**دکتر معزی آذر ۱***
**دکتر رازی محمد ۲**
**عباسی ابراهیم ۳**

۱- استادیار گروه پزشکی ورزشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران
۲- استادیار گروه ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی ایران
۳- دانشجوی دکترای تخصصی فیزیوتراپی، دانشگاه تربیت مدرس

* **نشانی نویسنده مسؤول:** تهران، خیابان ستارخان، مر کز آموزشی درمانی پژوهشی حضرت رسول اکرم (ص)، گروه پزشکی ورزشی (طبقه هشتم)، کد پستی: ۱٤٤٥٥٦۱۳۱۳۱

**تلفن:** ۰۲۱-٦٤۳٥۲٤٤٦
**فاکس:** ۰۲۱-٦٦٥۰۹۱۰۸

**نشانی الکترونیکی:**

azarmoezy@yahoo.com

moezy.a@iums.ac.ir

**مجله علمي سازمان نظام پزشكي جمهوري اسلامي ايران، دوره ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳: ۱۳۵-۱٤۸**

● **مقاله تحقيقي** کد مقاله: ۱۳

# تأثیر برنامه ارتعاش درمانی بر تعادل و حس وضعیتی زانوی ورزشکاران پس از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی

## چکیده

**زمینه:** هدف از مطالعه حاضر بررسی کارایی پروتکل درمانی مبتنی بر ارتعاش درمانی عمومی بدن (ویبراسیون تراپی) بر حس وضعیتی زانو و تعادل پوسچرال ورزشکاران پس از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی در مقایسه با برنامه‌های معمول فیزیوتراپی می‌باشد.
**روش کار:** این کارآزمایی بالینی تصادفی روی بیست ورزشکار واجد شرایط پس از بازسازی یک طرفه لیگامان صلیبی قدامی انجام گرفت. افراد مورد مطالعه به طور تصادفی در دو گروه ویبراسیون تراپی (۱۰ نفر) و فیزیوتراپی (۱۰ نفر) تحت دوازده جلسه برنامه توانبخشی (ارتعاش درمانی عمومی بدن برای گروه اول و برنامه‌های معمول فیزیوتراپی برای گروه دوم) قرار گرفتند. حس وضعیتی زانو ورزشکاران با آزمون بازسازی وضعیت مفصل در دو زاویه هدف ۳۰ و ٦۰ درجه فلکسیون زانو با سیستم ایزوکینتیک بایودکس و شاخص‌های تعادلی آنان با آزمون دینامیک توسط سیستم تعادلی بایودکس قبل و بعد از مداخلات درمانی در هر دو زانو مطالعه گردید.
**یافته‌ها:** کلیه شاخص‌های ثباتی مورد بررسی در گروه ویبراسیون به طور معناداری نتایج بهتری را نسبت به گروه فیزیوتراپی متداول نشان دادند ($P<۰/۰٥$). مقادیر P برای میزان تغیرات متغیرهای شاخص‌های ثباتی کلی (چشم باز)، شاخص ثباتی قدامی خلفی (چشم باز)، شاخص طرفی (چشم باز)، شاخص ثباتی کلی (چشم بسته)، شاخص ثباتی قدامی خلفی (چشم بسته) و شاخص ثباتی طرفی (چشم بسته) به ترتیب عبارتند از: ۰/۰۰۲، ۰/۰۱۰، ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۱ و ۰/۰٤٦. علاوه بر این میزان تغییرات تغییرهای خطای مطلق زاویه‌ای در هر دو زاویه ۳۰ و ٦۰ درجه در هر دو زانو نتایج بهتری را نسبت به گروه فیزیوتراپی متداول نشان دادند

(P<۰/۰۵) (در زانوهای سالم و ترمیم شده در زاویه ۶۰ درجه p = ۰/۰۰۱ و در زانوهای ترمیم شده در زاویه ۳۰ درجه ۰/۰۰۰۱ = p)، به جز در زاویه ۳۰ درجه در زانوی سالم که تفاوت معناداری مشاهده نشد (p = ۰/۱۳۱).
**نتیجه‌گیری:** یافته‌های حاصل از این مطالعه مبین بهبود شاخص‌های تعادل پوسچرال وحس وضعیتی زانو پس از ویبراسیون تراپی است. لذا به نظر می‌رسد که ارتعاش درمانی عمومی بدن می‌تواند شیوه مناسبی برای بازتوانی ورزشکاران پس از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی باشد.
**واژگان کلیدي:** ارتعاش درمانی عمومی بدن، بازسازی صلیبی قدامی، حس وضعیتی زانو، تعادل

## مقدمه

لیگامان صلیبی قدامیAnterior Cruciate Ligament (ACL)علاوه بر حفظ ثبات مفصل زانو، یکی از منابع بسیار مهم حس عمقی در زانو و اندام تحتانی است. گیرنده های متعددی از جمله رسپتورهای رافینی و پاچینی در این لیگامان وجود دارند که قادرند اطلاعات حسی مختلفی را که برای شروع رفلکس‌های حفاظتی مفصل زانو لازم است، تأمین نمایند [۱]. به بیان دیگر، ACL ضمن داشتن عملکرد مکانیکی مهم برای پایداری زانو، فیدبک‌های نورولوژیکی مهمی را ایجاد می‌کند که همراه اطلاعات حسی ارسالی از گیرنده‌های پوست، کپسول، تاندون، عضلات و لیگامان سبب فعال شدن رفلکسی عضلات از طریق سیستم دوک عضلانی می‌گردد. این رفلکس برای کنترل دینامیک مفصل زانو بسیار مهم و ضروری است. فیدبک های مزبور هم چنین به دریافت حس وضعیت، کینستزیا و درک حس عمقی زانو کمک زیادی می‌کنند [۲-۴].
آسیب ACL در ورزشکاران جوان شیوع زیادی داشته و موجب ناپایداری‌های مفصلی و بروز اختلال در عملکرد حس عمقی و تعادل ورزشکاران به ویژه در فعالیت‌های ورزشی می‌گردد. مطالعات مختلف نشان داده است که در ورزشکاران مبتلا به آسیب ACL میزان نوسانات تعادلی به دلیل کاهش کارایی عملکرد حس عمقی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که اختلالات دژنراتیو مفصلی که در این ورزشکاران به عنوان یک عارضه شایع به وفور دیده می‌شود تنها به علت عدم ثبات مفصلی نمی‌باشد بلکه بروز اختلال در فیدبک‌های حس عمقی نیز در این میان نقش به سزایی را ایفاء می‌کند [۲-۳, ۵].
ورزشکاران غالباً پس از بروز آسیب ACL به علت بروز ناپایداری‌های مفصلی ناگزیر از انجام جراحی بازسازی گردیده و پس از آن نیز به علت وجود عوارض ناشی از جراحی و نیز کاهش عملکرد حس عمقی قادر به ادامه فعالیت‌های ورزشی خود نیستند؛ [۶-۷] لذا برای بازگشت به صحنه رقابت‌های ورزشی باید تحت درمان‌های بازتوانی قرار گیرند. برنامه‌های توانبخشی در این بیماران باید با تأکید بر افزایش دامنه حرکتی زانو، تقویت عضلات اطراف مفصل و اندام تحتانی، ایجاد هماهنگی حرکتی، بهبود مهارت‌های ورزشی، احیای حس عمقی، بهبود ثبات مفصلی و تعادل انجام گیرد [۶-۷].
ارتعاش درمانی عمومی بدن (Whole Body Vibration Therapy: WBVT) یکی از روش‌های نوین درمان عصبی ـ عضلانی است که اخیراً در اختیار فیزیوتراپیست‌ها و سایر درمانگرها قرار گرفته است [۸-۱۰]. با قرارگیری فرد روی این سیستم و روشن کردن آن، ارتعاشاتی با فرکانس‌های ۳۰ تا ۵۰ هرتز (با توجه به تنظیم پارامترهای سیستم) به بدن انتقال یافته، موجب تحریک بسیاری از ارگان‌های بدن می‌گردد. این امر بروز واکنش‌های متعددی را در سطوح مختلف از جمله تحریک گیرنده‌های جلدی، تحریک گیرنده‌های عضلانی، تحریک مکانورسپتورهای مفصلی، تحریک سیستم دهلیزی و نیز بروز تغییراتی در میزان آزادسازی نوروترانسمیترها و هورمون‌ها در پی خواهد داشت [۱۱]. همچنین یافته‌های برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که WBVT باعث افزایش قدرت و توان عضلات، بهبود انعطاف‌پذیری بافت نرم، بهبود وضعیت تعادل، افزایش هماهنگی نوروماسکولار، بهبود راه رفتن و ازدیاد تراکم استخوان می‌گردد [۸, ۱۲-۱۶]. از آن جایی که WBVT اثرات تحریکی زیادی روی گیرنده‌های عضلانی دارد به نظر می‌رسد که اثرات مشابهی را بایستی بر روی سایر گیرنده‌های حس عمقی داشته باشد [۱۷-۱۹]. برخی از پژوهش‌ها تأثیر WBVT را بر قدرت عضلانی و تعادل افراد سالم بررسی کرده‌اند. Torvinen و همکارانش نشان دادند چهار دقیقه WBVT طی یک

جلسه باعث بهبود وضعیت تعادل افراد جوان و سالم به میزان ۱۵/۷% می‌گردد [۱۴]. Verschueren و همکارانش طی پژوهشی که به مدت شش ماه روی خانم‌های یائسه انجام دادند کاهش میزان نوسانات پوسچرال را در حین ابداکسیون ارادی شانه نشان دادند [۲۰]. Schuhfried و همکارانش اثرات مثبتی را از WBVT در بهبود تعادل بیماران ناتوان مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس مشاهده کردند [۱۱]. Bogarets و همکارانش تأثیر WBVT بر وضعیت تعادل و دفعات سقوط از یک سطح متحرک را در افراد سالمند بررسی و مشاهده کردند که تعادل افراد مورد مطالعه بهبود یافته و تعداد سقوط‌های آنان کاهش چشمگیری را نشان داده است [۱۷]. Van Nes و همکارانش نیز در مطالعه‌ای که بر روی بیماران مبتلا به سکته مغزی مزمن، که دچار فلج نیمه بدن شده بودند، انجام دادند و دریافتند که ارتعاش درمانی می‌تواند باعث بهبود کنترل وضعیتی در بیماران مذکور گردد [۲۱]. Fontana و همکارانش دریافتند که پنج دقیقه WBVT همراه با انجام تمرینات زنجیره بسته حرکتی باعث بهبودی قابل ملاحظه‌ای در کارایی پروپریوسپتیوهای ناحیه لومبوساکرال شده است [۲۲]. Melnyk agJ و همکارانش نشان دادند که استفاده از یک جلسه WBVT تأثیرات مفیدی را بر پایداری فانکشنال مفصل زانو در افراد نرمال داشته است [۲۳]. با وجود بررسی‌های انجام گرفته در زمینه WBVT، هنوز تأثیر این روش درمانی بر کارایی پروپریوسپتیوهای مفصل زانو و تعادل ورزشکاران پس از جراحی بازسازی ACL مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی تأثیر پروتکل جدید درمانی WBVT در مقایسه با روش‌های معمول بازتوانی بر کارایی پروپریوسپتیوهای مفصل زانو و تعادل ورزشکاران پس از جراحی بازسازی ACL است.

## روش کار

مطالعه حاضر یک کارآزمایی بالینی تصادفی (Randomized Clinical Trail) به صورت یک‌سویه کور است که بر روی ورزشکاران واجد شرایطی که تحت عمل بازسازی ACL با روش Bone-Patellar Tendon-Bone قرارگرفته بودند، انجام گردیده است. در این تحقیق ورزشکاران در دو گروه درمانی مورد بررسی قرارگرفتند:

۱- گروه اول با پروتکل درمانی مبتنی بر ویبراسیون‌تراپی همراه با برنامه معمول فیزیوتراپی موسوم به گروه (WBVT)

Whole Body Vibration Training با حضور ۱۰ ورزشکار (گروه مداخله)

۲- گروه دوم فقط با برنامه معمول فیزیوتراپی موسوم به گروه (Physiotherapy (PT با حضور ۱۰ ورزشکار (گروه کنترل)

پس از معرفی ورزشکاران به کلینیک فیزیوتراپی توسط جراح معالج، بیماران ابتدا از نظر شرایط ورود به پژوهش بررسی شدند. پس از انتخاب افراد واجد شرایط، ورزشکاران به طور تصادفی با استفاده از جدول اعداد تصادفی و بلوک‌بندی (با بلوک‌های چهارتایی) در یکی از گروه‌های WBVT و PT قرار گرفتند. در ابتدا خلاصه‌ای از برنامه‌های درمانی برای شرکت‌کنندگان با زبان ساده بیان گردید و به منظور کسب رضایت و موافقت آگاهانه، شرکت‌کنندگان نسبت به تعداد جلسات درمان، مدت هر جلسه، نوع ارزیابی‌ها و بی‌ضرر بودن آن‌ها توجیه شدند. شایان ذکر است که در این تحقیق برنامه‌های درمانی و ارزیابی‌ها توسط دو فرد مختلف انجام شده و بالطبع فرد ارزیابی‌کننده از نوع درمان و گروه‌های ورزشکاران مطلع نبوده است. کلیه مراحل این تحقیق با تأیید کمیته اخلاقی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران بوده و قبل از شروع ارزیابی‌ها و مداخلات درمانی از کلیه شرکت‌کنندگان در این پژوهش رضایت‌نامه کتبی اخذ گردید.

شرایط ورود به پژوهش شامل وجود آسیب یک طرفه ACL با تشخیص پزشک متخصص ارتوپد و فوق‌تخصص زانو و تأیید MRI، جنس مذکر، داشتن فعالیت ورزشی در رشته‌های توپی و رزمی، داشتن سابقه ورزشی حرفه‌ای، رضایت کامل ورزشکاران برای شرکت در پژوهش، قرار داشتن در دامنه سنی ۳۰-۲۰ سال، سلامت کامل قلبی عروقی ورزشکاران، انجام جراحی بازسازی ACL به روش Bone Patellar Tendon Bone، گذشتن ۱۲ هفته از جراحی برای شروع فیزیوتراپی و داشتن دامنه حرکتی در مفصل زانوی جراحی شده به میزان حداقل ۹۰ درجه (از صفر تا ۹۰ فلکسیون) بود. شرایط خروج از پژوهش هم شامل وجود آسیب در سایر لیگامان‌ها و ساختارهای مفصل

زانوی مربوطه، وجود سابقه جراحی یا ضایعه در زانو و سایر مفاصل اندام‌های تحتانی، مصرف داروهای مسکن، ضد التهاب و مکمل‌های ورزشی بر اساس پرسش از ورزشکار، وجود عوارض پس از جراحی مانند چسبندگی و آرتروفیبروزیس، التهاب مزمن، درد پاتلوفمورال، لاکسیتی گرافت، ناتمام ماندن برنامه‌های درمانی و ارزیابی، بروز هر گونه اختلال ناگهانی سیستمیک در حین تمرینات بنا به گفته بیمار و تأیید پزشک و پرداختن به تمرینات خارج از برنامه تعیین شده بنا به گفته بیمار بود.

در مطالعه حاضر برای تعیین حجم نمونه از متغیرهای تعادل پوسچرال (با یک پا و دو پا) در بیماران بعد از بازسازی ACL استفاده گردید. شایان ذکر است که بر اساس این متغیرها با استفاده از معادله مقایسه میانگین‌ها، حجم نمونه مورد نیاز برای نشان دادن تغییر در شاخص ثباتی قدامی خلفی به میزان ۰/۱ درجه و با در نظرگرفتن ۰/۰۵ = $\alpha$ به عنوان سطح معنادار و توان آزمون ۸۰%، ۱۰ نفر محاسبه شد [۲۴].

در این مطالعه علاوه بر مشخصات دموگرافیک بیماران، پارامترهای شاخص‌های تعادلی و حس وضعیتی مفصل پس از ارزیابی ثبت می‌گردید. شایان ذکر است که ارزیابی‌های مزبور برای کلیه شرکت‌کنندگان قبل و بعد از انجام مداخله توسط آزمون‌گر ارزیابی می‌شد.

**ارزیابی تعادل با سیستم تعادلی بایودکس**

یکی از روش‌های ارزیابی سیستم حس عمقی (پروپریوسپشن) مفاصل، بررسی وضعیت تعادل و ثبات پوسچرال می باشد [۲۵]. در این مطالعه برای ارزیابی ثبات پوسچرال از سیستم تعادلی بایودکس (Biodex Medical Systems, Inc, Shirley, USA) Biodex Stability System استفاده شد. سیستم تعادلی بایودکس به گونه‌ای طراحی شده که قادر به تحریک مکانورسپتورهای مفصلی و رفلکس‌های عضلانی برای حفظ ثبات مفصل می‌باشد [۲۶].

در کلیه ارزیابی‌ها، فرد با لباس ورزشی یعنی بلوز و شورت ورزشی، جوراب و کفش ورزشی حاضر می‌شد. در ابتدا درباره نحوه انجام تست‌ها برای بیمار توضیحاتی ارائه می‌گشت. پس از روشن کردن سیستم بایودکس، ابتدا دسته‌های حمایتی دستگاه متناسب با قد فرد تنظیم می‌گردید. بعد در صفحه نمایش گزینه آزمون تعادل دینامیک در حالت ایستاده روی دو پا (Bilateral Leg Stance) انتخاب و مشخصات مربوط به فرد شامل قد و وزن در سیستم ثبت می‌شد. جهت انجام این ارزیابی از بیماران خواسته می‌شد که در یک وضعیت کاملاً راحت به طوری که ۱۵-۱۰ درجه فلکسیون در زانوها وجود داشته باشد، روی سطح Platform دستگاه بایستند. هم چنین به بیمار توصیه می‌شود که در مرکز Platform بایودکس ایستاده تا در هنگام آزاد شدن Platform بتواند تعادل خود را حفظ و از بروز هر گونه انحراف اضافی ناشی از موقعیت نامناسب روی صفحه نیرو، پرهیز شود. وقتی که بیمار در وضعیت خود احساس راحتی می‌کرد، آزمونگر صفحه نیروی دستگاه بایودکس را آزاد کرده و از بیمار می‌خواست که با جابجا نمودن پاها وضعیت افقی Platform را به دست آورد.(شکل ۱) وقتی بیمار مجدداً خود را در وضعیت جدید متعادل می‌ساخت، Platform توسط آزمونگر قفل می‌گشت، وضعیت پاها شامل مختصات محل قرارگیری پاها و زاویه قرارگیری آنها روی دستگاه به عنوان وضعیت مرکزی پاها ثبت می‌شد. در تحقیق حاضر، ارزیابی با سیستم بایودکس در پنج سطح یعنی از سطح ۸ تا سطح ۴ به صورت ایستاده روی دو پا در دو حالت چشمان باز و بسته انجام می‌گرفت. در این ارزیابی از فرد خواسته می‌شد که به مدت ۲۵ ثانیه تعادل خود را ابتدا در حالت چشم باز و بعد در حالت چشم بسته در حالی که دست‌ها کنار تنه قرار داشتند، حفظ کند به طوری که

Platform حتی‌المقدور در وضعیت افقی باقی بماند. مدت زمان حفظ تعادل روی سیستم بایودکس در هر یک از سطوح ۸، ۷، ۶، ۵ و ۴؛ پنج ثانیه بود. سپس شاخص‌های ثباتی کلی، قدامی ـ خلفی و طرفی در حالات چشمان باز و بسته ثبت می‌شدند. این ارزیابی ۳ بار در حالات چشم باز و بسته برای بیماران انجام می‌گرفت و بین ارزیابی‌ها ۳ دقیقه استراحت وجود داشت و نهایتاً میانگین شاخص‌ها محاسبه و ثبت می‌گشت. [۲۶] در هنگام انجام تست در حالت چشم باز، از ورزشکار خواسته می‌شد که به نقطه‌ای که مستقیماً در مقابل دید او قرار داشت نگاه کند و از نگاه کردن به پاها و صفحه نمایش دستگاه اجتناب نماید. از آنجایی که در تمامی مراحل

سعی بر حفظ ایمنی ورزشکار بود در حین انجام ارزیابی‌های تعادلی علاوه بر تمهیدات موجود در سیستم بایودکس، مراقبت لازم از سوی آزمونگر نیز به عمل می‌آمد.

**شکل ۱- ارزیابی شاخص‌های تعادلی با سیستم تعادلی بایودکس**

**ارزیابی حس وضعیتی زانو**

یکی از روش‌های ارزیابی حس وضعیتی مفصل، تست بازیابی موقعیت مفصل یا تست بازسازی مفصلی است، که در آن آگاهی فرد از موقعیت مفصل خود مورد بررسی قرار می‌گیرد [۲۷-۲۹]. این تست در واقع به نوعی، سیستم های کنترل‌کننده حرکت را که عهده‌دار کنترل پوسچر، تعادل و حرکات مختلف بدن هستند، مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۲۸-۲۹]. سیستم‌های کنترل حرکت دارای اجزایی متعددی از جمله سیستم بینایی، سیستم دهلیزی و سیستم سوماتوسنسوری می‌باشند. در تحقیق حاضر، این ارزیابی به صورت بدون تحمل وزن و با کمک دستگاه ایزوکینتیک بایودکس (Biodex Medical Systems, Inc, Shirley, USA)انجام گرفت. نحوه ارزیابی بدین صورت بود که ابتدا ورزشکار بدون کفش و جوراب روی صندلی دستگاه ایزوکینتیک می‌نشست به گونه‌ای که پنج سانتی‌متر فاصله بین لبه صندلی و حفره پوپلیتئال وجود داشته باشد تا پای ورزشکار به راحتی و آزادی بتواند حرکت نماید. سپس تنه ورزشکار و نیز ران وی با نوار کاملاً تثبیت می‌شد. به علاوه جهت حذف پیام‌های بینایی برای ورزشکار از چشم بند و برای حذف یا کاهش پیام‌های حسی زیر پد تیبیال ازآتل هوا (Air Splint) استفاده می‌گردید. ( شکل ۲) علاوه بر این محور دینامومتر سیستم ایزوکنیتیک با موقعیت مفصل زانوی ورزشکار تنظیم می‌گشت. وضعیت آغازین حرکت فلکسیون ۹۰ درجه زانو بود و دامنه انجام حرکت نیز روی ۹۰ درجه تنظیم می‌شد. برای انجام تست بازسازی مفصلی فعال از دو وضعیت هدف یعنی زوایای ۳۰-۶۰ درجه فلکسیون زانو استفاده می‌گردید. برای ارزیابی هر وضعیت هدف، زانو توسط ورزشکار به طور آرام تا زاویه مورد نظر حرکت داده می‌شد، به محض رسیدن به زاویه هدف دینامومتر زانو را به مدت ۵ ثانیه در این وضعیت حفظ می‌کرد تا ورزشکار آن وضعیت را به خاطر بسپارد و بعد سیستم ایزوکنتیک به وضعیت ابتدایی خود باز می‌گشت. پس از یک وقفه ۵ ثانیه‌ای از ورزشکار خواسته می‌شد زاویه‌ای را که به خاطر سپرده، به صورت اکتیو بازسازی کند و به محض رسیدن به زاویه بازسازی شده دگمه Hold دستگاه را که قبلاً در دست گرفته بود فشار دهد، در این حال آزمونگر زاویه‌ای را که دستگاه ایزوکینتیک بایودکس نشان می‌داد، ثبت می‌کرد و میزان اختلاف آن را با زاویه هدف به دست می‌آورد. این ارزیابی برای هر وضعیت هدف ۵ بار تکرار و در نهایت از میزان اختلاف‌های به دست آمده میانگین گرفته می‌شد که در این مقاله از آن تحت عنوان میانگین خطای مطلق زاویه‌ای (Absolute Angular Error) نام برده می‌شود. در ارزیابی مذکور از آن جایی که بیمار می‌بایست به طور اکتیو زاویه مورد نظر را بازسازی نماید، سرعت حرکت سیستم روی ۳۰۰ درجه در ثانیه تنظیم می‌شد تا میزان مقاومت دینامومتر در برابر حرکت به حداقل برسد و بیمار با سهولت بیشتری

بتواند دینامومتر را حرکت دهد. این ارزیابی برای هر دو زانوی سالم و ترمیم شده با دو زاویه هدف انجام می‌گرفت و نحوه انتخاب زانوی راست یا چپ برای تست به صورت تصادفی بود.

**شکل ۲- ارزیابی حس وضعیتی زانو با سیستم ایزوکنیتیک بایودکس**

**روش‌های درمانی (نحوه مداخله)**

**پروتکل فیزیوتراپی برای گروه ویبراسیون‌تراپی**

ورزشکاران شرکت‌کننده در گروه WBVT علاوه بر درمان‌های گروه فیزوتراپی تحت ویبراسیون‌تراپی نیز قرار گرفتند، شایان ذکر است که با قرار گیری ورزشکار روی سیستم ارتعاش درمانی کل بدن و روشن کردن و تنظیم آن، ارتعاشات از طریق کف پا به بدن ورزشکار انتقال می‌یابد. وضعیت‌های بدنی ورزشکاران روی سیستم ارتعاش درمانی به شرح ذیل است:

۱- وضعیت ایستاده روی دو پا با کمی (۱۵ درجه) فلکسیون در زانوها

۲- وضعیت ایستاده روی یک پا با کمی (۱۵ درجه) فلکسیون در زانو

۳- وضعیت ایستاده روی دو پا و انجام حرکت Mini Squat با ۳۰ درجه فلکسیون در زانوها

۴- وضعیت ایستاده روی یک پا و انجام حرکت Mini Squat با ۳۰ درجه فلکسیون در زانو

۵- وضعیت ایستاده روی دو پا و انجام حرکت Deep Squat با ۹۰ درجه فلکسیون در زانوها

۶- وضعیت ایستاده روی یک پا و انجام حرکت Deep Squat با ۹۰ درجه فلکسیون در زانو

۷- وضعیت استاتیک در حالت Wide Stance Squat روی دو پا و انجام حرکت Wide Stance Squat

۸- وضعیت استاتیک و دینامیک در حالت Lunge

۹- وضعیت استاتیک و دینامیک در حالت ایستاده روی پنجه‌های پا درحالی که پاها به اندازه عرض شانه‌ها باز بودند.

منظور از وضعت استاتیک در WBVT حفظ یک وضعیت خاص بدون انجام حرکت و منظور از وضعیت دینامیک انجام حرکت روی سیستم ارتعاش درمانی کل بدن می‌باشد. شایان ذکر است که وضعیت‌های فوق‌الذکر از شماره ۱ تا شماره ۹ به تدریج دشوارتر می‌شوند. لذا در جلسات ابتدایی تمرین، از وضعیت‌های ساده اولیه استفاده می‌شد و بعد طی روند درمان، ورزشکار به سمت وضعیت‌های دشوارتر پیشرفت می‌کرد. تعداد ست‌ها در وضعیت‌های مختلف، فرکانس ارتعاشات درمانی، مدت هر ست و کل دوره درمانی در هر جلسه به طور دقیق در جدول شماره ۱ منعکس شده است.

**پروتکل فیزیوتراپی برای گروه فیزیوتراپی**

برنامه‌های درمانی ورزشکاران شرکت‌کننده در گروه PT طی ۱۲ جلسه شامل برنامه‌های الکتروتراپی (تحریکات الکتریکی عصبی عضلانی برای عضلات کوادریسپس و همسترینگ و Convetional TENS برای کاهش درد)، تمرینات استاتیک برای عضلات عضلات کوادریسپس، همسترینگ، گلوتئال، SLR، تمرینات زنجیره بسته حرکتی زانو شامل: Terminal Knee , Wall-sit, Mini Squat, Leg Press with Theraband Extension، تمرینات نوروماسکولارو پروپریوسپتیو، تمرینات فانکشنال نظیر راه رفتن روی تریدمیل و دوچرخه ثابت، تمرینات کششی برای عضلات کاف، فلکسورهای مفصل ران، کوادریسپس و تمرینات تقویتی پیشرونده برای عضلات اطراف مفصل ران و زانو بود (جدول۲).

**روش تجزیه و تحلیل داده‌ها**

کلیه یافته‌ها با نرم افـزار Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 15 (SPSS Inc, and Chicago,(IL مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور ارائه آمارهای توصیفی متغیرهای مورد مطالعه، شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی محاسبه گردید. پیش از انجام هر گونه آزمون آماری ابتدا توزیع داده‌ها با کمک تست One Sample Kolmogorov-Smironov بررسی شد و از آن جایی که توزیع کلیه متغیرها طبیعی بود، برای مقایسه میانگین کلیه پارامترهای قبل و بعد از مداخله درون گروهی از آزمون پارامتریک Paired- samples t test و برای مقایسه میانگین کلیه پارامترهای بین دو گروه WBVT و PT از آزمون پارامتریک Independent samples t-test استفاده گردید. شایان ذکر است که سطح معنادار بودن P≥۰/۰۵ و برای تعیین اثرات مداخلات درمانی یا به بیان بهتر تشخیص تفاوت‌های حاصل از مداخلات در دو گروه از پارامتر «میزان تغییرات» نیز استفاده شد.

قبل از انجام پروژه تحقیقاتی، جهت ارزیابی تکرار پذیری تست‌ها (Test-retest Reliability)، طرحی مقدماتی روی ۱۱ ورزشکار غیر از افراد شرکت‌کننده در طرح تحقیقی اصلی که تحت جراحی بازسازی ACL به شیوه Bone-Patellar Tendon-Bone قرار گرفته بودند، به فاصله یک هفته انجام گردید. برای تکرارپذیری نسبی متغیرهای کمی شاخص‌های ثبات پوسچرال و بازسازی مفصلی از ضریب همبستگی Intraclass Correlation Coefficient (ICC) با فاصله اطمینان ۹۵% و برای بیان تکرارپذیری مطلق از آزمون خطای معیار اندازه‌گیری یا Standard Error of Measurement (SEM) استفاده شد. بدیهی است که هر چه خطای اندازه‌گیری کمتر باشد متغیر از تکرار پذیری بیشتری برخوردار است. دامنه مقادیر ICC و مقادیر SEM در جدول ۳ ذکر شده و نتایج عالی آزمون‌های فوق، تکرار پذیر بودن تست‌ها را تأیید می‌نماید.

## یافته‌ها

در ابتدای مطالعه، گروه WBVT از ۱۲ نفر و گروه PT از ۱۱ نفر که به طور تصادفی در گروه‌ها تقسیم شده بودند، تشکیل می‌شد. پس از ارزیابی‌های اولیه و شروع مداخلات ۲ نفر از گروه WBVT و ۱ نفر از گروه PT از تحقیق خارج شدند، که به ترتیب به علت فوت مادر، سفر و تصادف بود. بنابراین مطالعه با حضور ۱۰ نفر در هر دو گروه ادامه یافت. مشخصات دموگرافیک افراد مورد مطالعه به تفکیک گروه‌ها در جدول شماره ۴ آمده است. میزان تحصیلات گروه WBVT به ترتیب ۳ نفر در سطح تحصیلات دبیرستانی، ۵ نفر در سطح دیپلم و ۲ نفر نیز دانشجو بودند و در گروه PT ۴ نفر تحصیلات دبیرستانی، ۳ نفر دیپلم و ۳ نفر نیز دانشجو بودند. از نظر نوع ورزش ۶۰% شرکت‌کنندگان گروه WBVT در رشته‌های توپی و ۴۰% در رشته‌های رزمی و در گروه PT، ۷۰% افراد مورد در رشته‌های توپی و ۳۰% در رشته‌های رزمی فعالیت داشتند. آنالیزهای آماری هیچ‌گونه اختلاف معناداری را بین دو گروه WBVT و PT در ابتدای مطالعه نشان نداد.

جدول شماره ۵ میانگین شاخص‌های ثباتی را در وضعیت‌های چشم باز و بسته در هر دو گروه قبل و بعد از مداخله نشان می‌دهد. از نقطه نظر ثبات پوسچرال، تفاوت‌های معناداری در کلیه شاخص‌های پوسچرال قبل و بعد از مداخله

در گروه WBVT مشهود است اما درگروه PT شاخص‌های ثباتی کلی با چشمان باز، شاخص ثباتی کلی با چشمان بسته و شاخص ثباتی طرفی با چشمان بسته بین قبل و بعد از درمان تفاوت‌های معناداری را نشان می‌دهند و در بقیه موارد اختلاف معناداری مشاهده نشد.

جهت ارزیابی پروپریوسپتیوهای زانو از تست بازسازی مفصلی و تعیین خطای مطلق زاویه‌ای استفاده شد. جدول شماره ۵ آمار توصیفی خطای مطلق زاویه‌ای را در دو زاویه فوق در هر دو گروه قبل و بعد از مداخله نشان می‌دهند. وضعیت حس عمقی زانو که با کمک تست بازسازی مفصل انجام گرفت، در گروه WBVT اختلاف معناداری در متغیرهای خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۶۰ زانوی سالم (P<۰/۰۰۰۱) و زانوی ترمیم شده (P<۰/۰۰۰۱) و خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۳۰ زانوی ترمیم شده (P<۰ /۰۰۰۱) و اما در متغیر خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۳۰ زانوی سالم در گروه WBVT p=۰/۰۶۷ و کلیه متغیرها در گروه PT هیچگونه تفاوت معناداری بین ارزیابی‌های قبل و بعد از مداخله حاصل نشد.

پارامترهایی که در قسمت بعدی این مقاله مورد ارزیابی آماری قرار خواهند گرفت، میزان تغییرات متغیرهای مورد ارزیابی هستند. منظور از میزان تغییرات افزایش یا کاهش هر یک از متغیرها از مرحله پیش از مداخله (Pre-intervention) تا مرحله پس از مداخله (Post-intervention) است. میزان تغییرات خطای مطلق زاویه‌ای در زوایای ۶۰ پای سالم (P=۰/۰۰۱) و پای ترمیم شده (P=۰/۰۰۱) و ۳۰ درجه پای ترمیم شده (P<۰ /۰۰۰۱) اختلاف معناداری بین دو گروه WBVT و PT نشان داد، در حالیکه در زاویه ۳۰ درجه زانوی سالم (P=۰/۱۳۱) تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نگردید. مقایسه دو گروه از نظر میزان تغییرات شاخص‌های ثبات پوسچرال تفاوت‌های معناداری را بین کلیه شاخص‌ها در دو گروه WBVT و PT نشان داد. (جدول شماره ۶)

## بحث

هدف از اجرای مطالعه حاضر مقایسه پروتکل جدید مبتنی بر WBVT پس از جراحی بازسازی ACL به شیوه Bone-Patellar Tendon-Bone در بهبود تعادل و حس وضعیتی زانوی ورزشکاران مصدوم با روش‌های معمول فیزیوتراپی بوده است. افراد شرکت‌کننده در این طرح همگی ورزشکاران حرفه‌ای و از نظر متغیرهای زمینه‌ای مشابه بودند.

### تأثیر WBVT بر حس وضعیتی زانو

گیرنده‌های حس عمقی موجود در ACL مسؤول تشخیص تانسیون، سرعت حرکت، شتاب حرکت و وضعیت مفصلی و حس حرکتی زانو می‌باشند (۲۷-۲۹). یافته‌های مطالعه حاضر حاکی از وجود اختلاف معناداری در خطای مطلق زاویه‌ای در زوایای مورد مطالعه هر دو زانو بین مراحل پیش و پس مداخله در گروه WBVT است، اما در گروه PT هیچگونه اختلاف معناداری بین مراحل پیش و پس مداخله در متغیرهای خطای زاویه‌ای دیده نشد. این یافته موید اثر مثبت WBVT در بهبود حس وضعیتی مفصل زانوی ترمیم شده است. یافته‌های این بررسی هم چنین نشان داد که محرک ویبراسیون به مراتب بیش از شیوه‌های معمول فیزیوتراپی در بهبود حس عمقی تأثیر داشته است. چنین یافته‌ای در زاویه ۳۰ درجه نیز مشاهده شد. وجود اختلاف معنادار در متغیر خطای مطلق زاویه‌ای بین دو گروه مورد مطالعه نشان از کاهش میزان خطای ورزشکاران مورد مطالعه در بازسازی وضعیت مفصل داشته و حاکی از بهبود نسبی عملکرد گیرنده حس عمقی و حس وضعیتی در زانوی ورزشکاران گروه WBVT می‌باشد. شایان ذکر است روش های معمول فیزیوتراپی اثرات قابل ملاحظه‌ای را در بهبود حس وضعیتی زانو در گروه مربوطه ایجاد نکرده بودند. لیگامان کروشیت قدامی منبع بسیار مهمی برای پروپریوسپشن زانو محسوب می‌شود. یافته‌های حاصل از تحقیقات گوناگون کاهش و یا فقدان عملکرد گیرنده‌های حس عمقی پس از آسیب و جراحی‌های ACL نشان داده است که این امربه نوبه خود موجب اختلال در الگوی طبیعی حرکات مفصلی، آتروفی عضلات اطراف زانو، تغییرات دژنراتیو مفصلی، اختلال در حس وضعیتی وفیدبک های حس عمقی می‌گردد [۱-۳, ۵, ۷, ۲۷, ۲۹-۳۰]. فقدان عملکرد طبیعی پروپریوسپشن در زانو که غالباً به دنبال وقفه در ارسال پیام عصبی از طرف گیرنده‌های ACL پس از آسیب یا جراحی انجام می‌پذیرد، موجب تغییراتی در کینماتیک زانو نیز گشته که پیام طبیعی رسپتورهای مفصل سالم را نیز متأثر می‌سازد [۲۹-۳۰].

بررسی‌های مختلف نشان داده است که با کمک برنامه‌های تسریع یافته توانبخشی طی دوره زمانی ۳ هفته تا ۶ ماه پس از جراحی بازسازی ACL، می‌توان تا حدودی عملکرد پروپریوسپتیوها و حس وضعیتی زانو را بهبود بخشید [۳۱-۹]. اما چنانچه محرک قوی‌تری برای تحریک گیرنده‌های حس عمقی به برنامه متداول فیزیوتراپی افزوده شود، مسلماً می‌توان انتظار بهبود بیشتری در عملکرد پروپریوسپشن مفصل زانو داشت. به نظر می‌رسد، WBVT از طریق تحریک رسپتورها در سطوح مختلف از جمله گیرنده‌های پوست، دوک‌های عضلانی، مکانورسپتورهای مفصلی اثرات مثبتی را در این زمینه ایجاد می‌نماید [۱۱, ۱۷, ۳۱]. مهمترین اثرات ویبراسیون در ارتباط با رسپتورهای حسی شامل تحریک اکستروسپتیوها (رسپتورهای مرکل، مایسنر، رافینی به ویژه در ناحیه کف پا)، تحریک پروپریوسپتیوها (رسپتورهای موجود در عضلات، تاندون‌ها، کپسول و لیگامان‌های مفاصل) و ایجاد رفلکس‌های حفاظتی می‌باشد [۷]. بدیهی است که تحریک پروپریوسپتیو باعث ایجاد رفلکس‌های پوستی و کششی گشته که این امر در ازدیاد پایداری مفصلی، افزایش قدرت عضلانی و بهبود وضعیت بازسازی مفصل نقش به سزایی را ایفاء می‌کند [۲۸]. تأثیر مثبت ویبراسیون‌تراپی بر بهبود عملکرد سیستم پروپریوسپشن ستون فقرات کمری در مطالعه Fontana نیز نشان داده شده است [۲۲]. البته در زمینه تأثیر WBVT بر حس وضعیتی مفصل زانو اطلاعات اندکی در دست است. Melnyk و همکارانش در مطالعه خود تأثیر مثبت WBVT را بر عملکرد پروپریوسپتیوها و ثبات مفصلی زانو را در افراد سالم نشان داده‌اند. آن‌ها بررسی خود مشخص کردند که میزان جابه‌جایی قدامی تیبیا به دلیل افزایش فعالیت عضلات همسترینگ پس از دریافت تحریکات ویبراسیون کاهش یافته است [۲۳]. به هر حال، یافته‌های حاصل از بررسی ما نیز مبین اثر مثبت WBVT در بهبود وضعیت بازسازی مفصلی به ویژه در زانوی جراحی شده نسبت به روش‌های متداول بازتوانی پس از جراحی ACL می‌باشد. بدین جهت به نظر می‌آید که محرک مکانیکی ویبراسیون قادر به بازآموزی و ارتقاء کارایی مکانورسپتورهای موجود در مفصل زانو پس از جراحی بازسازیACL باشد.

**تأثیر WBVT بر تعادل پوسچرال**

لیگامان صلیبی قدامی از ساختارهای مهم مفصلی زانو است که علاوه بر حفظ پایداری مفصل، در ایجاد فیدبک‌های حسی مؤثر در حفظ تعادل وضعیتی، نقش اساسی را بر عهده دارد. مکانورسپتورها موجود در ACL مسؤول تشخیص حس وضعیت مفصلی، حس حرکتی زانو و در نهایت ثبات پوسچرال و حفظ تعادل فرد می‌باشند [۲۸-۲۹]. لذا انتظار می‌رود که بروز آسیب و یا انجام جراحی در لیگامان صلیبی قدامی موجب ازدیاد نوسانات تعادلی بدن گردد [۳۲]. نتایج پژوهش Lysholm و همکارانش نوسان بیشتر بدن را هنگام ایستادن روی زانویی که تحت بازسازی ACL قرار گرفته، نشان می‌دهد [۳۳]. ازدیاد نوسانات بدن در هنگام ایستادن موجب کاهش ثبات پوسچرال فرد و استفاده بیشتر از مکانیزم‌ها و استراتژی‌های تعادلی و در نتیجه افزایش مصرف انرژی می‌گردد. بدین جهت متخصصین ارتوپدی و فیزیوتراپی بر انجام برنامه‌های بازتوانی جهت بهبود ثبات پوسچرال در بیماران مبتلا به آسیب ACL تأکید فراوانی دارند [۴, ۷, ۲۷, ۲۹-۳۰].

بر اساس یافته‌های مطالعه ما تفاوت‌های معناداری در کلیه شاخص‌های ثبات پوسچرال بین دو گروه WBVT و PT وجود داشت، که همگی مبین بهبود چشمگیر ثبات پوسچرال و تعادل در ورزشکاران گروه WBVT است. به علاوه در گروه WBVT، کلیه شاخص‌های پوسچرال، اختلاف معناداری را بین مراحل پیش و پس مداخله نشان داد، اما در گروه PT تنها شاخص‌های ثباتی کلی در حالات چشم باز و بسته و نیز شاخص طرفی در حالت چشم بسته اختلاف معناداری را بین مراحل پیش و پس مداخله نشان داد. در حالت چشم باز میانگین بهبود شاخص‌های ثباتی کلی، قدامی-خلفی و طرفی در گروه WBVT به مراتب بیشتر از شاخص‌های مشابه در گروه PT است که اثر مثبت ویبراسیون تراپی را نشان می‌دهد، در حالت چشم باز میانگین درصد بهبود شاخص‌های ثباتی کلی، قدامی خلفی و طرفی در گروه WBVT به ترتیب ۴۶/۱۲%، ۴۲/۱۶%، ۳۵/۹۷%، در حالی که در گروه CT شاخص‌های مزبور به ترتیب ۵/۴۶%، ۲/۸۹%، ۰/۳۴% بود. ارقام مذکور مبین اثرات قابل ملاحظه WBVT در بهبود شاخص‌های ثباتی بود. میانگین درصد بهبودی شاخص‌های ثباتی کلی، قدامی خلفی و طرفی در حالت چشم بسته نیز در گروه WBVT ۲۹/۹۶%، ۳۰/۰۸%، ۳۲/۰۶% و در گروه CT ۶/۲۷%، ۳/۴۹%، ۱۱/۷۸% بود. میانگین شاخص‌های ثباتی کلی، قدامی- خلفی و طرفی در حالت چشم بسته نیز در گروه WBVT نسبت به گروه PT بهبودی قابل ملاحظه‌ای داشت. این یافته‌های مؤید این است که ویبراسیون‌تراپی اثرات بالقوه سوماتوسنسوری بیشتری را برای کنترل تعادل و بهبود حس عمقی نسبت به تمرینات معمول توانبخشی داشته است.

یافته‌های مطالعه حاضر هم چنین نشان داد که در افراد مبتلا به آسیب ACL میزان نوسانات بدن در جهت قدامی-خلفی (صفحه فرونتال) بیشتر از نوسانات طرفی (صفحه ساژیتال) است که از این نظر مشابهتی با نتایج پژوهش Lysholm دارد. [۳۳]

یکی دیگر از یافته‌های تحقیق حاضر وجود نوسان بیشتر افراد مورد مطالعه در هنگام بستن چشم‌ها می‌باشد که مبین تأثیر حس بینایی بر میزان نوسانات پوسچرال در بیماران مبتلا به آسیب ACL است، این یافته ما مشابه با نتایج پژوهش Okuda و همکارانش می‌باشد که از حس بینایی به عنوان مهم‌ترین عامل در کاهش نوسانات پوسچرال در بیماران مبتلا به آسیب ACL نام می‌برد [۳۴].

لیگامان صلیبی قدامی به دلیل وجود گیرنده‌های عصبی‌های پاچینی، رافینی و تاندون گلژی، علاوه بر فیدبک حسی، در حفظ ثبات پوسچرال نیز دخالت دارد. لذا زمان واکنش بدن برای مقابله با اغتشاشات مختل‌کننده تعادل در افراد مبتلا به آسیب ACL بیش از افراد نرمال است [۲۸-۲۹].

جراحی‌ها و ضایعات مختلف لیگامانی به ویژه آسیب ACL در زانو، اختلال در ثبات مفصلی، افزایش نوسانات پوسچرال و کاهش تعادل فرد را به دنبال دارد، که غالباً منتج از اختلال در کنترل نوروماسکولار مفصل بوده و به صورت دو طرفه در هر دو مفصل سالم و ضایعه دیده مشاهده می‌شود [۲۹]. بدیهی است که با کمک تمرینات مناسب نوروماسکولار می‌توان عملکرد پروپریوسپتیوهای زانو و ثبات پوسچرال فرد را بهبود بخشید.

**تأثیر WBVT بر گیرنده‌های حس عمقی و تعادل پوسچرال**

ارتعاش درمانی عمومی بدن به عنوان نوعی تمرین نوروماسکولار نقش مهمی را در بهبود کارایی گیرنده‌های حس عمقی و ثبات پوسچرال دارد [۱۰,۱۶-۱۸]. ارتعاش در واقع نوعی محرک مکانیکی است که رسپتورهای مختلفی از جمله گیرنده‌های حس سطحی در پوست، گیرنده‌های حس عمقی در عضله ( نظیر آوران Ia دوک عضلانی) و مکانورسپتورهای مفصلی را در بدن متأثر می‌سازد [۱۱, ۱۷, ۳۱]. به نظر می‌رسد تحریکات ناشی از ویبراسیون به ویژه در هر دو اندام تحتانی سالم و جراحی شده به دلیل ماهیت خود قادر به تنظیم دوباره استراتژی‌های کنترل پوسچر و تعادل است [۱۱]. بر اساس یافته‌های مطالعه ما، شاخص‌های ثبات پوسچرال در گروه WBVT، بهبود قابل ملاحظه و معناداری را نشان می‌دهند. این یافته‌ها در راستای نتایج تحقیقات پژوهشگرانی است که تأثیر WBVT را در تعادل افراد بیمار مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند.اکثر محققان نتایج مثبت WBVT را در بهبود تعادل و کنترل پوسچر افراد بیمار و ناتوان مشاهده نموده‌اند [۱۱,۲۰]. در حالی که پژوهش‌هایی که روی تعادل افراد سالم و ورزشکار انجام گرفته، مبین این نکته است که WBVT تأثیر چندانی را در این زمینه به دنبال ندارد [۱۱, ۱۴, ۲۰, ۳۱, ۳۵]. بنابراین به نظر می‌رسد که بیشترین تأثیر این تحریک مکانیکی روی افراد بیمار و مسنی بوده که حس وضعیتی و تعادل آن‌ها به دلائلی دچار اختلال گشته است. علاوه بر تأثیراتی که WBVT روی بهبود عملکرد سیستم عصبی در جهت ارتقاء سطح تعادل بیماران دارد، محتمل است که تحریکات مذکور از طریق افزایش قدرت عضلانی، بهبود همزمانی فعالیت‌های واحدهای حرکتی و ارتقاء عملکرد سینرژیست‌های عضلانی باعث بهبود استراتژی‌های کنترل حرکتی و ثبات پوسچرال در بیماران گردد [۳۶]. در مطالعه Torvinen و همکاران که بر روی ۱۶ فرد انجام گرفت، پس از چهار دقیقه مداخله با WBVT، ۱۵/۷% بهبودی در تعادل افراد مورد بررسی مشاهده شد [۱۹]. Schuhfried و همکارانش طی تحقیقی نشان دادند که تعادل پوسچرال بیماران مبتلا به مولیتپل اسکلروزیس پس از WBVT بهبود یافته است [۱۱]. در بررسی Van Nes و همکاران که روی افراد مبتلا به سکته مزمن مغزی انجام گرفته، WBVT موجب بهبود کنترل پوسچرال بیماران مزبور گشته بود [۳۱] و همچنین، Cloak و همکارانش اثر مثبت WBVT در بهبود تعادل استاتیک در مبتلایان ناپایداری‌های مفصل مچ پا نشان داده‌اند [۳۷] که نتایج کار آن‌ها در بهبود تعادل و کاهش میزان نوساسات پوسچرال مشابه یافته‌های تحقیق حاضر است با این تفاوت که مفصل مورد بررسی در تحقیق حاضر زانو و در تحقیق Cloak مچ پا می‌باشد.

Fuو همکارانش در بررسی که بر روی بیماران پس از جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی با روش Single-Bundle Hamstring انجام دادند ضمن تأکید بر مطمئن بودن استفاده از WBVT در برنامه‌های توانبخشی پس از بازسازی ACL، بهبود کنترل پوسچرال و تعادل افراد مورد مطالعه را اعلام کردند. آنچه که از یافته‌های پژوهش های فوق استنتاج می‌گردد این است که WBVT در ارتقاء پایداری پوسچرال افرادی که به دلیل وجود آسیب‌های

مختلف مفصلی و ضایعات نورولوژیک دچار اختلال تعادل هستند، مؤثرتر از افراد سالم عمل می‌نماید. به هر حال نتایج به دست آمده در مطالعه ما نیز مؤید نظر محققانی است که WBVT را روشی مؤثر و مثبت در بهبود تعادل و ثبات پوسچرال بیماران و افراد ناتوان دانسته‌اند [۱۱, ۱۷-۱۸, ۲۰, ۳۱, ۳۷].

بر اساس یافته‌های به دست آمده از این مطالعه مشخص گردید که استفاده از WBVT در توانبخشی ACL پس از بازسازی تأثیر سوماتوسنسوری بیشتری نسبت به برنامه‌های معمول فیزیوتراپی داشته و موجب بهبود تعادل، ارتقاء کارایی پروپریوسپتیوها و افزایش حس وضعیتی زانو در ورزشکاران مورد بررسی شده است. لذا به نظر می‌رسد که WBVT می‌تواند شیوه‌ای نوین و مطمئن در برنامه‌های توانبخشی ACL پس از بازسازی باشد و روند بهبودی ورزشکاران را تسریع نماید.

مهمترین محدودیتی که در تحقیق حاضر می‌توان به آن اشاره نمود، عدم امکان پیگیری افراد مورد مطالعه به جهت حضور آن‌ها در تیم‌های ملی و باشگاهی و در نتیجه عدم تمایل آنان برای شرکت در جلسات تکمیلی ارزیابی بود. جهت تکمیل مطالعات موجود در زمینه ارتعاش درمانی عمومی بدن پیشنهاد می‌گردد که تأثیر این پروتکل‌های دیگر این مدالیته تمرینی در توانبخشی آسیب‌های ورزشی ACL، به ویژه آسیب توامان ACL و سایر ساختارهای زانو بررسی گردد.

**جدول ۱- پروتکل درمانی مبتنی بر ارتعاش درمانی برای گروه ویبراسیون‌تراپی**

| جلسه درمانی | دوره هر ست (ثانیه) | فرکانس (هرتز) | دامنه ارتعاش (میلی‌متر) | استراحت بین ست‌ها | دوره درمان (دقیقه) | تعداد ست‌ها در وضعیت‌های مختلف | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | ۸ | ۹ |
| اول | ۳۰ | ۳۰ | ۲/٥ | ٦۰ | ٤ | ۲ | ۲ | ۱ | | ۱ | - | - | ۱ | ۱ |
| دوم | ۳۰ | ۳۰ | ۲/٥ | ٦۰ | ٥/٥ | ۳ | ۳ | ۲ | | ۱ | - | - | ۱ | ۱ |
| سوم | ۳۰ | ۳۰ | ۲/٥ | ٦۰ | ٦/٥ | ۳ | ۳ | ۳ | | ۱ | - | - | ۱ | ۲ |
| چهارم | ۳۰ | ۳٥ | ۲/٥ | ٥۰ | ۸ | ۳ | ۳ | ۳ | ۱ | ۲ | - | ۱ | ۱ | ۲ |
| پنجم | ٤٥ | ۳٥ | ۲/٥ | ٥۰ | ۱۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۲ | ۲ | - | ۱ | ۲ | ۲ |
| ششم | ٤٥ | ۳٥ | ۲/٥ | ٥۰ | ۱۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۲ | ۲ | - | ۱ | ۲ | ۲ |
| هفتم | ٤٥ | ٤۰ | ٥ | ٤۰ | ۱۳/٥ | ۲ | ۲ | ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ |
| هشتم | ٤٥ | ٤۰ | ٥ | ٤۰ | ۱٥ | ۲ | ۲ | ۳ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ |
| نهم | ٤٥ | ٤۰ | ٥ | ٤۰ | ۱٥ | ۲ | ۲ | ۳ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۲ | ۳ |
| دهم | ٦۰ | ٤۰ | ٥ | ۳۰ | ۱٦ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| یازدهم | ٦۰ | ٥۰ | ٥ | ۳۰ | ۱٦ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| دوازدهم | ٦۰ | ٥۰ | ٥ | ۳۰ | ۱٦ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |

**جدول ۲- پروتکل تمرینات تقویتی برای گروه فیزیوتراپی**

| جلسه درمانی | برنامه تقویتی عضلات | تعداد ست | تعداد حرکات در هر ست | میزان مقاومت | استراحت ( ثانیه ) |
|---|---|---|---|---|---|
| اول | ابدوکتورها و ادوکتورهای ران | ۳ | ۸-۱۰ | ۱۰*RM | ٦۰ |
| دوم | ابدوکتورها و ادوکتورهای ران | ۳ | ۸ -۱۰ | ۱۰ RM | ٦۰ |
| سوم | ابدوکتورها و ادوکتورها و فلکسورهای ران | ۳ | ۸ -۱۰ | ۱۰ RM | ٦۰ |
| چهارم | ابدوکتورها و ادوکتورها و فلکسورها و اکستانسورهای ران | ۳ | ۸ -۱۰ | ۱۰ RM | ٥۰ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| پنجم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها، اکستانسورهای ران | ٤ | ۸ -۱۰ | ۱۰ RM | ٥۰ |
| | پرس پا | ۳ | ۸ -۱۰ | ۱۰ RM | |
| ششم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها، اکستانسورهای ران | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ٥۰ |
| | فلکسورهای زانو و پرس پا | ۳ | ۱۰ | ۱۰ RM | |
| هفتم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها، اکستانسورهای ران، فلکسورهای زانو و پرس پا | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ٤۰ |
| هشتم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها، اکستانسورهای ران، فلکسورهای زانو و پرس پا | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ٤۰ |
| | Minisquat | ۳ | ۱۰ | ۱/۱۰ **BW | |
| نهم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها، اکستانسورهای ران، فلکسورهای زانو و پرس پا | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ٤۰ |
| | Minisquat | ۳ | ۱۰ | ۱/۱۰- ۱/۸ BW | |
| دهم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها و اکستانسورهای ران، پرس پا و فلکسورهای زانو | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ۳۰ |
| | Squat | ۳ | ۱۰ | ۱/۸BW | |
| یازدهم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها و اکستانسورهای ران، پرس پا و فلکسورهای زانو | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ۳۰ |
| | Squat | ۴ | ۱۰ | BW ۱/۸- ۱/۶ | |
| دوازدهم | ابدوکتورها، ادوکتورها، فلکسورها واکستانسورهای ران، پرس پا و فلکسورهای زانو | ٤ | ۱۰ | ۱۰ RM | ۳۰ |
| | Squat | ۴ | ۱۰ | ۱/۶BW | |

*۱۰ RM = Repetition Maximum ۱۰ (حدکثر مقاومتی است که بیمار می‌تواند با آن حرکتی را ۱۰ بار انجام دهد)
**BW =Body weight

**جدول ۳- مقادیر *ICC با حدود اطمینان ۹۵% و **SEM برای شاخص‌های ثبات پوسچرال و تست بازسازی مفصلی بر اساس مطالعه مقدماتی (n = ۱۱)**

| متغیرهای مورد بررسی | ICC با حدوداطمینان ۹۵% (حد فوقانی- حد تحتانی) | SEM |
|---|---|---|
| شاخص ثباتی کلی با چشمان باز | ۰/۹۸۷٦ (۰/۹٥٤٦ ــ ۰/۹۹٦٦) | ۰/۱۹ |
| شاخص ثباتی قدامی- خلفی با چشمان باز | ۰/۹۸٥٦ (۰/۹٤۸٤-۰/۹۹٦۲) | ۰/۱۹ |
| شاخص ثباتی طرفی با چشمان باز | ۰/۹۰٤٦ (۰/۷٤۳۹-۰/۹۷٥٦) | ۰/٥۷ |
| شاخص ثباتی کلی با چشمان بسته | ۰/۹۷۳٤ (۰/۹۰٤٦-۰/۹۹۲۸) | ۰/٥۳ |
| شاخص ثباتی قدامی- خلفی با چشمان بسته | ۰/۹۱۸٥ (۰/۷۲۷٤-۰/۹۷۷٤) | ۰/٦٦ |

| | | |
|---|---|---|
| شاخص ثباتی طرفی با چشمان بسته | ۰/۹۲۲۸ (۰/۷۶۹۲-۰/۹۴۹۰) | ۰/۹۲ |
| تست بازسازی مفصلی در زانوی سالم در زاویه ۶۰ | ۰/۹۳۳۲ (۰/۷۷۲۵ -۰/۹۸۱۶) | ۱/۰۹ |
| تست بازسازی مفصلی در زانوی ترمیم شده در زاویه ۶۰ | ۰/۹۸۶۸ (۰/۹۵۱۷-۰/۹۹۶۴) | ۱/۳۳ |
| تست بازسازی مفصلی در زانوی سالم در زاویه ۳۰ | ۰/۹۸۶۲ (۰/۹۴۹۸-۰/۹۹۶۳) | ۰/۷۶ |
| تست بازسازی مفصلی در زانوی ترمیم شده در زاویه ۳۰ | ۰/۹۸۷۸ (۰/۹۵۵۵-۰/۹۹۶۷) | ۰/۷۶ |
| * Intraclass Correlation Coefficient<br>** Standard Error Measurement | | |

**جدو ل۴ - اطلاعات دموگرافیک افراد شرکت‌کننده در مطالعه به تفکیک گروه‌های WBVT* و PT****

| | گروه WBVT | | | | گروه PT | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر |
| سن (سال) | ۲۴/۲۰ | ۳/۴۶ | ۲۰/۰۰ | ۳۰/۰۰ | ۲۲/۷۰ | ۳/۷۷ | ۲۰/۰۰ | ۳۰/۰۰ |
| وزن (کیلوگرم) | ۷۴/۳۰ | ۱۰/۶۱ | ۶۱/۰۰ | ۹۵/۰۰ | ۷۸/۰۰ | ۱۰/۱۲ | ۶۸/۰۰ | ۹۸/۰۰ |
| قد (متر) | ۱/۷۴ | ۰/۰۵ | ۱/۶۵ | ۱/۸۳ | ۱/۷۸ | ۰/۰۷ | ۱/۶۸ | ۱/۹۰ |
| شاخص جرم بدن (کیلوگرم بر متر مربع) | ۲۴/۵۱ | ۳/۳۸ | ۲۰/۹۶ | ۳۱/۰۲ | ۲۴/۶۲ | ۲/۷۸ | ۲۰/۰۲ | ۲۸/۹۵ |
| سابقه فعالیت ورزشی (سال) | ۹/۴۰ | ۳/۴۱ | ۴/۰۰ | ۱۴/۰۰ | ۶/۹۰ | ۳/۱۸ | ۳/۰۰ | ۱۲/۰۰ |
| تعداد جلسات تمرین در هفته | ۴/۱۰ | ۱/۴۵ | ۳/۰۰ | ۶/۰۰ | ۴/۹۰ | ۱/۷۳ | ۳/۰۰ | ۷/۰۰ |
| مدت ضایعه از زمان بروز تا زمان انجام جراحی (ماه) | ۵/۶۰ | ۳/۰۳ | ۱/۰۰ | ۱۲/۰۰ | ۵/۱۰ | ۳/۵۴ | ۱/۰۰ | ۱۲/۰۰ |
| * WBVT = Whole Body Vibration Training<br>** PT = Physiotherapy | | | | | | | | |

**جدول ۵- مقایسه شاخص‌های ثباتی با چشمان باز و بسته و میانگین‌های خطای مطلق زاویه‌ای (۶۰ درجه و ۳۰ درجه) قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های WBVT* و PT****

| | | گروه WBVT | | | گروه PT | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | انحراف معیار | مقدار p | میانگین | انحراف معیار | مقدار p |
| | شاخص ثباتی کلی قبل از مداخله (درجه) | ۳/۸۸ | ۱/۷۹ | *۰/۰۰۱ | ۳/۴۰ | ۰/۹۸ | *۰/۰۱ |
| | شاخص ثباتی کلی بعد از مداخله (درجه) | ۲/۰۵ | ۱/۰۳ | | ۳/۲۱ | ۰/۹۴ | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تست‌های تعادلی با سیستم تعادلی بایودکس | با چشمان باز | شاخص ثباتی قدامی- خلفی قبل از مداخله (درجه) | ۳/۱۶ | ۱/۸۵ | *۰/۰۰۸ | ۲/۷۱ | ۱/۰۵ | ۰/۳۱۰ |
| | | شاخص ثباتی قدامی- خلفی بعد از مداخله (درجه) | ۱/۷۱ | ۰/۸۹ | | ۲/۶۶ | ۱/۰۹ | |
| | | شاخص ثباتی طرفی قبل از مداخله (درجه) | ۲/۴۲ | ۰/۲۹ | <۰/۰۰۰۱ * | ۲/۲۴ | ۰/۸۴ | ۰/۹۸۵ |
| | | شاخص ثباتی طرفی بعد از مداخله (درجه) | ۱/۵۵ | ۰/۹۱ | | ۲/۲۳ | ۰/۸۶ | |
| | با چشمان بسته | شاخص ثباتی کلی قبل از مداخله (درجه) | ۱۰/۱۹ | ۲/۹۲ | <۰/۰۰۰۱ * | ۱۰/۶۶ | ۲/۴۳ | *۰/۰۰۱ |
| | | شاخص ثباتی کلی بعد از مداخله (درجه) | ۶/۹۹ | ۱/۶۱ | | ۱۰/۰۱ | ۲/۴۱ | |
| | | شاخص ثباتی قدامی- خلفی قبل از مداخله (درجه) | ۸/۲۴ | ۲/۴۹ | <۰/۰۰۰۱ * | ۸/۶۳ | ۲/۱۸ | ۰/۳۹۰ |
| | | شاخص ثباتی قدامی- خلفی بعد از مداخله (درجه) | ۵/۶۸ | ۱/۵۵ | | ۸/۳۸ | ۲/۴۳ | |
| | | شاخص ثباتی طرفی قبل از مداخله (درجه) | ۶/۳۳ | ۲/۲۱ | *۰/۰۰۳ | ۶/۷۵ | ۱/۶۱ | *۰/۰۳۱ |
| | | شاخص ثباتی طرفی بعد از مداخله (درجه) | ۴/۱۵ | ۱/۳۲ | | ۵/۹۲ | ۱/۶۲ | |
| تست‌های ارزیابی حس وضعیتی با سیستم ایزوکینتیک بایودکس | خطای مطلق زاویه‌ای (۶۰ درجه) | زانوی سالم قبل از مداخله (درجه) | ۶/۰۰ | ۱/۸۸ | <۰/۰۰۰۱ * | ۷/۰۰ | ۰/۹۵ | ۰/۳۸۰ |
| | | زانوی سالم بعد از مداخله (درجه) | ۲/۵۳ | ۰/۷۶ | | ۶/۵۷ | ۰/۸۹ | |
| | | زانوی ترمیم شده قبل از مداخله (درجه) | ۸/۷۰ | ۳/۷۰ | <۰/۰۰۰۱ * | ۷/۰۰ | ۱/۰۴ | ۰/۲۰۳ |
| | | زانوی ترمیم شده بعد از مداخله (درجه) | ۲/۸۳ | ۰/۹۷ | | ۶/۲۴ | ۰/۹۳ | |
| | خطای مطلق زاویه‌ای (۳۰ درجه) | زانوی سالم قبل از مداخله (درجه) | ۵/۲۳ | ۱/۶۸ | ۰/۰۶۷ | ۶/۲۴ | ۰/۸۸ | ۰/۶۰۴ |
| | | زانوی سالم بعد از مداخله (درجه) | ۳/۳۰ | ۱/۹۷ | | ۵/۹۷ | ۰/۷۵ | |
| | | زانوی ترمیم شده قبل از مداخله (درجه) | ۷/۱۶ | ۲/۶۵ | <۰/۰۰۰۱ * | ۶/۷۷ | ۰/۸۸ | ۰/۰۹۵ |
| | | زانوی ترمیم شده بعد از مداخله (درجه) | ۲/۷۷ | ۱/۴۹ | | ۶/۱۷ | ۰/۸۷ | |

* اختلاف معنادار

* WBVT = Whole Body Vibration Training

** PT = Physiotherapy

**جدول ۶- مقایسه میزان تغییرات متغیرهای خطای مطلق زاویه‌ای در زاویای ۳۰ و ۶۰ درجه در هر دو زانو و شاخص‌های ثبات پوسچرال در دو گروه WBVT* و PT****

| | گروه WBVT | | گروه PT | | مقدار p |
|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار | |
| خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۶۰ در زانوی سالم (درجه) | ۳/۴۷ | ۱/۸۸ | ۰/۴۴ | ۱/۴۹ | *۰/۰۰۱ |
| خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۶۰ در زانوی ترمیم شده (درجه) | ۵/۸۷ | ۳/۴۳ | ۰/۵۰ | ۱/۱۵ | *۰/۰۰۱ |
| خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۳۰ در زانوی سالم (درجه) | ۱/۹۳ | ۲/۹۳ | ۰/۲۷ | ۱/۵۸ | ۰/۱۳۱ |
| خطای مطلق زاویه‌ای در زاویه ۳۰ در زانوی ترمیم شده (درجه) | ۴/۴۰ | ۱/۸۷ | ۱/۶۰ | ۱/۰۲ | *<۰/۰۰۰۱ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| شاخص ثباتی کلی با چشمان باز (درجه) | ۱/۸۳ | ۰/۸۳ | ۰/۱۸ | ۰/۱۸ | *۰/۰۰۲ |
| شاخص ثباتی قدامی- خلفی با چشمان باز (درجه) | ۱/۴۵ | ۱/۳۶ | ۰/۰۶ | ۰/۱۷ | *۰/۰۱۰ |
| شاخص ثباتی طرفی با چشمان باز (درجه) | ۰/۸۷ | ۰/٤۷ | ۰/۰۰۲ | ۰/۳۲ | *<۰/۰۰۰۱ |
| شاخص ثباتی کلی با چشمان بسته (درجه) | ۳/۱۹ | ۱/۷۸ | ۰/٦٥ | ۰/٤۱ | *۰/۰۰۱ |
| شاخص ثباتی قدامی- خلفی با چشمان بسته (درجه) | ۲/٥۷ | ۱/۲٤ | ۰/۲٥ | ۰/۸۹ | *<۰/۰۰۰۱ |
| شاخص ثباتی طرفی با چشمان بسته (درجه) | ۲/۱۸ | ۱/۷۲ | ۰/۸۳ | ۱/۰۲ | *۰/۰٤٦ |

* اختلاف معنادار

* WBVT = Whole Body Vibration Training

** PT = Physiotherapy

## مراجع


1- Angoules A, Mavrogenis A, Dimitriou R, Karzis K, Drakoulakis E, Michos J, et al. Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone–patellar tendon–bone autograft. The Knee. 2011;18(2):76-82.

2- Roberts D, Ageberg E, Andersson G, Friden T. Clinical measurements of proprioception, muscle strength and laxity in relation to function in the ACL-injured knee. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2007;15(1):9-16.

3- Roberts D, Andersson G, Fridén T. Knee joint proprioception in ACL-deficient knees is related to cartilage injury, laxity and age A retrospective study of 54 patients. Acta Orthopaedica. 2004;75(1):78-83.

4- Prentice WE. Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training 5 th ed: McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages; 2011.

5- Fridén T, Roberts D, Ageberg E, Waldén M, Zätterström R. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 2001;31(10):567.

6- Noonen TJ TM. Non contact anterior cruciate ligament injuries-risk factors & prevention strategies. . J Am Ortho Surgery. 2000;28(5):146-54.

7- Wilk KE. Restoration of Proprioception and Neuromuscular Control Following ACL Injury and Surgery. ACL Injuries in the Female Athlete: Springer; 2012. p. 455-83.

8- Delecluse SR RM, Verschueren S. . Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. Med Sci Sport Exer. 2003;35:1033–41.

9- Cardinale M BC. The use of vibration as an exercise intervention. Exerc Sport Sci Rev. 2003; 31: 3-7.

10- Torvinen S KP, Sievanen H. e. . Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balanc. Clinic Physiol Func Imaging. 2002; 22 (1523-1527).

11- Schuhfried O MC, Jovanovic T, et al. . Effects of whole body vibration training in patient with multiple sclerosis. Clin Rehabil 2005;19:834-42.

12- R. V. Will whole body vibration training help increase the range of motion of hamstrings? J Strength Cond Res 2006;20:192–6.
13- Cochrane DJ SS. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. Br J Sport Med. 2005;39:860-5.
14- Torvinen S KP, Sievanen H, et al. . Effect of vibration exposure on muscular performance and body balance: randomized cross-over study. Clin Physiol Funct Imaging. 2002;22:145-52.
15- Karatrantou K, Gerodimos V, Dipla K, Zafeiridis A. Whole-body vibration training improves flexibility, strength profile of knee flexors, and hamstrings-to-quadriceps strength ratio in females. Journal of Science and Medicine in Sport. 2012.
16- R VdT. Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? The Journal of Strength & Conditioning Research. 2006; 20(1):192-6.
17- Bogaerts A VS, Delecluse C, et al. . Effects of 6 months of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized control trail. . Gait Posture 2006;2:309–16.
18- Fu CLA, Yung SHP, Law KYB, Leung KHH, Lui PYP, Siu HK, et al. The Effect of Early Whole-Body Vibration Therapy on Neuromuscular Control After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Randomized Controlled Trial. The American journal of sports medicine. 2013;41(4):804-14.
19- Torvinen S KP, Sievanen H, et al. Effects of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. Med Sci Sport Exer. 2002; 34:1532-8.
20- Verschueren SM RM, Delecluse C, et al. Effect of 6 month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. J Bone Min Res. 2004;19:325-9.
21- Van nes I GA, Alexander CH, et al. Short term effects of whole body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: Preliminary evidence . . Am J Phys Med Rehab. 2005;83:867-73.
22- Fontana TL RC, Stanton W. . The effect of weight bearing exercise with low frequency, whole body vibration on lumbosacral proprioception: a pilot study on normal subjects. . Aust J Physiother. 2005; 51: 259-63.
23- Melnyk M FM, Hodapp M, et al. Melnyk M, Faist M, Hodapp M, et al. A beneficial effect of single whole body vibration training on sensorimotor control of the knee [Abstract]. J Biomech. 2006; 39(Suppl): P71.
24- Mattacola CG PD, Gansneder BM, Gieck JH, Saliba EN, McCue FC. . Strength, functional outcome, and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. . J Athl Train. 2002;37(3):262-8.
25- Tsang WWN HC. Effects of tai chi on joint proprioception and stability limits in elderly subjects. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(12):1962-71.
26- Mattacola CG PD, Gansneder BM, Gieck JH, Saliba EN, McCue FC. . Strength, functional outcome, and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. . J Athl Train. 2002; 37(3):262-8.
27- Ambrose L-. The anterior cruciate ligament and functional stability of the knee joint . BC Medical Journal. 2003;45(10):495 – 9.

28- Hopper DM CM, Formby PA, Goh SC, Boyle JJ, Strauss GR. . Functional measurement of knee joint position sense after anterior cruciate ligament reconstruction. Arch Phys Med Rehabil 2003; 84(6): 868-72.
29- Bonfim TR JPC, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84(8):1217-23.
30- Pap G MA, Nebelung W, Awiszas F. . Detailed analysis of proprioception in normal and ACL deficient knee. . Journal of Bone and Joint Surgery.