

## بررسی تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین به هنگام فرود از پرش در

### والیالیست‌های دچار بی‌ثباتی عملکردی میچ پا

محمد صادقی گوغری<sup>\*</sup>، اسماعیل ابراهیمی<sup>۱</sup>، نادر معروفی<sup>۲</sup>، علی اشرف جمشیدی<sup>۳</sup>

#### خلاصه

مقدمه: بدون آگاهی از تکرارپذیری بودن متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین، ارزیابی دقیق مکانیسم‌های بی‌ثباتی میچ پا مشکل است و ممکن است منجر به نتایج نادرست شود. بر این اساس، هدف این مطالعه بررسی تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین به صورت آزمون-بازآزمون به هنگام پرش و فرود در جهت جلو و به پهلو در والیالیست‌های مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی میچ پا بود.

روش: هجده والیالیست حرفه‌ای دچار بی‌ثباتی عملکردی یکطرفه میچ پا در این مطالعه شرکت کردند. آنها چهار بار پرش و فرود در جهات جلو و پهلو را انجام دادند و تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین شامل حداکثر مقدار و زمان رسیدن به حداکثر مقدار سه مؤلفه قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و عمودی نیروی عکس‌العمل زمین با استفاده از ضریب همبستگی، خطای استاندارد اندازه‌گیری و ضریب پراکندگی بعد از یک فاصله زمانی یک هفته‌ای بررسی شدند.

یافته‌ها: همه متغیرها به هنگام پرش و فرود در دو جهت تکرارپذیری بالا و خیلی بالایی را نشان دادند بجز زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی-خارجی در پرش و فرود جانبی که تکرارپذیری متوسطی داشت ( $ICC=0.67$ ). ضریب پراکندگی همه شاخص‌های اندازه‌گیری شده کمتر از ده درصد بود به جز حداکثر مقدار و زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی-خارجی در پرش و فرود جانبی که به ترتیب ۱۴.۵۵ و ۱۳.۱۵ درصد بودند. به طور کلی، ثبات متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین به هنگام پرش و فرود به جلو بیشتر از پرش و فرود جانبی بود.

نتیجه‌گیری: متغیرهای اندازه‌گیری شده نیروی عکس‌العمل زمین هنگام پرش و فرود به جلو و به پهلو تکرارپذیری بالایی را نشان دادند و این پارامترها برای ارزیابی الگوهای غیرطبیعی نیروی عکس‌العمل زمین در افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی میچ پا مفید می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تکرارپذیری، نیروی عکس‌العمل زمین، فرود، بی‌ثباتی عملکردی میچ پا

۱- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان ۲- استاد گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم پزشکی تهران ۳- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم پزشکی

تهران

\* نویسنده مسؤول، آدرس پست الکترونیک: mo\_sadeghi@kmu.ac.ir

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۷/۵

دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۹۱/۶/۲۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۷

## مقدمه

پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی می‌باشد که حدود ۲۰ درصد کل آن‌ها را شامل می‌شود (۱). در ورزش والیبال، شیوع پیچ‌خوردگی مچ پا خیلی بالا است؛ چرا که ورزشکاران باید پرش و فرود مکرر روی یک پا انجام دهند. از طرف دیگر، در حین انجام این تکلیف حرکتی، نیروهای بزرگ از طرف زمین روی اندام تحتانی وارد می‌شود (۲). بی‌ثباتی عملکردی، شایع‌ترین عارضه بعد از پیچ‌خوردگی حاد اولیه است که حدود ۶۰-۱۵ درصد این افراد آن را تجربه می‌کنند (۳). اولین بار Freemann در سال ۱۹۶۵ بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را به صورت احساس خالی شدن یا بی‌ثباتی مفصل به دنبال صدمه اولیه تعریف کرد. عوامل متعددی در ایجاد آن نقش دارند که از جمله می‌توان به عوامل حسی-حرکتی، مکانیکی و عضلانی اشاره کرد (۳). برای انجام فرود موفق به هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی مختلف، سیستم حرکتی باید خصوصیات نیروی عکس‌العمل زمین مثل بزرگی نیروی تماسی را پیش‌بینی و بزرگی و سرعت چرخش مفاصل اندام تحتانی را با فعال کردن برخی مکانیسم‌های جذب انرژی کنترل کند (۴). هدف اصلی سیستم حرکتی به حداقل رساندن نیروی تماسی به هنگام فرود است. با افزایش بزرگی نیروی عکس‌العمل زمین، احتمال صدمات اسکلتی-عضلانی افزایش پیدا می‌کند. با توجه به نزدیکی مفصل مچ پا با زمین، این مفصل بیشترین تأثیر را از نیروی عکس‌العمل زمین می‌پذیرد و در نتیجه احتمال آسیب مچ پا بیشتر است (۵، ۶، ۱). اختلال در الگوی اعمال نیروی عکس‌العمل زمین روی مفصل مچ پا می‌تواند یکی از علل احتمالی ایجاد بی‌ثباتی و آسیب‌های مکرر مچ پا به هنگام فرود از پرش باشد. بنابراین ابتدا باید تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین بررسی شود و سپس از آن‌ها جهت پایش وجود هرگونه اختلال در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا استفاده گردد.

تکرارپذیری بدین معنی است که اندازه‌گیری‌ها به طور ذاتی تا چه حد تکرارپذیر هستند؟ یا به عبارتی دیگر، چه میزان از خطای اندازه‌گیری بر اندازه‌گیری تأثیر گذاشته است؟ اختلاف مشاهده شده در جلسات ارزیابی باید بیانگر اختلاف واقعی باشد زیرا خطای سیستماتیک یا تصادفی ناشی از روش اندازه‌گیری می‌تواند بین جلسات ارزیابی اختلاف ایجاد کند (۸، ۷). ثبات یک متغیر عملکردی را می‌توان با استفاده از روش تکرارپذیری آزمون-بازآزمون طی چند بار تکرار در یک بازه زمانی مشخص بررسی کرد (۹). هدف مطالعه حاضر، بررسی تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین به صورت آزمون-بازآزمون هنگام فرود در والیبالیست‌های دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بود.

## روش بررسی

تعداد ۱۸ والیبالیست حرفه‌ای مرد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی یک طرفه مچ پا (میانگین سنی  $23 \pm 2/8$  سال، میانگین قد  $189/18 \pm 6/36$  سانتی‌متر و میانگین وزن  $7/71 \pm 87/81$  کیلوگرم) در این مطالعه شرکت کردند. افراد مورد مطالعه به صورت نمونه‌گیری غیر تصادفی انتخاب شدند و حجم نمونه با انجام یک پیش‌آزمون و با توجه به میانگین و انحراف معیار حاصل از آن، با ضریب اطمینان ۹۵ درصد و توان آزمون ۸۰ درصد مشخص گردید.

همه افراد مورد مطالعه عضو تیم‌های مختلف لیگ برتر والیبال بودند و به‌طور میانگین شش سال به‌صورت حرفه‌ای ورزش والیبال را انجام می‌دادند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: (۱) داشتن حداقل یک پیچ‌خوردگی به داخل یک طرفه مچ پا در یک سال گذشته که به دنبال آن فرد قادر به تحمل وزن نبوده است و یا از عصاره استفاده کرده است، (۲) داشتن حداقل دو بار احساس بی‌ثباتی مچ پا یا احساس خالی شدن مفصل در حین انجام فعالیت‌های روزمره یا ورزشی، (۳) عدم وجود بی‌ثباتی مکانیکی مفصل

محاسبه و به عنوان حداکثر ارتفاع پرش لحاظ گردید. ۵۰ درصد این ارتفاع به عنوان ارتفاع پرش آزمودنی در نظر گرفته شد.

پس از تنظیم ارتفاع پرش به وسیله اتصال نوار باریکی به دو میله عمودی در دو طرف صفحه نیرو، نحوه انجام آزمون پرش و فرود بر روی صفحه نیرو به آزمودنی آموزش داده شد. به این ترتیب که از فرد خواسته شد که در فاصله ۷۰ سانتی متری از مرکز صفحه نیرو بایستد و وضعیت شروع پرش را در حالی که سر رو به بالا و دست‌ها به صورت آزاد کنار تنه آویزان باشد به خود بگیرد. سپس به صورت جفت پا به سمت مرکز صفحه نیرو پریده و قبل از فرود، نواری را که در ارتفاعی معادل ۵۰ درصد حداکثر ارتفاع پرش محاسبه شده در مرحله قبل قرار گرفته بود، با دست غالب لمس کند. سپس بر روی مرکز صفحه نیرو، روی پای مورد آزمون که پای دچار بی‌ثباتی عملکردی است فرود آید و هر چه سریع‌تر دست‌هایش را روی مفاصل رانش قرار دهد و به علامتی که در فاصله ۱/۵ متری صفحه نیرو در مقابل فرد قرار گرفته نگاه کند و از لحظه فرود تا ۵ ثانیه تعادل خود را حفظ نماید. این آزمون چهار مرتبه در هر جهت (به جلو و به پهلو) تکرار شد و از میانگین چهار پرش در هر جهت برای تجزیه و تحلیل تکرارپذیری استفاده شد. قبل از انجام آزمون اصلی، آزمودنی تعدادی پرش به صورت تمرینی انجام داد تا جایی که احساس راحتی در انجام آزمون را پیدا نماید. به منظور جلوگیری از تأثیر خستگی ناشی از تمرینات، قبل از انجام آزمون اصلی دو دقیقه استراحت به آزمودنی داده شد. در صورتی که آزمودنی ضمن فرود از پرش نمی‌توانست تعادل خود را حفظ نماید و یا با پای غیر آزمون با زمین تماس پیدا می‌کرد و همچنین فرودش همراه با یک جهش کوچک اضافی می‌شد و یا نوسانات زیادی در دست‌ها، تنه و پای مقابلش اتفاق می‌افتاد که سبب بلند شدن پای مورد آزمون از روی صفحه نیرو می‌گردید، آن آزمون حذف و

از طریق منفی بودن آزمون کشویی قدامی و (Talar Tilt، ۴) در زمان انجام آزمون‌ها به هنگام تحقیق حاضر آزمودنی باید می‌توانست به طور کامل تحمل وزن کند، راه رفتن طبیعی داشته باشد و دامنه حرکات مفصل مچ پای وی کامل باشد و (۵) حداقل ۶ هفته از آخرین حادثه بی‌ثباتی در مفصل مچ پا گذشته باشد (۱۰، ۶).

افراد مورد مطالعه موافقت آگاهانه خود را جهت شرکت در مطالعه اعلام کردند. مطالعه حاضر، مورد تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تهران قرار گرفت.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین از صفحه نیروی کرنش سنج مدل NC-4060 شرکت Bertec ساخت کشور آمریکا استفاده شد که بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده در داخل زمین نصب شده بود. فرکانس نمونه‌گیری ۵۰۰ هرتز انتخاب شد و سیگنال نیرو به صورت الکترونیکی پردازش و توسط یک تقویت‌کننده (AM-6701) تقویت و روی صفحه نمایشگر دستگاه نشان داده شد. آزمودنی‌ها پس از مراجعه به مرکز تحقیقاتی با روند انجام مطالعه آشنا شدند. برای تنظیم حداکثر ارتفاع پرش آزمودنی، از فرد خواسته شد که در مقابل دیواری که پارچه‌ای به رنگ سیاه بر روی آن نصب شده است به صورت جفت پا بایستد و دست غالب خود را که با پودر تالک آغشته کرده بالا آورده و در حالی که روی نوک پنجه‌های پا ایستاده، انگشت میانی خود را به پارچه روی دیوار مقابلش بزند. ارتفاع محل تماس انگشت میانی تا زمین اندازه‌گیری می‌گردید. سپس از فرد خواسته می‌شد در حالی که جفت پا رو به روی دیوار ایستاده است یک پرش عمودی با حداکثر تلاش خود انجام دهد و انگشت میانی همان دست را به پارچه مقابلش بزند و به طور مجدد ارتفاع محل تماس انگشت میانی تا زمین اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب این کار ۳ بار تکرار شد و حداکثر ۳ ارتفاع پرش ثبت گردید. سپس تفاضل ارتفاع مربوط به حالت ایستاده و ارتفاع مربوط به حالت پرش

نسبی با استفاده از مدل دو طرفه مخلوط و ضریب همبستگی مدل ۱ و ۳ (ICC<sub>1,3</sub> یا Intraclass correlation coefficient) ارزیابی شد و بر طبق تقسیم‌بندی Munro درجه تکرارپذیری تعیین و تفسیر گردید. برای هر ضریب همبستگی، برای این که توزیع نمونه‌گیری در نظر گرفته شود، ۹۵ درصد فاصله‌ی اطمینان محاسبه شد. برای بررسی تکرارپذیری مطلق متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در جلسات آزمون و بازآزمون، خطای استاندارد اندازه‌گیری و ضریب پراکندگی محاسبه و تفسیر گردید.

### نتایج

جدول ۱ مقادیر میانگین و انحراف معیار به دست آمده مربوط به متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در جلسات آزمون و بازآزمون را در هنگام پرش و فرود در جهت جلو و به پهلو نشان می‌دهد در جدول ۲ مقادیر ضریب همبستگی، ۹۵ درصد فاصله‌ی اطمینان، ضریب پراکندگی و خطای استاندارد اندازه‌گیری آورده شده است. آزمون Paired-t نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین مقادیر میانگین متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در دو جلسه آزمون و بازآزمون وجود ندارد ( $P > 0/05$ ) که این مسأله بیانگر عدم وجود هرگونه سوگیری سیستماتیک در مطالعه حاضر می‌باشد. همه متغیرهای اندازه‌گیری شده در پرش به جلو و پرش به پهلو تکرارپذیری بالا و خیلی بالایی را نشان دادند، به جز زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی-خارجی در پرش به پهلو که تکرارپذیری متوسطی را نشان داد ( $ICC = 0/67$ ). بیشترین مقدار ضریب همبستگی برای حداکثر مقدار مؤلفه عمودی در هر دو حرکت پرش و فرود وجود داشت ( $ICC = 0/98$ ) ضریب پراکندگی همه متغیرها کمتر از ۱۰ درصد بود. به جز حداکثر مقدار و زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی-خارجی در پرش به پهلو که به ترتیب ضریب پراکندگی ۱۴/۵۵ درصد و ۱۳/۱۵ درصد به دست آمد. متغیرترین پارامتر، حداکثر

به طور مجدد تکرار شد (۱۱). ترتیب انجام پروتکل پرش و فرود در دو جهت (پرش به جلو و پرش به پهلو) به صورت تصادفی انتخاب شده بود. از طرف دیگر، جهت جلوگیری از تأثیر کفش روی اطلاعات نیروی عکس‌العمل زمین همه افراد شرکت کننده از یک نوع کفش ورزشی استفاده کردند. تکرارپذیری متغیرهای مورد نظر به صورت آزمون-بازآزمون با فاصله زمانی یک هفته بین دو جلسه آزمون و بازآزمون انجام گرفت و در جلسه بازآزمون نیز همه افراد با روش مشابه با جلسه آزمون پروتکل مورد نظر را انجام دادند.

داده‌های مربوط به چهار بار پرش و فرود موفق در هر جهت (پرش به جلو و پرش به پهلو) در جلسات آزمون و بازآزمون جمع‌آوری گردید. سیگنال‌های خروجی نیروی عکس‌العمل زمین به صورت فایل عددی (ASCII یا American standard code for information interchange) روی رایانه ذخیره شد و سپس وارد برنامه Excel گردید. در این برنامه، حداکثر مقدار و زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین شامل مؤلفه‌های داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی در بازه زمانی ۱۰۰ هزارم ثانیه بعد از برخورد پا با زمین به هنگام فرود محاسبه شد. توزیع حداکثر مقادیر این سه مؤلفه نسبت به وزن افراد نرمال شد تا اثر وزن روی داده‌های نیرو حذف گردد. میانگین این متغیرها در چهار بار تکرار پرش در دو جهت به منظور تجزیه و تحلیل آماری و بررسی تکرارپذیری مورد استفاده قرار گرفت.

از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ (version 17, SPSS Inc., Chicago, IL) برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. آزمون Paired-t به منظور مقایسه مقادیر میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در جلسات آزمون و بازآزمون جهت تأیید عدم وجود سوگیری سیستماتیک استفاده گردید و سطح آلفا در تمام تجزیه و تحلیل آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. بر اساس کار Shrout و Fleiss، تکرارپذیری

مقدار مؤلفه داخلی - خارجی در پرش به پهلو با ضریب پراکندگی ۱۴/۵۵ درصد بود. مطالعه حاضر نشان داد که به طور کلی، ثبات متغیرهای اندازه گیری شده در پرش و فرود به جلو بیشتر از پرش و فرود به پهلو می باشد.

جدول ۱. مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیرهای نیروی عکس العمل زمین هنگام پرش و فرود به جلو و به پهلو در جلسات آزمون و بازآزمون

متغیرها	پرش و فرود به پهلو		پرش و فرود به جلو	
	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین
Peak Fx	۵/۷۱ ± ۲/۰۹	۵/۵۳ ± ۲/۰۵	۳/۴۶ ± ۱/۱۹	۳/۱۶ ± ۱/۱۴
Peak Fy	۵/۰۹ ± ۱/۱۰	۵/۰۷ ± ۱/۱۴	۶/۲۳ ± ۱/۲۵	۶/۲۳ ± ۱/۵۵
Peak Fz	۲۴/۴۷ ± ۳/۵۶	۲۴/۴۷ ± ۳/۶۰	۲۴/۴۱ ± ۳/۵۷	۲۴/۴۳ ± ۳/۵۸
TTP Fx	۲۱/۲۵ ± ۶/۰۱	۲۰/۶۲ ± ۵/۵۴	۵۱/۹۳ ± ۹/۹۰	۵۵/۱۸ ± ۹/۳۱
TTP Fy	۵۵/۶۸ ± ۱۶/۴۰	۵۶/۰۰ ± ۱۷/۶۴	۴۰/۶۸ ± ۲۰/۹۳	۴۱/۵۰ ± ۱۹/۶۴
TTP Fz	۵۱/۴۳ ± ۱۱/۲۵	۵۱/۳۷ ± ۱۳/۹۸	۴۷/۳۱ ± ۱۱/۷۰	۴۸/۱۸ ± ۱۲/۶۴

Peak Fx: حداکثر مقدار مؤلفه داخلی - خارجی، Peak Fy: حداکثر مقدار مؤلفه قدامی - خلفی، Peak Fz: حداکثر مقدار مؤلفه عمودی (بر حسب نیوتن بر کیلوگرم)، TTP Fx: زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی - خارجی، TTP Fy: زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه قدامی - خلفی، TTP Fz: زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه عمودی (بر حسب هزارم ثانیه)

جدول ۲. مقادیر ضریب همبستگی همراه با ۹۵ درصد فاصله اطمینان، ضریب پراکندگی و خطای استاندارد اندازه گیری متغیرهای نیروی عکس العمل زمین هنگام پرش و فرود به جلو و به پهلو

متغیرها	پرش و فرود به پهلو			پرش و فرود به جلو		
	SEM	CV (درصد)	ICC (CI 95%)	SEM	CV (درصد)	ICC (CI 95%)
Peak F <sub>x</sub>	۰/۸۶	۱۴/۵۵	۰/۸۲ (۰/۵۷-۰/۹۳)	۰/۳۹	۹/۲۶	۰/۹۲ (۰/۶۳-۰/۹۷)
Peak F <sub>y</sub>	۰/۴۲	۶/۴۶	۰/۸۶ (۰/۶۶-۰/۹۵)	۰/۴۳	۶/۳۳	۰/۸۸ (۰/۶۹-۰/۹۵)
Peak F <sub>z</sub>	۰/۳۳	۱/۲۳	۰/۹۸ (۰/۹۴-۰/۹۹)	۰/۳۰	۱/۱۳	۰/۹۸ (۰/۹۵-۰/۹۹)
TTP F <sub>x</sub>	۳/۱۸	۱۳/۱۵	۰/۶۷ (۰/۲۷-۰/۸۷)	۳/۲۲	۵/۹۳	۰/۸۸ (۰/۴۲-۰/۹۶)
TTP F <sub>y</sub>	۴/۶۶	۷/۳۳	۰/۹۳ (۰/۸۲-۰/۹۷)	۴/۸۱	۵/۶۰	۰/۹۴ (۰/۸۴-۰/۹۸)
TTP F <sub>z</sub>	۴/۱۹	۷/۰۸	۰/۹۱ (۰/۷۶-۰/۹۶)	۲/۵۲	۳/۶۷	۰/۹۶ (۰/۸۹-۰/۹۸)

ICC (CI 95%): ضریب همبستگی همراه با ۹۵ درصد فاصله اطمینان، CV: ضریب پراکندگی، SEM: خطای استاندارد اندازه گیری

## بحث و نتیجه گیری

فرود به سمت جلو و به پهلو در والیبالیست‌های مبتلا به بی ثباتی عملکردی میچ پا بود. با توجه به دانش ما، این تحقیق اولین مطالعه‌ای است که به بررسی تکرارپذیری و

هدف مطالعه حاضر بررسی تکرارپذیری زمان بندی و بزرگی مؤلفه‌های نیروی عکس العمل زمین هنگام پرش و

این مطالعه باشد. به عبارتی دیگر، حرفه‌ای بودن ورزشکاران و تشابه تکلیف حرکتی مورد آزمون با ورزش مورد نظر، احتمال تنوع‌پذیری در الگو یا استراتژی پرش و فرود در افراد بررسی شده را پایین می‌آورد. Ortega و همکاران بیان کردند که در آمریکا، هر والیبالیست در هر ساعت از مسابقه حدود ۶۰ بار و در هر چهار ساعت تمرین، ۵۰۰-۳۰۰ دفعه پرش و فرود را انجام می‌دهد (۱۵).

کینماتیک و الگوی حرکتی در پرش و فرود، ممکن است تکرارپذیری را متأثر کند؛ بنابراین باید استانداردسازی تکلیف مورد بررسی در جلسات آزمون و بازآزمون در نظر گرفته شود. در مطالعه حاضر، هر فرد نسبت به مرکز صفحه نیرو ۷۰ سانتی‌متر بیرون قرار گرفت و حرکت پرش را به صورت جفت پا انجام داد و قبل از فرود روی یک پا با دست غالب، نواری را که ارتفاع آن معادل ۵۰ درصد حداکثر پرش آزمودنی بود لمس کرد. به نظر می‌رسد این مورد نیز می‌تواند در به دست آمدن مقادیر بالای ضریب همبستگی در این تحقیق نقش داشته باشد. یکی دیگر از عواملی که ممکن است بر تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین تأثیر بگذارد نوع کفش ورزشی استفاده شده به هنگام فرود است. در این مطالعه همه افراد شرکت کننده از یک نوع کفش ورزشی استفاده کردند. این مسأله می‌تواند یکی دیگر از عوامل به دست آمدن تکرارپذیری بالای متغیرهای مورد بررسی باشد.

رایج‌ترین روش‌های بررسی تکرارپذیری مطلق، ضریب پراکنندگی و خطای معیار اندازه‌گیری هستند. این شاخص‌ها، نشان‌دهنده میزان تغییرپذیری و تخمین‌زننده خطای اندازه‌گیری در اندازه‌گیری‌های مکرر هستند (۱۶)، (۸). مقادیر این شاخص‌ها در مطالعه حاضر بیانگر این بود که خطای اندازه‌گیری ما کوچک بوده است و در نتیجه، احتمال خطای تصادفی کم بوده است. برخی محققین به صورت اختیاری، مقدار مناسب ضریب پراکنندگی را ۱۰ درصد یا کمتر انتخاب کرده‌اند، در حالی که اجماع کلی در

ثبات متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین هنگام یک فعالیت پویا و عملکردی مثل پرش و فرود در ورزشکاران دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخته است. در تعداد محدودی از مطالعات قبلی تکرارپذیری شاخص‌های نیروی عکس‌العمل زمین در افراد سالم هنگام راه رفتن (۱۲)، دویدن (۱۳) یا در شرایط غیر عملکردی مثل پرش و فرود از روی یک جعبه (۱۴) ارزیابی شده است.

ضریب همبستگی یک شاخص تکرارپذیری نسبی است و بیانگر آن است که افراد تا چه حد رتبه خود را در یک نمونه و هنگام اندازه‌گیری‌های مکرر حفظ می‌کنند. نتایج به دست آمده نشان داد که متغیرهای اندازه‌گیری شده در پرش به جلو و پرش به پهلو تکرارپذیری بالا و خیلی بالایی را دارند ( $ICC = 0.82-0.98$ )، به جز زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی - خارجی در پرش به پهلو که تکرارپذیری متوسطی را نشان داد ( $ICC = 0.67$ ).

به دست آمدن تکرارپذیری بالا در این مطالعه می‌تواند به چند دلیل باشد. تعداد تکرارهای میانگین گرفته شده و مورد استفاده در محاسبه تکرارپذیری، یکی از عواملی است که می‌تواند مقادیر تکرارپذیری را تحت تأثیر قرار دهد. هر چه تعداد تکرار بیشتر باشد تغییرپذیری اندازه‌گیری، کمتر خواهد بود. در مطالعه حاضر هر ورزشکار چهار بار پرش و فرود را انجام داد و میانگین آن‌ها برای ارزیابی تکرارپذیری مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس تجزیه و تحلیل ضریب همبستگی ( $ICC$ )، James و همکاران بیان کردند که میانگین چهار تکرار برای به دست آوردن حداکثر مقدار  $ICC$  ضروری است (۹). از طرف دیگر در مطالعه ما، از ورزشکاران حرفه‌ای مرد برای ارزیابی تکرارپذیری متغیرهای ذکر شده به هنگام فرود استفاده شد. این افراد همگی والیبالیست حرفه‌ای بودند که به طور مکرر پرش و فرود را حین تمرین و مسابقه انجام می‌دادند. بنابراین آشنا بودن آن‌ها با تکلیف حرکتی مورد بررسی می‌تواند یکی دیگر از دلایل تکرارپذیری بالای متغیرهای بررسی شده در

دارند. این مسأله می‌تواند این افراد را در معرض خطر وقوع خالی شدن مکرر مچ پا قرار دهد. تغییرپذیری، میزان تغییرات یک الگوی حرکتی طی چند بار تکرار آن است. تغییرپذیری کافی، برای انجام حرکات عملکردی لازم است ولی بیش از حد و کنترل نشده بودن آن می‌تواند آسیب حاد جدید ایجاد کند یا منجر به تکرار آسیب‌های قبلی شود. کاهش ثبات داخلی- خارجی در افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا هنگام پرش و فرود می‌تواند همراه با افزایش تغییرپذیری نیروی عکس‌العمل زمین در صفحه فرونتال باشد (۱۸).

یافته‌های مطالعه حاضر ممکن است کاربردهای مهمی برای متخصصین بالینی و محققین داشته باشد. تعیین تکرارپذیری الگوی نیروی عکس‌العمل زمین به هنگام پرش و فرود ممکن است به متخصصین کمک کند که استراتژی‌های غیر طبیعی در افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را بشناسند و از این دانش جهت افزایش کارایی مداخله‌های درمانی استفاده کنند.

#### نتیجه‌گیری

متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین هنگام پرش و فرود به سمت جلو و به پهلو در ورزشکاران دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تکرارپذیری بالایی را نشان دادند؛ از این رو از این شاخص‌ها می‌توان برای ارزیابی و درمان الگوهای غیر طبیعی نیروی عکس‌العمل زمین در این افراد استفاده کرد.

#### سپاسگزاری

این مطالعه در آزمایشگاه بیومکانیک دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گرفت. لازم است از تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند به خصوص جناب آقایان دکتر نساج و دکتر حسینی فر تشکر و قدردانی گردد.

مورد آن وجود ندارد. برخی دیگر این مقدار را ۱۵ درصد در نظر گرفته‌اند (۱۶). ضریب پراکندگی همه متغیرها کمتر از ۱۰ درصد بود، به جز حداکثر مقدار و زمان رسیدن به حداکثر مقدار مؤلفه داخلی- خارجی در پرش به پهلو که ضریب پراکندگی به ترتیب ۱۴/۵۵ درصد و ۱۳/۱۵ درصد به دست آمد. متغیرترین پارامتر، حداکثر مقدار مؤلفه داخلی- خارجی در پرش به پهلو با ضریب پراکندگی ۱۴/۵۵ درصد بود.

این تحقیق اولین مطالعه‌ای بود که به بررسی تکرارپذیری متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در حین یک تکلیف حرکتی پویا و عملکردی (پرش و فرود) در افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخت، به همین دلیل، امکان مقایسه نتایج این تحقیق با سایر مطالعات وجود نداشت. برخی مطالعات شاخص‌های نیروی عکس‌العمل زمین را حین تکلیف حرکتی دینامیک مثل حرکات برشی و فرود در افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بررسی کرده‌اند، اما مقادیر تکرارپذیری را گزارش نکرده‌اند (۱۷، ۱۶). تنها Stalboom و همکاران نشان دادند که در افراد سالم حین فرود روی یک پا از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری، تکرارپذیری مطلق حداکثر مقدار مؤلفه‌های عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل زمین به ترتیب ۴/۸ و ۴/۹ درصد می‌باشد (۱۴).

مطالعه ما نشان داد که تکرارپذیری حداکثر و زمان رسیدن به حداکثر مؤلفه داخلی- خارجی نیروی عکس‌العمل زمین کمتر از سایر متغیرهای کینتیک می‌باشد. با توجه به این حقیقت که بی‌ثباتی مچ پا به‌طور عمده در صفحه فرونتال اتفاق می‌افتد، مؤلفه داخلی- خارجی نیروی عکس‌العمل زمین نقش مهمی در ایجاد ضایعه به دنبال برخورد پا با زمین دارد. مطالعه Brown و همکاران نشان داد که افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، تغییرپذیری بیشتری در حرکت مچ پا در صفحه فرونتال به هنگام فرود

## References

1. Fu SN, Hui-Chan CW. Modulation of prelanding lower-limb muscle responses in athletes with multiple ankle sprains. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(10): 1774-83.
2. Shaw MY, Gribble PA, Frye JL. Ankle bracing, fatigue, and time to stabilization in collegiate volleyball athletes. *J Athl Train* 2008; 43(2): 164-71.
3. Suda EY, Amorim CF, Sacco IC. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. *J Electromyogr Kinesiol* 2009; 19(2): e84-e93.
4. Santello M, McDonagh MJ. The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. *Exp Physiol* 1998; 83(6): 857-74.
5. Santello M. Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. *Gait Posture* 2005; 21(1): 85-94.
6. Caulfield B, Garrett M. Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004; 19(6): 617-21.
7. Domholdt E. *Rehabilitation Research -text and e-book package: principles and applications*. 3<sup>rd</sup> ed. New York, NY: Elsevier Science Health Science Division; 2004.
8. Bruton A, Conway JH, Holgate ST. Reliability: what is it, and how is it measured? *Physiotherapy* 2000; 86(2): 9409.
9. James CR, Herman JA, Dufek JS, Bates BT. Number of trials necessary to achieve performance Stability of selected ground reaction force variables during landing. *J Sports Sci Med* 2007; 6: 126-34.
10. Akhbari B, Ebrahimi Takamjani I, Salavati M, Sanjari MA. A 4-week biodex Stability exercise program improved ankle musculature onset, peak latency and balance measures in functionally unstable ankles. *Physical Therapy in Sport* 2007; 8(3): 117-29.
11. Ross SE, Guskiewicz KM, Yu B. Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankles. *J Athl Train* 2005; 40(4): 298-304.
12. Hamill J, Macniven SL. Reliability of selected ground reaction force parameters during walking. *Human Movement Science* 1990; 9(2): 117-31.
13. Karamanidis K, Arampatzis A, Bruggemann GP. Reproducibility of electromyography and ground reaction force during various running techniques. *Gait Posture* 2004; 19(2): 115-23.
14. Stalboom M, Jonsson Holm D, Cronin JB, Keogh JWL. Reliability of kinematics and kinetics associated with Horizontal Single leg drop jump assessment: A brief report. *J Sports Sci Med* 2007; 6: 261-4.
15. Ortega DR, Rodriguez Bies EC, de la Rosa B. Analysis of the vertical ground reaction forces and temporal factors in the landing phase of a countermovement jump. *J Sports Sci Med* 2010; 9(282): 7.
16. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 1998; 26(4): 217-38.



17. Dayakidis MK, Boudolos K. Ground reaction force data in functional ankle instability during two cutting movements. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2006; 21(4): 405-11.
18. Brown CN, Padua DA, Marshall SW, Guskiewicz KM. Variability of motion in individuals with mechanical or functional ankle instability during a stop jump maneuver. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009; 24(9): 762-8.

Archive of SID

## Repeatability of Ground Reaction Force during Jump-Landing in Volleyball Players with Functional Ankle Instability

Sadeghi Goghari M., Ph.D.<sup>1\*</sup>, Ebrahimi I., Ph.D.<sup>2</sup>, Maroufi N., Ph.D.<sup>3</sup>,  
Jamshidi A.A., Ph.D.<sup>3</sup>

1. Assistant Professor, Department of Physical Therapy, Paramedical School, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
2. Professor, Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\* Corresponding Author: Email: mo\_sadeghi@kmu.ac.ir

(Received: 25 Feb. 2012)

Accepted: 26 Sep. 2012)

### Abstract

**Background and Aims:** The accurate mechanisms of ankle instability cannot be assessed in the absence of reliable knowledge about ground reaction force (GRF) variables. The purpose of this study was to evaluate the test-retest reliability of GRF variables during forward and lateral jump-landing in volleyball players with functional ankle instability (FAI).

**Methods:** Eighteen professional volleyball players with unilateral FAI participated in this study. They performed four jump-landing trials in forward and lateral directions. After a one-week interval, the repeatability of GRF variables including peak and time to peak of the three components of GRF ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) were assessed using intraclass correlation coefficients (ICC), standard errors of measurement (SEM), and coefficient of variation (CV).

**Results:** All variables in both forward and lateral jump-landing showed high to very high repeatability. However, time to peak of  $F_x$  in lateral jump-landing demonstrated moderate repeatability (ICC = 0.67). The CVs of all GRF measures were less than 10% except for the peak and time to peak of  $F_x$  component in lateral jump-landing (14.55% and 13.15%, respectively). In general, the repeatability of GRF variables in forward jump-landing was greater than that in lateral jump-landing.

**Conclusion:** GRF variables in forward and lateral jump-landing had high consistency. These parameters were found to be useful in the assessment of GRF patterns in subjects with FAI.

**Keywords:** Repeatability, Ground reaction force, Landing, Functional ankle instability

Journal of Kerman University of Medical Sciences, 2013; 20(1): 63-72