

[18] Tournéa Y, Besseb Mabitc L, Sofcot C. Chronic ankle instability: Which tests to assess the lesions? Which therapeutic options. Orthop Traumatol Surg Res 2010; 96: 433-446.

[19] Peters W, Trevino G, Renstrom A. Chronic lateral ankle instability. Foot Ankle 1991; 12: 182-191.

[20] Powers M, Buckley B, Kaminski T, Hubbard T, Ortiz C. Six weeks of strength and proprioception training does not affect muscle fatigue and static balance in functional ankle instability. I Sport Rehabil 2004; 13: 201-227.

[21] Bullock N, Martin D, Ross A, Rosemond D, Jordan M, Marino F. Acute effect of whole body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. J Strength Cond Res 2008; 22: 1371-1374.

[22] Lapole T, Perot C. Effects of repeated achilles tendon vibration on triceps surae force production. J Electromyogr Kinesiol 2010; 20: 648-654.

[23] Fatrmy E, Bakhtiary A, Ghorbani R, Vahabi P, Masomi S, Solemanian Z. Comparing effects of local vibration and sit-up exercise on abdominal local fat thickness in young healthy women. Koomesh 2014; 15: 461-468. (Persian).

[24] Fatemy E, Bakhtiary A, Amozadeh Khalili M, Ghorbani R. Effects of vibration training on hamstring muscle shortness. Koomesh 2010; 11: 312-316. (Persian).

[25] 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.

[26] Melny KM. Neuromuscular ankle joint stabilization after 4-weeks WBV training. Int J Sports Med 2009; 30: 461-466.

[27] Cloak R, Nevill AM, Clarke F, Day S, Wyon MA. Vibration training improves balance in unstable ankles. Int J Sports Med 2010; 31: 894-900.

[28] Akhbari B, Ebrahimi I, Salavatia M, Sanjari MA. 4-week biodex stability exercise program improved ankle

[47] Pollock R, Woledge R, Mills K, Martin F, Newham D. Muscle activity and acceleration during whole body vibration: Effect of frequency and amplitude. Clin Biomech 2010; 25: 840-846.

[48] Costantino C, Pogliacomi F, Soncini G. Effect of the vibration board on the strength of ankle dorsal and plantar flexor muscles: a preliminary randomized controlled study. Acta Biomed 2006; 77: 10-16.

[49] Ebersbach G, Edler d, Kaufhold O, Wissel J. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in parkinson's disease. Arch Phys Med Rehabil 2008; 89: 399-403.

[50] Siu P, Tam B, Chow D, Guo J, Huang Y, Zheng Y, Wong S. Immediate effects of 2 different whole-body vibration frequencies on muscle peak torque and stiffness. Arch Phys Med Rehabil 2010; 91: 1608-1615.

[51] Bogaerts A, Verschueren S, Deleclus C, Claessens A, 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.

[52] Baumbach SF, Fasser M, Polzer H, Sieb M, Regauer M, Mutschler W, et al. Study protocol: the effect of whole body vibration on acute unilateral unstable lateral ankle sprain- a biphasic randomized controlled trial. BMC Musculoskelet Disord 2013; 14: 22.

[53] Martínez F1, Rubio JA, Ramos DJ, Esteban P, Mendizábal S, Jiménez F. Effects of 6-week whole body vibration training on the reflex response of the ankle muscles: a randomized controlled trial. Int J Sports Phys Ther 2013; 8: 15-24.

[54] Melnyk M, Schloz C, Schmitt S, Gollhofer A. 3. Neuromuscular ankle joint stabilization after 4-weeks WBV training. Int J Sports Med 2009; 30: 461-466.

# Effects of whole body vibration on concentric torque of ankle invertor and evertor muscles in people with functional ankle instability

Atefe Aminian Far (Ph.D)[1], Rozita Hedayati (Ph.D) [*1], Parivash Bagheri (M.Sc)[1], Zahra Yaghubi (Ph.D)[2]
*1 – Neuromuscular Rehabilitation Research Center, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.*
*2 - Rehabilitation Faculty, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

(Received: 11 Sep 2016; Accepted: 7 Nov 2016)

***Introduction:*** Changes in invertor and evertor muscle torque is one of the sensory-motor disabilities along with functional ankle instability (FAI). According to positive advantages of whole body vibration (WBV) on muscle torque, this study has been conducted to evaluate the effect of WBV on evertor to invertor muscle concentric ratio in people with FAI.

***Materials and Methods:*** 30 female with FAI assigned randomly into experimental and control groups. The experimental group received 6 weeks WBV (3 times per weeks). Then they were evaluated according to their evertor and invertor muscle concent ric torque. Concentric muscle torque was evaluated by Biodex Isokinetic.

***Results:*** There were no significant differences between concentric torque of evertor and invertor muscles ($P > 0.05$). WBV could improve concentric torque of invertor and evertor muscles in the ankle of people with FAI ($P < 0.05$).

***Conclusion:*** 6 weeks WBV (18 sessions) can increase concentric torque of evertor and invertor muscles in people with FAI.

***Keywords:*** Vibration, Ankle, Ankle Joint, Joint Instability, Torque

* Corresponding author. Tel: +98 9126090589
rosehed@yahoo.com