مطالعات طب ورزشی شماره ۲۴، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، صص ۱۰۲-۸۳

تأثیر شش هفته تمرین ثبات مرکزی بر بیومکانیک پرش– فرود تک‌پا در کودکان فعال ۱۰ تا ۱۲ سال

ندا رضوان‌خواه گلسفیدی[۱]، الهام شیرزاد[۲]، محمدحسین علیزاده[۳]، امیرحسین براتی[۴]

۱. دانشجوی دکتری تربیت‌بدنی، پردیس البرز دانشگاه تهران
۲. استادیار آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی ، دانشگاه تهران*
۳. استاد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی ، دانشگاه تهران
۴. دانشیار آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ ارسال۱۳۹۷/۰۴/۱۲ تاریخ پذیرش ۱۳۹۷/۱۱/۲۸

چکیده

کودکی دورهٔ مهمی برای مداخله درراستای پیشگیری از آسیب ورزشی است. یکی از تمرین‌های پیشنهادی، تمرین ثبات مرکزی است؛ براین‌اساس، هدف پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر شش هفته تمرین ثبات مرکزی بر بیومکانیک پرش- فرود تک‌پا در کودکان فعال ۱۰ تا ۱۲ سال بود. برای انجام پژوهش، ۲۷ کودک فعال نابالغ ۱۰ تا ۱۲ سال که عضو باشگاه‌های شهر تهران بودند، به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. نتایج نشان داد که متغیرهای کینتیکی شامل نرخ بار و حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در بازیکنان گروه مداخله تغییری معنادار داشتند؛ اما در زاویهٔ مچ پا در صفحهٔ ساجیتال و فرونتال تغییری معنادار مشاهده نشد. با توجه به نتایج پژوهش، به‌نظر می‌رسد که تمرین‌های ثبات مرکزی تأثیر مثبتی بر برخی از عوامل خطرزای بیومکانیکی پرش- فرود کودکان نابالغ دارند و می‌توانند در پیشگیری از آسیب‌های این ورزشکاران مؤثر باشند.

واژگان‌کلیدی: تمرین ثبات مرکزی، تکلیف پرش- فرود تک‌پا، بیومکانیک، کودکان فعال.

* نویسندهٔ مسئول Email:eshirzad@ut.ac.ir

مقدمه

تکلیف پرش فرود یکی از سازوکارهای رایج آسیب اندام تحتانی به‌شمار می‌رود. اسپرین مچ پا شایع‌ترین ضایعهٔ لیگامنتی در ورزش‌هایی است که دارای پرش و فرود هستند (۱). افرادی که ازنظر اسکلتی به بلوغ نرسیده‌اند، بیشتر مستعد این نوع از آسیب هستند (۲). پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که شیوع این آسیب دربین کودکان و نوجوانان ۳۱ درصد است و مقدار آن در پسران نابالغ روبه‌افزایش است (۴، ۳). مکانیسم بروز این نوع آسیب به‌طور معمول از ترکیب اینترنال روتیشن و اینورژن مفصل مچ پا، درصورت نبود پلانتار فلکشن روی می‌دهد (۵). علاوه‌بر اینورژن، دامنهٔ حرکتی ناکارآمد دورسی‌فلکشن مچ پا نیز می‌تواند عاملی برای آسیب لیگامنت جانبی مچ پا باشد (۷، ۶). به‌علاوه، پژوهشگران نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری بیشتر را به‌عنوان یکی از عوامل خطرزای بیومکانیکی آسیب اندام تحتانی ذکر کرده‌اند (۹، ۸). باوجود شناخت این مکانیسم، پژوهشگرانی بر این باورند که مکانیسم اسپرین مچ پا در دوران کودکی به توجه بیشتری نیاز دارد؛ زیرا، ویژگی‌های ناشی از بلوغ می‌توانند موجب تفاوت در مکانیسم بروز آسیب باشند (۱۰، ۹). نتایج پژوهش سوارتز[1] و همکاران (۹) و سیگوارد[2] و همکاران (۱۰) نشان می‌دهد که افراد نابالغ درحین فرود و در برخورد اولیهٔ پا با زمین، ولگوس زانو و نیروی عکس‌العملشان بیشتر از بالغان و فلکشن ران و زانوی آن‌ها کمتر است. به‌همین‌دلیل است که کودکان بیشتر درمعرض آسیب‌دیدگی قرار می‌گیرند.

ازنظر پژوهشگران، دورهٔ کودکی، به‌دلیل رشد تدریجی و پایدار دورهٔ مهمی برای اصلاح مهارت‌های حرکتی است؛ بنابراین، حتی اگر خطر آسیب در این دوره کم باشد، ممکن است این دوره زمان ایده‌آلی برای مداخله درراستای تغییر الگوهای حرکت درحین انجام ورزش‌های خاص باشد و خطر آسیب‌دیدگی در آینده را کاهش دهد (۱۱). پژوهش‌های انگشت‌شماری تأثیر برنامه‌های مداخله‌ای بر بیومکانیک پای کودکان فعال نابالغ را مورد بررسی کرده‌اند. پارسونز[3] و همکاران (۱۲) تأثیر تمرین‌های پیشگیری از آسیب بیومکانیک پرش- فرود را در دختران ۱۰ تا ۱۴ سال بررسی کردند. افراد به‌مدت ۱۲ هفته و هفته‌ای دو جلسه در برنامهٔ تمرینی شرکت کردند. نتیجهٔ پژوهش نشان داد که تمرین‌ها تأثیر معناداری بر بیومکانیک اندام تحتانی افراد نداشته‌اند. تامپسون[4] و همکاران (۱۳) تأثیر تمرین‌های پیشگیری از آسیب بر کینماتیک اندام تحتانی و کینتیک را در دختران ۱۰ تا ۱۲

1. Swartz
2. Sigward
3. Parsons
4.Thompson

سال نابالغ فوتبالیست در دو تکلیف برش و پرش دوپا بررسی کردند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که حداکثر گشتاور ولگوس زانو درحین پرش دو پا و حداکثر گشتاور اینورژنی در مچ پا درحین برش بهبود معناداری داشته‌اند. دی‌استفانو[1] و همکاران (۱۱) تأثیر تمرین‌های پیشگیری از آسیب بر تکنیک فرود را دو گروه سنی ۱۴ تا ۱۷ سال و ۱۰ تا ۱۳ سال بررسی کردند. نتایج نشان داد که در هر دو گروه تفاوت معناداری در تکنیک فرود مشاهده شد؛ اما این میزان در افراد جوان‌تر بیشتر بوده است. کیلدینگ[2] و همکاران (۱۴) و امری[3] (۱۵) که تأثیر تمرین‌های پیشگیری بر آسیب کودکان و نوجوانان را بررسی کردند، تأکید کردند که برنامه‌های پیشگیری از آسیب که مناسب کودکان هستند، باید توسعه یابند.

در سال‌های اخیر، به نقش ثبات مرکزی بر بیومکانیک اندام تحتانی توجه شده است؛ به‌طوری‌که نظریه‌های جدید نشان می‌دهند که ضعف یا نبود استقامت عضلانی عضلات مرکزی می‌تواند عاملی برای بی‌ثباتی نیروهای وارد بر اندام تحتانی باشد و باعث کاهش اثرگذاری الگوهای حرکتی صحیح، بروز الگوی حرکتی جبرانی، کشیدگی عضلانی، پرکاری و کاهش پایداری پویای اندام تحتانی شود و استرس وارد بر لیگامنت‌های اندام تحتانی را افزایش دهد (۱۶-۱۸). پژوهشگران به بررسی ارتباط بین ثبات مرکزی و عملکرد، اجرا و آسیب‌های اندام تحتانی پرداخته‌اند (۱۷، ۱۶). یافته‌ها نشان می‌دهد که ثبات‌دهنده‌های تنه که عامل تعادلی تنه به‌شمار می‌روند، باید پیش از حرکات اندام تحتانی فعال شوند تا به کنترل اندام تحتانی قادر باشند (۱۸). اروین[4] و همکاران (۱۹) معتقدند که کودکان شش تا ۱۱ سال قدرت عضلات ناحیهٔ مرکزی بدنشان در مقایسه با افراد بالغ کمتر است. کاهش استفاده از عضلات پروگزیمال باعث می‌شود که درطی فرود، آن‌ها نیروی عکس‌العمل زمین بیشتری را تجربه کنند. لارسن[5] و همکاران (۲۰) نیز در پژوهشی به این نتیجه دست یافتند که کاهش ثبات مرکزی تنه و تعادل استاتیک از عوامل پیش‌بینی‌کنندهٔ آسیب‌های تروماتیک و آسیب پرکاری مچ پای کودکان هستند. به‌علاوه، ضعف در قدرت عضلات مرکزی بدن باعث تغییر در دامنهٔ حرکتی مچ پا، نرخ بار و نیروی عکس‌العمل زمین می‌شود (۲۱). هیکس[6] و همکاران (۲۲) و اکوتاتا[7] و همکاران (۲۳) بیان کردند که تمرین‌های ثبات مرکزی برای افراد جوان ضروری هستند؛ به‌ویژه

1. DiStefano
2. Kilding
3. Emery
4. Ervin
5. Larsen
6. Hicks
7. Akuthota

افراد با ثبات مرکزی ضعیف که بیشتر درمعرض آسیب‌های اندام تحتانی هستند. به‌نظر می‌رسد که تمرین‌های ثبات مرکزی با افزایش قدرت و استقامت عضلات این ناحیه باعث می‌شوند که با تثبیت مکانیکی ستون فقرات عمل توزیع و انتقال نیرو به‌نحو مطلوب انجام گیرد (۱۶). نتایج پژوهش‌های موتوکریشنان[1] و همکاران (۲۴) و آراجو[2] و همکاران (۲۵) نشان داد که برنامهٔ ثبات مرکزی تأثیر معناداری بر نرخ بار و نیروی عکس‌العمل زمین دارد؛ درحالی‌که کمپل[3] و همکاران (۲۶) که تأثیر تودادن شکم بر بیومکانیک فرود را بررسی کردند، به این نتیجه دست یافتند که تودادن شکم در یک جلسه نمی‌تواند بر بیومکانیک فرود تأثیر داشته باشد. از دلایل احتمالی اختلاف بین نتایج پژوهش‌های ذکر شده می‌توان به نوع برنامهٔ تمرینی، مدت برنامهٔ تمرینی، آزمودنی، جنسیت آزمودنی‌ها و نوع آزمون اشاره کرد. باوجود اهمیت تمرین ثبات مرکزی برای این بازهٔ سنی، پژوهش‌های بسیار اندکی دراین‌زمینه انجام شده‌اند. پژوهش‌ها درزمینهٔ تمرین ثبات مرکزی روی کودکان، بیشتر به اندازه‌گیری پارامترهای تعادل و سایر مهارت‌های حرکتی توجه داشته‌اند (۲۷) و پژوهش‌های اندکی به بررسی تأثیر این نوع برنامه بر کینماتیک اندام تحتانی و نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بار پرداخته‌اند (۱۱)؛ درنتیجه، اهمیت ناحیهٔ مرکزی بدن به‌عنوان یک حلقهٔ مفقوده در برنامهٔ تمرینی پیشگیری از آسیب کودکان مشاهده می‌شود. باوجود انجام پژوهش درزمینهٔ تأثیر محافظتی تمرین‌های قدرتی بر بروز آسیب اندام تحتانی (۲۸)، امروزه هنوز مشخص نیست در چه سنی برنامه‌های پیشگیری از آسیب باید ارائه شوند تا کینماتیک مچ و نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بار را تغییر دهند. به‌طورکلی، توصیه می‌شود درصورت ممکن تمرین پیشگیری باید هرچه‌سریع‌تر آغاز شود؛ زیرا، کودکان نابالغ مستعد آسیب‌های پرکاری هستند (۱۵) با توجه به پژوهش‌های اندک درزمینهٔ پیشگیری از آسیب کودکان کمتر از ۱۴ سال و توصیهٔ پژوهشگران به اجرای برنامهٔ تمرین‌های پیشگیری از آسیب در سنین کودکی (۲۳،۲۹)، پژوهش حاضر بر آن است تا به بررسی تأثیر شش هفته تمرین‌های ثبات مرکزی بر عوامل خطرزای بیومکانیکی اسپرین مچ پای کودکان فعال (۱۰ تا ۱۲ سال) درحین تکلیف پرش- فرود بپردازد.

1. Muthukrishnan
2. Araujo
3. Campbell

روش پژوهش

پژوهش حاضر ازنوع نیمه‌تجربی و کاربردی است که به بررسی تأثیر تمرین ثبات مرکزی بر بیومکانیک اندام تحتانی به‌ویژه مچ پای کودکان فعال نابالغ می‌پردازد. کودکان فعال ۱۰ تا ۱۲ سال علاقه‌مند به رشتهٔ ورزشی والیبال که عضو باشگاه‌های شهر تهران بودند و حداقل دو سال سابقهٔ تمرین منظم داشتند، جامعهٔ آماری پژوهش را تشکیل دادند. حجم نمونه‌های پژوهش حاضر براساس تعداد حجم نمونهٔ پژوهش‌های پیشین انتخاب شد (۱۳، ۱۲). تعداد ۲۷ آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در دو گروه ۱۳ نفرهٔ تجربی و ۱۴ نفرهٔ کنترل قرار گرفتند. ازجمله شرایط ورود افراد به پژوهش، منفی‌بودن آزمون کشویی قدامی مچ پا، سالم‌بودن و نداشتن آسیب در شش ماه گذشته، نداشتن ناهنجاری‌های اسکلتی- عضلانی قابل‌مشاهده در اندام تحتانی مانند زانوی پرانتزی، زانوی ضربدری و پرونیشن مچ پا، نداشتن آسیب‌دیدگی قبلی در مچ پا (بی‌ثباتی یا سابقهٔ پیچ‌خوردگی) یا جراحی در اندام تحتانی، قرارگیری در مرحلهٔ یک تانر[1] توانایی در اجرای صحیح فرود و رضایت داوطلبانـهٔ آزمودنی‌ها و اولیا آن‌ها برای شرکت در پژوهش بود (۱۲).

پیش از آغاز برنامهٔ تمرینی، ابتدا مراحل کلی اجرای آزمون و اهداف آن برای آزمودنی‌ها و اولیای آن‌ها شرح داده شد و از اولیا خواسته شد که درصورت تمایل فرم رضایت‌نامه و مشخصات فردی را تکمیل کنند. پیش از شروع مراحل آزمایشگاهی، بی‌خطربودن آزمون و تمرین موردنظر این پژوهش توسط کمیتهٔ اخلاق پژوهش دانشگاه تهران بررسی شد (IR.UT.SPORT.REC.1396004). تمام فعالیت‌های تمرینی بازیکنان زیرنظر پژوهشگر اجرا شدند. تمرین ثبات مرکزی براساس طرح تمرینی ثبات مرکزی جفری[2](۳۰) طراحی و اجرا شد. علت این انتخاب، سادگی و قابل‌اجرابودن این تمرین برای سنین کودکان بود. گروه تجربی تمرین‌ها را به‌مدت شش هفته و هفته‌ای سه جلسه انجام دادند. زمان هر جلسهٔ تمرین ۳۰ تا ۴۰ دقیقه بود و شامل گرم‌کردن به‌مدت پنج دقیقه، انجام تمرین‌های ثبات مرکزی به‌مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه و پنج‌دقیقه سردکردن بود. زمان استراحت بین ست‌ها یک دقیقه و بین حرکات پنج دقیقه بود. این تمرین‌ها متشکل از سه سطح تمرینی متفاوت بدین‌صورت بودند: سطح یک شامل انقباض‌های ایستا در یک وضعیت باثبات، سطح دو شامل حرکات دینامیک در یک محیط باثبات و سطح سه شامل حرکات دینامیک در یک محیط بی‌ثبات بود (۳۰) (جدول شمارهٔ یک).

1. Tanner Stage
2. Jeffry

جدول ۱- برنامهٔ تمرینی ثبات مرکزی

هفته	توصیف حرکت	تکرار و ست
هفته‌های اول و دوم	تودادن شکم در وضعیت چمباتمه	سه ست ۲۰ تکرار
	تودادن شکم در وضعیت طاقباز به‌همراه جمع‌کردن یک پا	سه ست ۲۰ تکرار
	تودادن شکم در وضعیت دمر به‌همراه جمع‌کردن یک پا	سه ست ۲۰ تکرار
	پل یک‌طرفه	برای هر سمت شش تکرار و ۱۰ ثانیه مکث
هفتهٔ سوم	تودادن شکم در وضعیت طاقباز به‌همراه بالا نگه‌داشتن اندام و نزدیک‌کردن دست‌ها و پاها به هم	سه ست ۲۰ تکرار
	چمباتمه همراه با بالا آوردن یک پا از پشت	سه ست ۲۰ تکرار
	چرخش تنه به دو طرف با دردست‌داشتن وزنه	سه ست ۲۰ تکرار (برای هر سمت بدن)
هفتهٔ چهارم	نشستن روی توپ سوئیسی و تودادن شکم	سه ست ۱۰ ثانیه
	بالاآوردن دست‌ها و پاها به‌صورت هم‌زمان در حالت دمر	سه ست ۱۰ تکرار
	لانج در یک مسیر مایل به زاویهٔ ۴۵ درجه به چپ یا راست	سه ست ۱۲ تکرار
	اسکات درحالی‌که توپ سوئیسی بین دیوار و کتف‌ها قرار دارد.	سه ست ۱۵ تکرار
هفتهٔ پنجم	پل (شانه، کتف و کف یک پا روی زمین و بالاآوردن باسن و پای دیگر)	سه ست و ۱۵ ثانیه مکث
	تودادن شکم در حالت خوابیده روی توپ سوئیسی به‌طوری‌که کف پاها روی زمین و پشت روی توپ سوئیسی باشد.	سه ست ۲۰ تکرار
	خوابیدن روی توپ سوئیسی به‌طوری‌که کف پاها روی زمین و پشت روی توپ سوئیسی قرار گیرد و چرخش تنه به دو طرف باشد.	سه ست ۱۵ تکرار
	تمرین بالا درحالی‌که یک وزنه دردست است.	سه ست ۱۵ تکرار
هفتهٔ ششم	پل یک‌طرفه به‌همراه بالاآوردن یک پا	شش تکرار و ۱۰ ثانیه مکث
	خوابیدن طاقباز روی توپ سوئیسی و تودادن شکم به‌همراه بالا آوردن یک پا	سه ست ۲۰ تکرار
	بالاآوردن دست و پای مخالف در حالت چمباتمه	سه ست ۲۰ تکرار
	پل روی توپ سوئیسی	سه ست ۱۵ ثانیه مکث

پیش و پس از اجرای برنامهٔ تمرینی، متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی اندازه‌گیری شدند. برای تعیین متغیرهای کینماتیکی مفصل مچ پا درحین فرود، تصاویر توسط شش دوربین ۲۴۰ هرتز مدل

بونیتا[1] ضبط شدند. صفحهٔ نیرو[2] ساخت ایران (دانش‌سالار ایرانیان) با فرکانس ۴۰۰ هرتز نیز داده‌های کینتیکی پرش- فرود را ثبت کرد (۳۱، ۱۱). برای کاهش نویز داده‌ها از فیلتر پایین گذر باترورث با فرکانس شش هرتز استفاده شد (۳۲).

پیش از اجرای آزمون، پای برتر آزمودنی‌ها با روش شوت‌کردن توپ فوتبال مشخص شد. سپس، از آزمودنی‌ها خواسته شد به اجرای برنامهٔ گرم‌کردن (پنج دقیقه دویدن و سه تا پنج دقیقه حرکات کششی ساده و عمومی) بپردازند. پس از گرم‌کردن، مارکرها بر بدن آزمودنی‌ها قرار داده شدند. در پژوهش حاضر، از سیستم مارکرگذاری برمبنای سیستم پلاگ این گیت[3] استفاده شد. در این پژوهش، برای هر فرد از ۱۶ نشانگر استفاده شد. مارکرها روی خار خاصرهٔ قدامی فوقانی، خار خاصرهٔ فوقانی خلفی، یک‌سوم فوقانی استخوان ران (در پای راست)، یک‌سوم تحتانی استخوان ران (در پای چپ)، اپی‌کندیل خارجی، یک‌سوم فوقانی ساق پا (در پای راست)، یک‌سوم تحتانی ساق پا (در پای چپ)، قوزک خارجی، پاشنه و متاتارس اول قرار داده شدند (۳۳).

پس از آماده‌شدن کامل آزمودنی، برای آشنایی کامل وی با تکلیف پرش- فرود تک‌پا، ابتدا توضیحات کاملی دربارهٔ نحوهٔ انجام تکلیف برای نمونه‌های پژوهش ارائه شدند. سپس، از آن‌ها خواسته شد با توجه به توضیحات ارائه‌شده و برای آمادگی بیشتر، تکلیف را برای سه مرتبه تمرین و تکرار کنند (۳۴). پس از آن، از آزمودنی‌ها خواسته شد تکلیف را برای سه بار و با زمان استراحت یک دقیقه بین هر تکرار، انجام دهند (۳۴). نحوهٔ انجام تکلیف پرش– فرود تک‌پا بدین‌صورت بود که از آزمودنی‌ها خواسته شد روی جعبهٔ چوبی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر که در ۱۰ سانتی‌متری پشت صفحهٔ نیرو قرار داشت، بایستند (۳۵). همچنین، از آزمودنی‌ها خواسته شد دست‌های خود را بر کمر قرار دهند و پای موردآزمون (پای برتر) را از زانو خم کنند و با پای دیگر بایستند. سپس، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا شاخص تعبیه‌شده در ۵۰ درصد حداکثر پرش عمودی خود، به بالا بپرند و با پای موردآزمون در مرکز صفحهٔ نیرو فرود آیند و تعادل خود را به‌مدت یک ثانیه حفظ کنند. هیچ‌گونه دستورالعملی مبنی‌بر تکنیک اجرای صحیح فرود به آزمودنی داده نشد. سه فرود قابل‌قبول ثبت شدند. فرود قابل‌قبول شامل تماس سینهٔ پا در ابتدا و حفظ تعادل بود (۳۶). در انتها، میانگین داده‌های این سه مرحله به‌عنوان دادهٔ فرود مربوط به هر فرد درنظر گرفته شدند. زوایای مفاصل در لحظه‌ای که زانو پس از فرود به حداکثر فلکشن خود می‌رسید، به‌دست آمد (۳۷).

1. Bonita
2. Force Plate
3. Plug in Gait

با استفاده از اطلاعات کسب‌شده از صفحهٔ نیرو، میزان نیروی عکس‌العمل عمودی (F_Z) زمانی ثبت می‌شود که از ۱۰ نیوتون فراتر رود (۳۳). با استفاده از نرم‌افزار اکسل، حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، حداکثر نیروی عمودی (N) ثبت‌شده با تقسیم بر وزن آزمودنی‌ها، (N) نرمال شد و به‌صورت مضربی از وزن بدن (BW) بیان شد. همچنین، نرخ بارگذاری به‌صورت حداکثر نیروی عمود نرمال‌شدهٔ تقسیم‌شده بر زمان رسیدن به حداکثر نیرو از لحظهٔ تماس آغازین پا با زمین محاسبه شد (۳۸) (رابطهٔ شمارهٔ یک).

$$\text{نرخ بارگذاری} = \left(\frac{\text{peak Fz(N)/bodyweight(N)}}{\text{time to peak Fz}}\right)\left(\frac{\text{BW}}{\text{ms}}\right) \quad (۱)$$

اطلاعات به‌دست‌آمده، در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی در نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.[1]نسخهٔ ۲۲ و اکسل (۲۰۱۶) تجزیه‌وتحلیل شد. در آمار توصیفی، معیارهای مهم تمرکز و پراکندگی محاسبه شدند. همچنین، در بخش آمار استنباطی از روش آماری آنکوا[2]و تی مستقل استفاده شد. برای ارزیابی تفاوت هر متغیر بین‌گروه‌ها از آنکووا استفاده شد. برای اجرای این آزمون، ابتدا از آزمون آماری شاپیرو- ویلک[3] استفاده شد تا طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها بررسی شود و سپس، آزمون آماری لون[4]همگنی واریانس‌ها را تأیید کرد. مفروضهٔ همگنی رگرسیون به‌وسیلهٔ آزمون فرض همگنی شیب‌ها بررسی شد. برای بررسی جایگاه تفاوت در متغیرها از آزمون بونفرونی[5]استفاده شد. سطح معناداری پژوهش با آلفای پنج‌صدم درنظر گرفته شد.

نتایج

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در گروه تجربی و کنترل، در جدول شمارهٔ دو ارائه شده‌اند. نتیجهٔ حاصل از آزمون تی مستقل اختلاف معناداری را نشان نداد که این امر بیانگر همگن‌بودن آزمودنی‌ها است.

1. SPSS
2. ANCOVA
3. Shapiro-Wilk
4. Levene
5. Bonferroni

جدول ۲- مشخصات جمعیت‌شناختی گروه تجربی و کنترل

متغیر	تجربی		کنترل		معناداری
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	
سن (سال)	۱۰/۹	۰/۲۵	۱۰/۷۶	۰/۳۴	۰/۳۳۸
قد (سانتی‌متر)	۱۴۰/۷۶	۶/۳۴	۱۳۹/۲۳	۵/۵۷	۰/۲۰۸
وزن (کیلوگرم)	۳۳/۳۳	۶/۶۱	۳۲/۴۱	۶/۱۳	۰/۳۳۰
شاخص تودهٔ بدنی (BMI)	۱۹/۶۲	۳/۲۰	۱۹/۷	۳/۱۴	۰/۲۵۱

جدول ۳- میانگین و انحرف معیار متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی پیش و پس از برنامهٔ تمرینی

متغیر	گروه تجربی		گروه کنترل	
	پیش‌آزمون میانگین ± انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین ± انحراف معیار	پیش‌آزمون میانگین ± انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین ± انحراف معیار
زاویهٔ مچ پا در صفحهٔ فرونتال (درجه)	-۱۷/۷ ± ۷	-۱۸/۶ ± ۴/۹۷	-۱۷/۴ ± ۴/۸۴	-۱۸/۴ ± ۴/۸۴
زاویهٔ مچ پا درصفحه ساجیتال (درجه)	۲۰/۶ ± ۷/۶	۱۹/۶ ± ۳/۹۷	۲۰/۶ ± ۹/۹۷	۲۰/۶ ± ۲/۹۷
حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (BW درصد)	۴/۰ ± ۸۲/۳	۲/۰۶ ± ۰/۵۲	۴/۰۹ ± ۰/۹۲	۳/۴۳ ± ۰/۷۶
نرخ بار (BW/s درصد)	۱۵۲/۰۶ ± ۹	۱۳۹ ± ۱۴	۱۵۱ ± ۹	۱۴۸ ± ۹

علائم کینماتیک مچ پا: - پلانتارفلکشن/ + دورسی‌فلکشن، - اورژن /+ اینورژن

جدول ۴- نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیرهای کینماتیک و کینتیک پرش- فرود

متغیر	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	اتا
زاویهٔ مچ پا در صفحهٔ فرونتال	۲۹۷۷/۹۸۷	۱	۲۹۷۷/۹۸۷	۱۶۲/۴۲۴	۰/۰۸	۰/۰۰۹
زاویهٔ مچ پا در صفحهٔ ساجیتال	/۹۸۷ ۷۷	۱	/۹۸۷ ۷	۰۲۴ ۰/	/۱۲۹ ۰	۰ ۰/۰۳
حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین	۰/۹۸	۱	۰/۹۸	۲/۰۱۰	*۰/۰۰۵	۰/۰۷۴
نرخ بار	۶۹۵	۱	۶۹۵	۱/۱۷۰	*۰/۰۴	۰/۰۶

جدول ۵- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسهٔ میانگین نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بار

متغیر	گروه‌ها		تفاوت میانگین	سطح معناداری
حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین	تجربی	کنترل	۱۲/۷۳	۰/۰۰۰۱
نرخ بارگذاری	تجربی	کنترل	-۵/۷۴	۰/۰۰۹

آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره، به‌ترتیب برای زاویهٔ مچ پا در فرونتال (P = ۰/۰۸) و ساجیتال (P = ۰/۱۲۹) با مقدار P > ۰/۰۵ نشان داد که تفاوت معناداری بین زاویهٔ مچ در صفحهٔ فرونتال و ساجیتال، در زمان حداکثر فلکشن زانو در گروه آزمایش و کنترل در پس‌آزمون وجود ندارد. با توجه به اینکه آزمون F در این تحلیل معنادار نشد، گزارش آزمون تعقیبی مجاز نیست؛ بنابراین، می‌توان گفت که انجام شش هفته تمرین‌های ثبات مرکزی بر زاویهٔ مچ پا در صفحهٔ ساجیتال و فرونتال، درحین تکلیف پرش- فرود در کودکان بازیکن والیبال تأثیر معناداری ندارد (جدول شمارهٔ چهار).

نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره برای متغیر حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (P = ۰/۰۰۵) و مؤلفهٔ نرخ بار (P = ۰/۰۴) با مقدار P < ۰/۰۵ نشان داد که تفاوت معناداری بین حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و مؤلفهٔ نرخ بار (جدول شمارهٔ چهار)، در گروه تجربی و کنترل در پس‌آزمون وجود دارد. اندازهٔ اثر نشان می‌دهد که اختلاف بین دو گروه بعد از تعدیل نمرات، ناشی از متغیر مستقل است. با توجه به معنادارشدن F، با استفاده از آزمون بونفرونی به بررسی جایگاه تفاوت در متغیرها پرداخته شد (جدول شمارهٔ پنج). با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که انجام شش هفته تمرین ثبات مرکزی موجب کاهش معنادار حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بار، درحین تکلیف پرش- فرود تک‌پا در کودکان است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر شش هفته تمرین ثبات مرکزی بر کینماتیک مچ پا در دو صفحهٔ ساجیتال و فرونتال، نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری در تکلیف پرش فرود تک‌پای کودکان فعال بوده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که پیش و پس از تمرین ثبات مرکزی، زاویهٔ مچ پا در صفحهٔ فرونتال و ساجیتال در لحظهٔ حداکثر فلکشن زانو تفاوت معناداری نداشته است. این درحالی است که پس از برنامهٔ تمرینی نرخ بار و حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین کاهش معناداری داشته است. نتایج پژوهش‌هایی که از تمرین ثبات مرکزی جفری استفاده کرده‌اند (۳۰)، تأثیر آن را تنها بر عوامل تعادل کودکان ارزیابی کرده‌اند (۲۷) و تعداد پژوهش‌هایی که درزمینهٔ بررسی تأثیر تمرین ثبات مرکزی بر بیومکانیک فرود کودکان انجام شده باشد، اندک است؛ بنابراین، امکان مقایسه، بحث و بررسی نتایج پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها به طور مستقیم وجود ندارد. پژوهش گیج[1](۳۹) تأثیر هشت هفته تمرین شکم بر کینماتیک اندام تحتانی افراد سالم و دارای بی‌ثباتی مچ پا را در تکلیف فرود بررسی کرد. نتایج پژوهش نشان داد که پس از اجرای برنامه تمرینی کینماتیک مچ پا، زانو و ران در دو گروه سالم و دارای بی‌ثباتی تغییر معناداری نداشته‌اند. تامپسون و همکاران (۱۳) تأثیر تمرین‌های پیشگیری را که شامل تمرین‌های قدرتی و تعادلی و تمرین پرش- فرود می‌شوند، بر بیومکانیک اندام تحتانی دختران ۱۰ تا ۱۲ سال فوتبالیست بررسی کردند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که ۱۵ جلسه تمرین پیشگیری می‌تواند بر کینماتیک اینورژن مچ پا تأثیر بگذارد. همچنین، کمپل و همکاران (۲۶) تأثیر تودادن شکم بر کینماتیک اندام تحتانی هفت زن و نُه مرد سالم را در تکلیف پرش– فرود بررسی کردند. نتایج نشان داد که فلکشن زانو و ران و مچ پا تغییر معناداری نداشته است. تناقض در یافته‌ها ممکن است به‌دلیل تفاوت در تکنیک فرود یا گرفتن داده‌های کینماتیکی باشد. هس[2]و همکاران (۴۰) معتقدند زمانی‌که کودک ازنظر بدنی به‌سمت بلوغ سیر می‌کند، تغییرات آناتومیک و هورمونی موردنیاز برای انطباق با سیستم عصبی- عضلانی می‌توانند بر کینماتیک و کینتیک حرکت تأثیر بگذارند. بلوغ، کنترل نوروماسکولار، قدرت، مهارت و تجربه ازجمله عواملی هستند که می‌توانند باعث تفاوت مکانیک فرود در افراد نابالغ و بالغ شوند. (۴۰) این تفاوت به بروز راهبردهای[3]مختلف برای کنترل فرود منجر می‌شوند. لارکین و پارکر[4](۴۱) بیان کردند که کودکان از راهبرد ران برای کنترل

1. Gage
2. Hass
3. Larkin and Parker
4. Pelland

دینامیک تعادل در فرود دوپا استفاده می‌کنند. پلند[1]و همکاران (۴۲) نیز معتقدند که کودکان نابالغ هفت تا هشت سال، از راهبردهای کنترل پروگزیمال استفاده می‌کنند. پیش‌تنظیم تنش در عضلات ران و زانو درقبل از فرود برای وضعیت پوسچر در لحظهٔ برخورد پا با زمین مهم است. در کودکان میزان پیش‌تنظیم انقباض هم‌زمان در زانو کم است و کنترل پوسچر در زمان فرود، چالش بزرگی برای کودکان محسوب می‌شود. کنترل نوروماسکولار در این گروه سنی ممکن است از دلایل احتمالی این موضوع باشد. همچنین، به‌دلیل نبود قدرت کافی در عضلات، درحین فرود، مچ پا قادر نیست نیروی حاصل از زمین را ازطریق راهبرد مچ رفع کند؛ بنابراین، با استفاده از راهبرد کنترل پروگزیمال حرکت فرود را انجام می‌دهد (۴۳). براساس مطالب ذکرشده می‌توان این‌گونه بیان کرد که کودکان در فرود برای حفظ تعادل از راهبرد ران استفاده می‌کنند؛ بنابراین، نمی‌توان انتظار داشت تا اثر تمرین بر متغیرهای مچ پا مشاهده شود.

به‌طور جامع، اثربخشی برنامه‌های پیشگیری از آسیب بر بهبود عوامل خطر در آسیب‌های اندام تحتانی در کودکان بررسی نشده است (۱۳). میر[2]و همکاران (۴۴) معتقدند که انطباق‌های بیومکانیکی کودکان دربرابر محرک‌های ورزشی اندک هستند؛ بنابراین، انتظار می‌رود که افراد در پژوهش حاضر پاسخ کمتری به تمرین داده باشند. تغییرات اندک در کینماتیک مچ پا در حرکت پرش– فرود تک‌پا را می‌توان به ویژگی‌های برنامهٔ تمرینی نسبت داد. در این پژوهش‌ها، برنامهٔ تمرینی دارای دورهٔ تمرینی شش یا هشت‌هفته‌ای بوده است؛ اما نظریه‌های اخیر کنترل و یادگیری حرکتی نشان می‌دهند که برای بازآموزی کنترل یک حرکت، یادگیری یک تکلیف دینامیک ضروری است. برای بهبود کنترل حرکتی در مچ پا نیاز است تا بازآموزی عضلات مچ پا درحین مرحله تحمل وزن و برخورد اولیه در فرود صورت گیرد. شاید نیاز باشد برای بازآموزی فیدبک پروپریورسپتیو درطی حرکت دینامیک مانند پرش- فرود، برخی تمرین‌های پلایوتریک و نوروماسکولار گنجانده شوند (۴۵). درهمین‌راستا، لپوریس[3]و همکاران (۴۶) به این نتیجه دست یافتند که ترکیب تمرین‌های ثبات مرکزی و پلایومتریک، بر کینماتیک اندام تحتانی افراد ۱۲ تا سال ۱۴ والیبالیست درطی فرود تأثیر دارد. برای تغییر یک فعالیت عملکردی که قبلاً آموخته شده است و الگوی حرکتی پیش‌ساخته ای دارد، نیاز است تمرین‌ها با شدت بیشتر و دورهٔ طولانی‌تر و با فیدبک اجرا شوند (۴۰).

پژوهش حاضر تأثیر برنامهٔ تمرینی را بر نرخ بار و حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بررسی

1. Myer
2. Leporace

کرد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که پس از برنامهٔ تمرینی، نرخ بار و حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین کاهش معناداری داشته‌اند. حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین از مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کنندهٔ وقوع آسیب در فعالیت‌های ورزشی به‌خصوص پرش- فرود عمودی است (۴۷). پژوهش ها نشان داده‌اند که در شرایط فرودآمدن‌های مختلف، عضلات بخش مرکزی در جذب انرژی و نیروی واردشده به بدن به‌طور متناوب شرکت دارند (۴۹، ۴۸). زازولاک[1] و همکاران (۵۰) پیشنهاد کردند که کاهش فعالیت عضلات پروگزیمال ظرفیت تحمل بار زانو را تغییر می‌دهد و ممکن است به نیروهای بیشتر به‌ازای هر واحد جرم بدن منجر شود. همچنین، اروین[2] و همکاران (۱۹) معتقدند کودکان شش تا ۱۱ سال قدرت عضلات ناحیهٔ مرکزی بدنشان در مقایسه با افراد بالغ کمتر است. کاهش استفاده از عضلات پروگزیمال اندام تحتانی برای جذب این نیروها، این کودکان نیروی عکس‌العمل زمین بیشتری را در اندام تحتانی درطی فرود تجربه می‌کنند. ایدا[3] و همکاران (۵۱) گزارش کردند که دو هفته برنامهٔ تمرینی فرود به کاهش معنادار ۱۹ درصدی در حداکثر نیروی فرود به‌ازای هر کیلوگرم از وزن بدن منجر می‌شود. ساتو[4] و همکاران (۵۲) تأثیر تمرین قدرتی عضلات بخش مرکزی بر کینتیک دویدن و ثبات اندام تحتانی را در دوندگان بررسی کردند. این پژوهشگران تأثیر معنادار مداخلهٔ تمرینی ثبات مرکزی بر نیروی عکس‌العمل عمودی را گزارش نکردند. نیروی عکس‌العمل در پژوهش ساتو و همکاران به‌وسیلهٔ دویدن روی صفحهٔ نیرو اندازه‌گیری شد؛ درحالی‌که در پژوهش حاضر از فرود تک‌پا روی صفحهٔ نیرو استفاده شد. آراجو و همکاران (۵۳) در یک پژوهش آزمایشی تأثیر تمرین‌های بخش مرکزی بر کینتیک زنان ورزشکار را در مرحله دوم فرود بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند که تمرین عضلات بخش مرکزی نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را کاهش می‌دهد و کینتیک فرود را بهبود می‌دهد که این امر می‌تواند خطر آسیب اندام تحتانی را در ورزشکاران زن کاهش دهد. همچنین، فتاحی و همکاران (۵۴) تأثیر هشت هفته تمرین‌های ثبات مرکزی بر کینتیک مردان بسکتبالیست را در تکلیف فرود تک‌پا بررسی کردند. نتایج حاصل نشان داد که نیروی عکس‌العمل زمین، نرخ بار و متوسط نرخ بار پس از دورهٔ تمرینی کاهش معناداری داشته‌اند. مک‌کی[5] و همکاران (۵۵) بیان کردند که انجام تمرین‌های ورزشی به‌مدت شش ساعت در هفته، نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بار را در افراد نابالغ کاهش می‌دهد.

1. Zazulac
2. Ervin
3. Iida
4. Sato

همچنین، هوپر[1] و همکاران (۵۶) پس از اجرای شش هفته تمرین‌های عصبی- عضلانی در کودکان ۱۱ تا ۱۳ سال، به این نتیجه دست یافتند که حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین پس از اجرای برنامهٔ تمرینی از ۲/۳ وزن بدن به ۱/۳ وزن بدن کاهش پیدا می‌کند.

بخش تنه بیشتر از ۳۵ درصد از حجم بدن را تشکیل می‌دهد. حرکت یا وضعیت تنه درطی فرود، بر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین تأثیرگذار است. به‌نظر می‌رسد که ناحیهٔ کمری لگنی قوی و پایدار، به انتقال مؤثر نیروها از زمین کمک می‌کند و تولید گشتاور و حرکت در اندام تحتانی را تسهیل می‌کند. سیستم اعصاب مرکزی از راهبردهای مختلفی برای کنترل پوسچر درطی حرکات استفاده می‌کند (۵۳). عضلات تنه به حالت یک فیدفوروارد عمل می‌کنند و قبل از عضلات حرکت دهنده اصلی یا با ترکیب عضلات حرکت‌دهندهٔ اصلی برای کاهش گشتاورهای ایجادشده توسط اغتشاش فعال می‌شوند. افزایش سفتی بدن پایداری پروگزیمال را برای حرکات اندام تحتانی و فوقانی، حفظ مرکز ثقل در سطح اتکا و جذب مؤثر نیروهای ایجادشده دیستال فراهم می‌کند (۵۷). پژوهش‌های گذشته پیش‌فعال‌سازی عضلات اندام تحتانی و عضلات تنه را قبل از تماس با زمین، درطی فرود نشان داده‌اند. پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که عضلات اندام تحتانی و تنه درحین فرود و پیش از برخورد پا با زمین پیش‌فعال می‌شوند. اوکوبو[2] و همکاران (۵۸) فعالیت عضلات شکمی را درطی حرکت پرش- فرود بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند که عضلات شکمی قبل از فرود فعال می‌شوند. همچنین، آن‌ها گزارش کردند که عضلات شکمی درطی این عمل به‌ترتیب (از عضلات عمقی به عضلات سطحی) به‌کار گرفته می‌شوند. اخیراً گزارش شده است که عضلهٔ راست شکمی، عضلهٔ مایل خارجی و دوقلوی میانی، قبل از تماس پا با زمین درحین فرود فعال می‌شوند که این مطلب نشان می‌دهد این عضلات برای آماده‌سازی برای ضربهٔ فرود با افزایش سفتی مفصل مچ پا و فشار درون‌شکمی فعال شده‌اند و به‌عنوان کنترل پیش‌بین پوسچرال برای جذب نیرو عمل می‌کنند. این پژوهش‌ها و نتایج آن‌ها اهمیت فعالیت عضلات تنه درطی فرود را نشان می‌دهند و بیان می‌کنند که برنامهٔ تمرینی ثباتی قادر است الگوی فراخوانی عضلات را در افراد سالم تغییر دهد و تأثیری اساسی بر نیروی عکس‌العمل زمین داشته باشد. درواقع، تمرین ثبات مرکزی می‌تواند با تغییر در قدرت تنه باعث تغییر در پوسچر فرود شود که همین امر می‌تواند بر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین تأثیر بگذارد (۵۹، ۵۱). براساس یافته‌های پژوهشگران، به‌نظر می‌رسد که تمرین‌های مقاومتی در کوتاه‌مدت می‌توانند توان و قدرت اندام تحتانی را در افراد نابالغ تغییر دهند

1. McKay
2. Hopper
3. Okubo

و انجام تمرین‌های عصبی– عضلانی در پیش از بلوغ و درحین بلوغ، پارامترهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب اندام تحتانی به‌خصوص حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را کاهش دهد(۶۰). به‌نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر، تمرین ثبات مرکزی توانسته است با تأثیر بر عضلات این ناحیه حداکثر نیروی عمودی زمین را کاهش دهد. نتایج نشان داد که تمرین بر متغیرهای کینماتیکی مچ پا تأثیر معناداری نداشت؛ اما با توجه به آنکه نیروی عکس‌العمل زمین را می‌توان یکی از شاخص‌های اثرگذار بر بیومکانیک پرش فرود دانست که نشان‌دهندهٔ تعامل نیرویی کل بدن با زمین است و پژوهش حاضر تأثیر مثبت تمرین‌ها بر این متغیر را قابل‌مشاهده بوده است، می‌توان گفت که تمرین‌های ثبات مرکزی بر بیومکانیک پرش فرود کودکان تأثیر مثبتی داشته‌اند؛ زیرا ممکن است تأثیر تمرین موجب تغییر در کینماتیک سایر مفاصل اندام تحتانی شده باشد.

پژوهش حاضر بیانگر تأثیر معنادار برنامهٔ تمرینی بر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و تأثیرنداشتن بر کینماتیک مچ پا است. شایان ذکر است که انجام این پژوهش دارای چندین محدودیت احتمالی بود که در تفسیر نتایج باید مدنظر قرار گیرند. نخست اینکه، به‌دلیل تمرکز پژوهش بر کودکان فعال در رشتهٔ والیبال، در تعمیم‌پذیری نتایج این پژوهش محدودیت وجود دارد. دوم این که، به‌دلیل اندازه‌گیری‌نکردن داده‌های نیروی عکس‌العمل در جهت‌های قدامی- خلفی و داخلی– خارجی، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به بررسی آن پرداخته شود. سوم این که، به‌دلیل تفاوت‌های بیومکانیکی میان دختران و پسران بالغ و نابالغ و درحین بلوغ، به سایر پژوهشگران پیشنهاد می‌شود که در پژوهش آیندهٔ خود، اثر تمرین‌های ثبات مرکزی بر روی هر دو جنس و در دوره‌های مختلف سنی را بررسی کنند.

پژوهش‌های انگشت‌شماری درزمینهٔ تأثیر تمرین بر بیومکانیک مچ پای کودکان نابالغ وجود دارند و همین تعداد اندک نیز تأثیر تمرین‌های گوناگون شامل تمرین‌های انعطاف‌پذیری، قدرتی و پلایومتریک بوده‌اند که بر بیومکانیک اندام تحتانی بررسی شده‌اند و پژوهشی که تأثیر تمرین ثبات مرکزی به عنوان برنامهٔ تمرینی پیشگیری از آسیب بر کینماتیک مچ پا سالم و کینتیک فرود را در کودکان سالم بررسی کند، یافت نشد.

یافته‌های دستگاه صفحهٔ نیرو و تحلیل زوایای مچ پا در آزمودنی‌های گروه تمرین نشان داد که با اجرای برنامهٔ تمرینی ثبات مرکزی مقدار نیروی کمتری درحین پرش- فرود تک‌پا تحمل می‌شود؛ اما بر زوایای مچ پا تأثیر چشمگیری ندارد. با درنظرگرفتن این نتایج می‌توان گفت که تمرین ثبات مرکزی می‌تواند تأثیر مثبتی بر تعدیل برخی عوامل خطرساز آسیب اسپرین مچ پا داشته باشد.

منابع

1. Knobloch K, Rossner D, Jagodzinski M, Zeichen J, Gössling T, Martin-Schmitt S, et l. Prevention of school sport injuries: An analysis of ball sports with 2234 injuries. Sportverletz Sportsc. 2005;19(2):82-8.
2. Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ. The epidemiology of ankle sprains in the United States. J Bone Joint Surg Am. 2010;692(13): 2279-84.
3. Jespersen E, Holst R, Franz C, Rexen CT, Klakk H, Wedderkopp N. Overuse and traumaticextremity injuries in schoolchildren surveyed with weekly text messages over 2.5 years. Scand J Med Sci Sports. 2014;24(5):807-13.
4. Wedderkopp N, Jespersen E, Franz C, Klakk H, Heidemann M, Christiansen C, et al. The childhood health, activity, and motor performance school studyDenmark (The CHAMPS-study DK). BMC Pediatr. 2012;12 (128):2-8.
5. Panagiotakis E, Mok KM, Fong DT, Bull AMJ. Biomechanical analysis of ankle ligamentous sprain injury cases from televised basketball games: Understanding when, how and why ligament failure occurs. J Sci Med Sport. 2017;20(12):1057-61.
6. Schmitz RJ, Kulas AS, Perrin DH, Riemann BL, Shultz SJ. Sex differences in lower extremity biomechanics during single leg landings. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2007;22(6):681-8.
7. Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. J Athl Train. 2011;46(1):5–10.
8. Zadpoor AA, Asadi Nikooyan A. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reactionforce: A systematic review. Clin Biomech. 2011;26(1):23–8.
9. Swartz EE, Decoster LC, Russell PJ, Croce RV. Effects of developmental stage and sex on lower extremity kinematics and vertical ground reaction forces during landing. J Athl Train. 2005;40(1):9–14.
10. Sigward SM, Pollard CD, Havens KL. The influence of sex and maturation on knee mechanics during side-step cutting. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(8):1497–1503.
11. DiStefano LJ, Padua DA, DiStefano MJ, Marshall SW. Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. Am J Sports Med. 2009;37(3):495-505.
12. Parsons JL. Digging in to prevent ACL injuries volleyball, lower extremity review [dissertation]. [Canada]: University of Manitoba in Winnipeg; 2013.
13. Thompson JA, Tran AA, Gatewood CT, Shultz R, Silder A, Delp SL. Biomechanical effects of an injury prevention program in preadolescent female soccer athletes. Am J Sports Med. 2017;45(2):294-301.
14. Kilding A. E., Tunstall H., Kuzmic D. Suitability of FIFA's "The 11" training programme for young football players - impact on physical performance. J Sports Sci Med. 2008;7(3) :320–326.
15. Emery CA. Injury prevention and future research. Med Sport Sci. 2005; 49:170-91.
16. Hewett T, Zazulak B, MyerG, Ford, K. A review of electromyographic activation levels, timing differences, and increased anterior cruciate ligament injury incidence in female athletes. Br J Sports Med. 2005;39(60):347-50.

17. Fredericson M, Moore T. Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle and long-distance runners. Phys Med Rehabil Clin. 2005;16(69):669-89.
18. Root H, Trojian T, Martinez J, KraemerW, DiStefano LJ. Landing technique and performance in youth athletes after a single injury prevention program session. J Athl Train. 2015;50(11):1149-57.
19. Ervin R B, Wang Y, Fryar C D, Miller I M, Ogden C L. Measures of muscular strength in U.S. children and adolescents, 2012. Pediatrics. 2014;134(3):782-9.
20. Larsen LR, Kristensen PL, Junge T, Møller SF, Juul-Kristensen B, Wedderkopp N. Motor performance as risk factor for lower extremity injuries in children. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(6):1136-43.
21. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. J Am Acad Orthop Surg. 2005;13(5):316-25.
22. Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, McGill SM. Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(9):1753-62.
23. Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, Fredericson M. Core stability exercise principles. Curr Sports Med Rep. 2008;7(1):39-44.
24. Muthukrishnan R, Shenoy SD, Jaspal SS, Nellikunja S, FernandesS. The differential effects of core stabilization exercise regime and conventional physiotherapy regime on postural control parameters during perturbation in patients with movement and control impairment chronic low back pain. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 2010;2(13): 1-12
25. Araujo S, Cohen D, Hayes L. Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: A pilot study. J Hum Kine. 2015; 45:27-37.
26. Campbell A, Kemp-Smith K, O'Sullivan P, Straker L. Abdominal bracing increases ground reaction forces and reduces knee and hip flexion during landing. J Orthop Sports Phys Ther. 2016;46(4):286-92.
27. Aly S, Abonour AA Effect of core stability exercise on postural stability in children with Down syndrome. Inter J Med Res Health Sci. 2016;5(10):213-22.
28. Faigenbaum AD. Strength training for children and adolescents. Clin Sports Med. 2000; 19:593–619.
29. Weber ML, LamKC, McLeod TV. The effectiveness of injury prevention programs for youth and adolescent athletes. Int J Athl Ther Train. 2016;21(2):25-31.
30. Jeffreys I. Developing a progressive core stability program. Strength Cond J. 2002; 24:65-73.
31. Kian A and Gohari M .Designing and manufacturing a force plate specified for observing balance disabilities. Euro J Exp Bio. 2013;3(4):216-22.
32. Ford KR, Myer GD, Hewett T. Reliability of landing 3D motion analysis: Implications for longitudinal analyses. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(11):2021-8.
33. Sinsurin K, Vachalathiti R, Jalayondeja W, Limroongreungra W. Different sagittal angles and Moments of Lower Extremity Joints during Single-leg Jump Landing among Various Directions in basketball and volleyball athletes. J Phys Ther Sci. 2013;25(9):.1109-1113

34. Wikstrom EA, Tillman MD, Smith AN, Borsa PA. A new force-plate technology measure of dynamic postural stability: the dynamic postural stability index. J Athl Train. 2005;40(4):305-30.
35. Ortiz A, Trudelle-Jackson E, McConnell K, Wylie S. Effectiveness of a 6-week injury prevention program on kinematics and kinetic variables in adolescent female soccer players: A pilot study. Health Sci J. 2010;29(1):40-8.
36. Molgaard C, Rathleff MS, Simonsen O. Patellofemoral pain syndrome and its association with hip, ankle, and foot function in 16- to 18-year-old high school students: a single-blind case-control study. J Am Podiatr Med Assoc. 2011;101(3):215-22.
37. Hopper A, Haff EE, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular training improves lower extremity biomechanics associated with knee injury during landing in 11–13-year-old female netball athletes: A randomized control study. Front Physiol. 2017; 8:1-13.
38. Zhang SN, Bates BT, Dufek JS. Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings. Med Sci Sports Exerc. 2000;32(4):.812-821
39. Gage MJ. The effects of Abdominal Training on Postural Control, Lower Extremity Kinematics, Kinetics, and Muscle Activation [dissertation]: [Provo]: Brigham Young University; 2009.
40. Hass CJEA, Schick MD, Tillman JW, Chow D, Cauraugh JH. Knee biomechanics during landings: comparison of pre and postpubescent females. Med Sci Sports Exerc. 2005; 37:100–7.
41. Larkin D, Parker H E. Teaching landing to children with and without developmental coordination disorder. Pediatr Exerc Sci. 1998; 10:123–36.
42. Pelland L, Mckinly P, Beuter A. Age-dependent visual control of landing from a jump In: Disorders of Posture and Gait. Soc Neurosci Absts. 1988;14(65):249-252.
43. Russell PJ, Croce RV, Swartz EE, Decoster LC. Knee-muscle activation during landings: developmental and gender comparisons. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(1):159-70.
44. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in"high-risk" versus "low-risk" athletes. BMC Musculoskelet Disord. 2007;8(39):1-7.
45. Riemann BL, Tray NC, Lephart SM. Unilateral multiaxial coordination training and ankle kinesthesia, muscle strength, and postural control. J Sport Rehabil. 2003; 12:13-30.
46. Leporacea G, Praxedes J, Pereira GR, Pintoa SM, ChagasD, MetsavahtL, et al. Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. Phys Ther Sport. 2013;41(1):35-43.
47. Leonard Joseph H, Roslizawati N, Safrusahar MY, Efri NM, Das S, Baharudin O, et al. Effect of pubertal developmental stages and lower limb kinetics during vertical jump task in Sepak Takraw sport. Clin Ter. 2009;160(5):403-7.
48. Parkkari J, Pasanen K, Mattila VM, Kannus P, Rimpelä A. The risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: A population-based cohort study of 46 500 people with a 9 year follow-up. Br J Sports. 2008;42(6):422-6.

49. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther. 1997;77(2):132-42.
50. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of thetrunk predict knee injury risk, A prospective biomechanical -epidemiologic study. The Ame J sports med. 2007;35(7):1123-30.
51. Iida Y, Kanehisa H, Inaba Y, Nakazawa K. Short-term landing training attenuates landing impact and improves jump height in landing-to-jump movement. J Strength Cond Res. 2013;27(6):1560-7.
52. Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? J Strength Cond Res. 2009;23(1):133-40.
53. Araujo S, Cohen D, Hayes L. Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: A pilot study. J Hum Kine. 2015; 45:27-37.
54. Fatahi F, Ghasemi G, Karimi MT. The Effect of 8 weeks of core stability muscles training on kinetics of single-leg landing. Phys Treat. 2016;6(2):85-92. (In Persian).
55. McKay H, Tsang G, Heinonen A, MacKelvie K, Sanderson D, Khan KM. Ground reaction forces associated with an effective elementary school based jumping intervention. Br J Sports Med. 2005;39(1):10-4.
56. Hopper A, Haff EE, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular training improves lower extremity biomechanics associated with knee injury during landing in 11–13-year-old female netball athletes: A randomized control study. Front. Physiol. 2017;8:۱-۱۷.
57. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. Int J Sports Phys Ther. 2014;9(1):47-57.
58. Okubo Y, Kaneoka K, Shiina I, Tatsumura M, Miyakawa S. Abdominal muscle activity during a standing long jump. J Orthop Sports Phys Ther. 2013;43(8):577-82.
59. Stevens VK, Vleeming A, Bouche KG, Mahieu NN, Vanderstraeten GG, Danneels LA. Electromyographic activity of trunk and hip muscles during stabilization exercises in four-point kneeling in healthy volunteers. Eur Spine J. 2007;16(5):711-8.
60. Dahab KS, McCambridge TM. Strength training in children and adolescents raising the bar for young athletes? Sport health. 2009;1(3):223–6.

استناد به مقاله

رضوان‌خواه گلسفیدی ندا، شیرزاد الهام، علیزاده محمدحسین، براتی امیرحسین. تأثیر شش هفته تمرین ثبات مرکزی بر بیومکانیک پرش- فرود تک‌پا در کودکان فعال ۱۰ تا ۱۲ سال. مطالعات طب ورزشی. پاییز و زمستان ۱۳۹۷؛ ۱۰(۲۴)، ۱۰۲-۸۳. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/smj.2019.6035.1322

Rezvankhah Golsefidi N, Shirzad E, Alizadeh M.H, Barati A. H. Effect of 6-Week Core Stability Training on Biomechanics of Single- Leg Jump-Landing in 10 to 12 Years Old Active Children. Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2019; 10 (24): 83-102. (Persian). Doi: 10.22089/smj.2019.6035.1322

Effect of 6-Week Core Stability Training on Biomechanics of Single- Leg Jump-Landing in 10 to 12 Years Old Active Children

N. Rezvankhah Golsefidi[1], E. Shirzad[2], M. H. Alizadeh[3], A. H. Barati[4]

1. Ph.D. student of Sports Injuries and Corrective Exercises, Alborz Campus University of Iran
2. Assistant Professor of Sports Injuries and Corrective Exercises, University of Tehran[*]
3. Professor of Sports Injuries and Corrective Exercises, University of Tehran
4. Associated Professor of Sports Injuries and Corrective Exercises, Shahid Beheshti University

Received Date: 2018/07/03 **Accepted Date: 2019/02/17**

Abstarct

The childhood is an important period for implementing intervention in order to prevent sport injury. Core stability training is one of them. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effect of 6 weeks of core stability training on biomechanics of single - leg jump-landing task in active children between 10 to 12 years. 27 children were divided into experimental and control groups. Kinematic and kinetic variables, including ankle angles in sagittal and frontal planes, loading rates, and the maximum vertical ground reaction force, were measured using the motion analysis and force plate. The results show that kinetic variables in the experimental group have a significant change, but no significant change was observed in the ankle kinematics. Regarding the results, it seems that core stability exercises have a positive effect on some of the biomechanical risk factors of jump-landing of immature children.

Keyword: Core Stability Eexercise, Single- Leg Jump-Landing Task, Biomechanics, Immature Active Children

* Corresponding Author Email:eshirzad@ut.ac.ir