طب ورزشی _ پاییز و زمستان ۱۳۹۷
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۲، ص : ۲۱۱- ۱۹۷
تاریخ دریافت : ۰۷ / ۰۳ / ۹۷
تاریخ پذیرش : ۱۸ / ۱۲ / ۹۷

تأثیر تمرینات بازخوردی بر اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری مرتبط با آسیب اندام تحتانی در فرود بعد از دفاع موفق و ناموفق بازیکنان والیبال زن

انیس رستمی[۱]- امیر لطافت کار[*۲]- مهدی خالقی تازجی[۳]

۱.کارشناس‌ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران،ایران۲و۳. استادیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران،ایران

چکیده

زنان والیبالیست در الگوهای حرکتی که با کاهش شتاب، فرود و چرخش‌های مکرر همراهند، ۲ تا ۱۰ برابر بیشتر از مردان دچار آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌شوند. هدف این تحقیق بررسی تأثیر شش هفته تمرین بازخوردی بر اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری مرتبط با آسیب اندام تحتانی در فرود بعد از دفاع موفق و ناموفق والیبال در زنان والیبالیست دانشگاهی بود. ۳۲ والیبالیست زن با دامنهٔ سنی ۲۴-۱۸ سال، انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در دو گروه، تمرینات بازخوردی (۱۶نفر) و کنترل (۱۶نفر) قرار گرفتند. به‌منظور اندازه‌گیری اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری از صفحهٔ نیرو در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. براساس یافته‌های پژوهش سطح معناداری برای اوج اول و دوم VGRF در فرود استیک به‌ترتیب ۰/۰۰۳ و P= ۰/۰۰۴، در فرود استپ بک به‌ترتیب ۰/۰۰۵ و P= ۰/۰۱۲، ROL اول و دوم در فرود استیک به‌ترتیب ۰/۰۰۸ و P= ۰/۰۱۱، در فرود استپ بک به‌ترتیب ۰/۰۰۲ و P= ۰/۰۱۶ گزارش شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات بازخوردی با اعمال تغییرات معنادار بر روی عوامل خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی تأثیرات مثبتی در جهت پیشگیری از آسیب در بازیکنان والیبال داشته است. پیشنهاد می‌شود می‌توان برای کاهش عوامل خطر مرتبط با آسیب لیگامان صلیبی قدامی و همچنین یادداری صحیح و انتقال تکنیک‌های ایمن در طول جلسات تمرینی به مسابقات از تمرینات بازخوردی بهره‌مند شد.

واژه‌های کلیدی

تمرینات بازخوردی، فرود استپ بک، فرود استیک، نرخ بارگذاری، نیروی عکس‌العمل زمین، والیبال.

---

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۹۵۳۹۴۶۹۲ **Email:** letafatkaramir@yahoo.com

مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش تعداد ورزشکاران رقابتی و بالا رفتن سطح مسابقات، میزان آسیب در بین ورزشکاران افزایش یافته است. مفصل زانو، شایع‌ترین مفصل درگیر در ورزشکاران محسوب می‌شود که در این میان لیگامان صلیبی قدامی (ACL)[1]آسیب‌پذیرترین لیگامان زانوست (۱). آسیب ACL، خطر وقوع صدمات متعاقب این آسیب را افزایش می‌دهد. همچنین ممکن است به درد، عدم ثبات، اختلال در فعالیت‌های ورزشی و تفریحی و ابتلا به آرتروز منجر شود. هزینه‌های درمان آسیب ACL متجاوز از ۲ میلیارد در سال تخمین زده شده است (۲).

آسیب ACL به ناتوانی فانکشنال و مکانیکال منجر می‌شود و بازگشت کامل عملکرد پس از آسیب و جراحی ACL برای ورزشکاران معمولاً به‌دشواری صورت می‌پذیرد. امروزه آسیب ACL فقط به‌عنوان یک اختلال عصبی عضلانی ساده در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه به‌عنوان اختلال عملکرد نوروفیزیولوژیک به آن نگاه می‌شود. آسیب به گیرنده‌های مکانیکی این لیگامان می‌تواند موجب اختلال حس عمقی، اختلال تعادل و ناتوانی در انجام فعالیت‌های روزمره به‌صورت کارا شود (۴،۳).

آسیب‌های برخوردی لیگامان صلیبی قدامی، معمولاً حین کاهش شتاب و فرود ناشی از پرش یا هنگام چرخش و آماده شدن برای انجام مانورهای برشی رخ می‌دهند. میزان وقوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی یک نفر در هر ۳۵۰۰ نفر در سال برآورد شده است، به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۶ میزان ۱۲۷۴۶۶ عمل جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی در آمریکا انجام گرفت که متوسط هزینهٔ هر عمل جراحی پیوند این لیگامان حدود ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ دلار بود. علاوه‌بر هزینه‌های درمان، این آسیب موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی و نیز ایجاد آسیب‌های ثانویه مثل استئوآرتریت (افزایش بیش از ده برابر)، پارگی منیسک و مسائل و مشکلات روحی و روانی در فرد می‌شود که مجموع این عوامل ورزشکاران را به سمت برنامه‌های پیشگیری از آسیب سوق می‌دهد (۵،۶).

دو حالت دفاع (بلوک) موفق[2] ناموفق[3] در مقابل اسپک والیبال وجود دارد. دفاع موفق با اتمام یک بازی مشخص (فرود توپ در طرف مقابل تور بعد از دفاع) انجام می‌گیرد، بر بازیکن هیچ فشار زمانی در طول یک فرود پس از دفاع موفق وجود ندارد. بازیکن برای تغییر مکانیک خود در حین فرود فرصت دارد.

1 . Anterior Cruciate ligament
2 . Successful block
3 . Unsuccessful block

یک دفاع ناموفق با ادامهٔ بازی مشخص می‌شود (بعد از دفاع، بازی توپ در طرف تور دفاع‌کننده ادامه می‌یابد و بازیکن برای حرکت بعدی آماده می‌شود). بازیکن مجبور است به محض فرود قبل از حرکت بعدی، از تور یک گام به عقب بردارد. در این دفاع بازیکن باید به بازی واکنش نشان دهد و ممکن است زمان کافی برای فرود ایمن نداشته باشد (۷). چندین تکنیک فرود وجود دارد که توسط بازیکنان در حین دفاع موفق یا ناموفق استفاده می‌شوند. این دو تکنیک فرود استیک[1] و فرود استپ بک[2] نام دارند. بازیکنان معمولاً از فرود استیک بعد از دفاع موفق و از فرود استپ بک بعد از دفاع ناموفق استفاده می‌کنند. فرود استیک با حرکت بعدی ترکیب نمی‌شود. پاها به‌طور نسبی در زمان تماس با زمین موازی هستند و بازیکن می‌تواند بدون برهم خوردن تعادل راست بایستد (۷). فرود استپ بک بخشی از استراتژی بازی است و بازیکن به محض فرود از تور یک گام (به فاصلهٔ تقریباً ۳ متر) برمی‌دارد. پاها به‌طور نسبی در زمان برخورد با زمین موازی هستند و بازیکن به محض فرود با پای غالب (در این پژوهش پای راست) یک گام به عقب برمی‌دارد. در طول فرود مفاصل ران، زانو، مچ پا، در معرض استرین ناشی از نیروی عکس‌العمل زمین قرار می‌گیرند (۷). هووت و همکاران (۲۰۰۵) افزایش نیروی عکس‌العمل زمین را عامل خطر برای آسیب ACL تعریف کرده‌اند. به‌نظر می‌رسد ترکیب نیروی عکس‌العمل زمین، زمان بارگیری سریع و تعداد زیاد پرش‌ها و فرودها در طول جلسات تمرین و بازی از عوامل شایان توجه آسیب است (۷).

نرخ بارگذاری، شیب منحنی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی تا زمان رسیدن به اولین قله تعریف می‌شود. تکنیک فرود نیروی برخوردی۲ تا ۱۲ برابر وزن بدن ایجاد می‌کند. افزایش و تکرار نیروهای برخوردی در ورزش‌های دارای پرش- فرود مکرر، احتمال بروز آسیب بافت‌های نرم اطراف مفصل را افزایش می‌دهد (۸).

برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL در گذشته به‌طور مؤثری خطر آسیب ACL را در کوتاه‌مدت کاهش می‌دهد. از علل می‌تواند دشواری در حفظ و انتقال مهارت‌های حرکتی یادگیری‌شده مانند راستای دقیق ران، زانو و مچ پا در موقعیت‌های صحیح فرود باشد (۹). با وجود این برنامه‌ها، شیوع آسیب ACL همچنان زیاد است. بنابراین بهبود استراتژی‌های پیشگیری از آسیب ضروری است (۹). استراتژی‌های آموزشی تمرکز بیرونی توجه می‌تواند اکتساب مهارت را به‌صورت مؤثرتری ارتقا داده و انتقال مهارت‌های حرکتی بهبودیافته برای فعالیت‌های ورزشی را افزایش دهد (۹).

---

1 . stick landing
2 . Step-back landing

اریکسون و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تأثیرات آنی بازخورد به‌هنگام بر روی کینماتیک پرش- فرود پرداختند. به همین منظور ۳۶ زن سالم به سه گروه ترکیبی (بازخورد به هنگام و پاسخ بازخورد متعاقب)، گروه پاسخ بازخورد متعاقب و گروه کنترل تقسیم شدند. آنها عنوان کردند که در دو گروه تمرین ترکیبی و پاسخ بازخورد متعاقب افزایش مشابهی در حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین یافت شد(۱۰). همچنین نتایج مطالعهٔ اریکسون و همکاران (۲۰۱۶) با عنوان «تأثیر مداخلات تمرینی بازخوردی بر بیومکانیک پرش-فرود با هدف پیشگیری از آسیب ACL »، افزایش زاویهٔ فلکشن ران، زانو و کاهش نیروی عکس‌العمل زمین را بر صفحهٔ نیرو پس از چهار هفته تمرین هنگام حرکت پرش- فرود نشان داد (۱۱).

به‌کارگیری تکنیک‌های جدید و پیشرفتهٔ بازخورد همراه با تمرینات عملکردی متداول ممکن است تأثیر بیشتری در کاهش آسیب ACL داشته باشد. در تحقیقی بنجامینز و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی بهینه‌سازی برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL تکنیک‌های جدید بازخورد در جهت افزایش یادگیری حرکت و کاهش خطر آسیب پرداختند و کاربرد بازخورد را به‌عنوان تکنیکی برای افزایش دامنهٔ یادگیری حرکت، ارتقا و حفظ الگوی حرکت و انتقال به فعالیت ورزشی معرفی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که با به‌کار بردن بازخورد، وقوع آسیب ACL را در طولانی‌مدت می‌توان کاهش داد (۹).

به‌نظر می‌رسد که تحقیقات بیشتری نیاز است تا اثربخشی این نوع تمرینات بر روی عملکرد زانو مشخص شود. ازاین‌رو با توجه به آنچه گفته شد و با در نظر داشتن نتایج متفاوت در تحقیقات قبلی، در این پژوهش محقق در نظر دارد که به این پرسش پاسخ دهد که آیا تمرینات بازخوردی بر اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری مرتبط با آسیب اندام تحتانی حین فرود بعد از دفاع در زنان والیبالیست تأثیر دارند؟

روش تحقیق

نمونهٔ آماری این تحقیق والیبالیست‌های زن ۱۸ تا ۲۴ سال دانشگاهی (دارای شاخص تودهٔ بدنی[1] بین ۱۸/۵ تا ۲۴/۹) بودند. معیارهای خروج از مطالعه نیز دربرگیرندهٔ موارد زیر بود: سابقهٔ آسیب‌دیدگی ران، مچ پا و زانو در شش ماه گذشته یا سابقهٔ جراحی، وجود آسیب‌دیدگی در طول روند انجام تحقیق که موجب جلوگیری در فعالیت ورزشی شود، غیبت بیش از دو جلسهٔ متوالی و سه جلسهٔ نامتوالی در انجام

1. Body Mass Index (BMI)

تمرینات بازخوردی، مبتلا بودن به هر گونه ناهنجاری وضعیتی اثرگذار در روند تحقیق، شرکت در برنامهٔ تمرینات بازخوردی در یک سال گذشته، وجود درد در زمان تحقیق یا سابقه جراحی در ناحیهٔ تنه و اندام تحتانی (۷).

تعداد آزمودنی‌ها (۳۲ نفر) با استفاده از میانگین و انحراف استاندارد در یک مطالعهٔ قبلی با طرح مشابه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد. سپس با استفاده از روش تصادفی ساده به دو گروه مساوی ۱۶ نفرهٔ تجربی و کنترل تقسیم شدند.

$$N= [(Z_{1-alpha}/2 + Z_{1-beta})^2 (S_1^2+S_2^2)]/(M_1-M_2)^2$$

فرمول ۱. محاسبهٔ حجم نمونه

در تحقیق حاضر از پروتکل تمرینی بنجامینز و همکاران (۲۰۱۵) برای تمرین بازخوردی استفاده شد (۹). این تمرینات شامل هشت نوع تمرین متفاوت بود، که در هر یک از تمرینات بازخوردها و آموزش‌های کلامی متناسب با آن تمرین برای آزمودنی‌ها قبل تمرین و همچنین در طول تمرین داده شد. افراد در حین تمرین بازخوردهای لازم را دریافت کرده و آنها را به‌نحو احسن اجرا کردند. تمرینات بازخوردی شامل هشت نوع تمرین، اسکات دوپا، اسکات تک‌پا، راه رفتن به‌صورت لانچ، پرش دو پا، ایستادن تک‌پا بر روی صفحهٔ ناپایدار، مانور پابکس برشی، لی تک‌پا برای کسب حداکثر مسافت و پرش عمودی با ورتک بود. در حین تمرینات دستورالعمل‌های بازخوردی به‌صورت کلامی و بصری با استفاده از استراتژی‌های یادگیری توجه بیرونی بر آزمودنی‌ها اعمال و حرکات آنها را در حین تمرین تحت تأثیر قرار دادند. برای مثال به‌منظور انجام حرکات اسکات تک‌پا از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در مقابل یک مانع مخروطی بایستند و به‌هنگام پایین آمدن و خم کردن زانوی خود با تمرکز بر روی مخروط به‌آرامی پای خود را در راستای مخروط خم کنند (اشاره بر تمرکز بیرونی) (۹). گروه تجربی برنامهٔ تمرینی بازخوردی را به مدت شش هفته و سه بار در هفته به‌صورت یک روز در میان انجام دادند. مدت تمرین در هر جلسه حدود ۴۵ دقیقه طول کشید. معمولاً هر تمرین دو ست و هر ست ۳۰ ثانیه تا یک دقیقه انجام گرفت. هفتهٔ اول و دوم شامل تمرینات اسکات دوپا، اسکات تک‌پا، و راه رفتن به‌صورت لانچ. هفتهٔ سوم تا پنجم شامل تمرینات راه رفتن به‌صورت لانچ، پرش فرود دوپا، ایستادن تک‌پا بر روی صفحهٔ ناپایدار و مانور پابکس برشی و در

1. Vertec

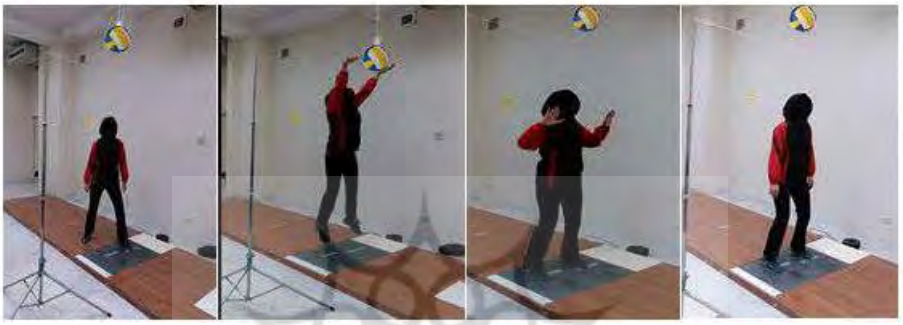
نهایت هفتهٔ ششم شامل تمرینات، ایستادن تک‌پا بر روی صفحهٔ ناپایدار، مانور پابکس برشی، لی تک‌پا برای کسب حداکثر مسافت و پرش عمودی با ورتک بود.

جدول ۱. شش هفته مداخلات تمرینی

تمرین	اسکوات دو پا	اسکوات تک‌پا	راه رفتن به‌صورت لانج	پرش دو پا	ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار	مانور پابکس پرشی	لی تک‌پا برای برای کسب حداکثر مسافت	پرش عمودی با vertec
هفته	ست/زمان	زمان ست/	زمان ست/	زمان ست/	ست/زمان	زمان ست/	زمان ست/	زمان ست/
هفتهٔ اول	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	____	____	____	____	____
هفتهٔ دوم	۳ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۳ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	____	____	____	____	____
هفتهٔ سوم	____	__.	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا۶۰ ثانیه	۱ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	__	____	____
هفتهٔ چهارم	____	____	۳ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	____	____
هفتهٔ پنجم	____	_ns	۳ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۳ست/۳۰ تا۶۰ ثانیه	۲ست/ ۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۳ست/۳۰تا ۶۰ ثانیه	____	____
هفتهٔ ششم	_ _	____	____	____	۳ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۳ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه	۲ست/۳۰ تا ۶۰ ثانیه

ثبت داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین با استفاده از دو صفحهٔ نیرو با فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز انجام گرفت. لبهٔ بالای تور ۲ متر بالاتر از کف زمین قرار داده شد. برای واقعی‌تر شدن ارتفاع پرش یک توپ والیبال ساکن به‌صورت معلق در فضای بالای تور قرار داده شد. مرکز توپ ۳۵ سانتی‌متر بالای تور و ۲ سانتی‌متر پشت لبهٔ تور در سمت مخالف قرار داده شد. در شروع هر آزمایش، آزمودنی‌ها یک پرش و دفاع انجام دادند. لازم بود که آزمودنی‌ها از فرود استیک برای دفاع موفق و از فرود استپ بک برای دفاع ناموفق استفاده کنند (۷). آزمودنی‌ها در فرود استیک، پاهای خود را به‌طور نسبی در زمان تماس با زمین موازی قرار دادند و بعد از فرود روی صفحهٔ نیرو هیچ حرکتی به‌دنبال نداشتند. در فرود استپ بک آزمودنی‌ها به محض فرود با پای غالب (در این پژوهش پای راست) یک گام به عقب برداشتند، در واقع گام خود را خارج از صفحهٔ نیرو قرار دادند. پیش از جمع‌آوری داده‌ها، همهٔ آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه گرم

کردن شامل حرکات کششی اندام فوقانی و تحتانی را انجام دادند. سپس آزمودنی‌ها ۶ تلاش موفق در یک فرود استیک و ۶ تلاش موفق دریک فرود استپ بک را انجام دادند. وقتی آزمودنی‌ها با پای صحیح، اشتباهی روی صفحهٔ نیرو (برای مثال فرود با پای چپ روی صفحهٔ نیرو راست یا در جهت مخالف) فرود آمدند، آزمایش تکرار شد. برای ثبت ۱۲ تلاش موفق ۱۸ بار این کار را به‌طور متوسط انجام دادند (۷) (شکل‌های ۱ و۲).



شکل ۱. فرود استپ بک (مراحل به‌ترتیب از چپ به راست)

شکل ۲. فرود استیک (مراحل به‌ترتیب از چپ به راست)

از دو صفحهٔ نیرو سه‌محورهٔ مدل AMTI که قابلیت ثبت نیروهای عکس‌العمل زمین را در دامنهٔ ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز دارد، برای اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین استفاده شد. نقطهٔ اوج و حداکثری نیروها پس از برخورد با صفحهٔ نیرو در هر یک از راستاهای قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و عمودی در هر یک از کوشش‌های آزمودنی‌ها به‌دست آمد. ثبت اطلاعات با نرخ نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز و در مدت ۸ ثانیه

انجام گرفت. هنگام اجرای پیش‌آزمون توضیحات کامل و کافی در مورد اهداف و اهمیت اجرای مناسب آنها در به‌دست آوردن اطلاعات صحیح ارائه و از آزمودنی‌ها درخواست شد تا با بیشترین توان و تلاش خود به اجرای آزمون دفاع روی تور و فرود پس از آن بپردازند. پیش از انجام آزمون، آزمودنی‌ها برای انجام صحیح دفاع و فرود آموزش داده شدند. سپس ثبت داده‌های مربوط به مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در نرم‌افزار Pro-vec قابل مشاهده بود که به‌منظور آنالیز و استخراج یافته‌ها ذخیره شد. فرایند اجراشده برای پیش‌آزمون در پس‌آزمون نیز به‌طور مشابه اجرا شد. در این تحقیق ابتدا، استفاده از روش تحلیل باقیماندهٔ فرکانس قطع ۱۵ هرتز تعیین شد. سپس با استفاده از فیلتر پایین‌گذر باتروث درجه ۴، داده‌های صفحهٔ نیرو فیلتر شدند و از نرم‌افزار متلب[1] برای تحلیل داده‌های نیرو استفاده شد. با استفاده از اطلاعات کسب‌شده از صفحهٔ نیرو، مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین با تقسیم بر وزن بدن آزمودنی‌ها، نرمال شد و به‌صورت مضربی از وزن بدن[2] (BW) بیان گردید. سپس، میانگین داده‌های به‌دست‌آمده از شش تکرار موفق فرود استیک و فرود استپ بک، برای محاسبهٔ این متغیرها استفاده شد.

اوج اول و دوم نیروی عمودی عکس‌العمل زمین به‌ترتیب در اثر برخورد پنجه (جلوی پا) و برخورد پاشنه پا با صفحهٔ نیرو در ۱۰۰ میلی‌ثانیهٔ اول پس از برخورد برای دو فرود استیک و استپ بک محاسبه شد (۱۲،۷). VGRF به‌عنوان حداکثر نیروی ثبت‌شده در حین آزمون (که با تقسیم بر وزن بدن آزمودنی‌ها نرمال شده بود) در نظر گرفته شده و به‌عنوان مضربی از وزن بدن بیان شد. سپس زمان رسیدن به اوج (حداکثر) نیرو (که فاصلهٔ زمانی اولین تماس پا با صفحهٔ نیرو و رسیدن به اوج نیروی عمودی بود)، محاسبه شد. محاسبهٔ نرخ بارگذاری[3] ROL_1 با تقسیم اوج اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بر زمان رسیدن به اوج اول نیرو به‌دست آمد. همچنین ROL_2 با تقسیم اوج دوم نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بر زمان رسیدن به اوج دوم نیرو اندازه‌گیری شد (۱۳).

$$\boldsymbol{Loading\ of\ rate} = \left[\frac{\boldsymbol{peak\ F_Z + (N) body\ weight(N)}}{\boldsymbol{time\ to\ peak\ F_Z}}\right] = \frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{S.w}}$$

فرمول۲. محاسبهٔ میزان بار

1. MATLAB
2. Body Weight (BW)
3. Rate of Loading

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها نیز آزمون شاپیروویلک (به‌دلیل دقت بالای این آزمون نسبت به آزمون کولموگروف اسمیرنوف) و برای بررسی اثر تعاملی زمان بر گروه، از آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری[1] استفاده شد. شایان ذکر است که در صورت معناداری اثر تعاملی زمان بر گروه، آزمون تی زوجی برای مقایسهٔ درون‌گروهی بین متغیرهای پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌کار می‌رفت و از آزمون‌های تی مستقل برای مقایسهٔ بین‌گروهی متغیرها در پس‌آزمون استفاده شد. اندازهٔ اثر ES[2] دی کوهن نیز برای هر یک از متغیرها محاسبه شد. شایان ذکر است که تجزیه‌وتحلیل اطلاعات در سطح معناداری ۹۵ درصد و میزان آلفای کوچک‌تر یا مساوی (۰/۰۵) انجام گرفت.

نتایج و یافته‌های تحقیق

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های گروه کنترل و تجربی

گروه	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی متر)	شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم/مجذور متر)
تجربی	۲۰/۱±۶۶/۱۱	۵۷/۵±۴۴/۱۳	۱۷۰/۲±۵۸/۴۰	۱۹/۱±۸۰/۴۰
کنترل	۲۱/۰±۱۶/۹۵	۵۹/۴±۸۰/۰۵	۱۷۰/۳±۷۵/۰۷	۲۰/۱±۴۸/۷۰

نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری تکراری با تصحیح هاوس‌گایزر در ارتباط با اوج اول نیرو فرود استیک (F=۱۲/۰۲۴، P=۰/۰۰۲)، اوج اول نیرو فرود استپ بک (F=۹/۱۲۹، P=۰/۰۰۵)، اوج دوم نیرو فرود استیک (F=۱۲/۴۰۵، P=۰/۰۰۱)، اوج دوم نیرو فرود استپ بک (F=۱۳/۰۴۶، P=۰/۰۰۱)، نرخ بارگذاری اول فرود استیک (F=۸/۷۱، P=۰/۰۰۶)، نرخ بارگذاری اول فرود استپ بک (F=۷/۹۰۵، P=۰/۰۰۹)، نرخ بارگذاری دوم فرود استیک (F=۶/۲۹، P=۰/۰۱) و نرخ بارگذاری دوم فرود استپ بک (F=۱۶/۰۵، P=۰/۰۰۱) نشان داد که اثر تعاملی زمان بر گروه تمرینات بازخوردی و کنترل معنادار است. با توجه به

1. ANOVA with repeated measure
2. Effect Size

معناداری اثر تعاملی زمان بر گروه، از آزمون تی زوجی برای مقایسهٔ درون‌گروهی (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و از آزمون تی مستقل به‌منظور مقایسهٔ بین‌گروهی (گروه کنترل و تجربی) استفاده شد.

جدول ۳. آماره‌های توصیفی مربوط به متغیرها در مراحل مختلف تحقیق

متغیر	گروه (تعداد)	نوع فرود	میانگین وانحراف معیار		اندازه اثر	
			پیش آزمون	پس آزمون	فرود استیک	فرود استپ بک
اوج اول نیرو (N/W)	تجربی (۱۶ نفر)	استیک	۰/۰±۲۱/۷۱	۰/۰±۱۵/۶۰	۰/۲۸۶	۰/۲۳۳
		استپ بک	۰/۰±۲۰/۶۸	۰/۰±۲۷/۶۱		
	کنترل (۱۶ نفر)	استیک	۰/۰±۱۷/۶۶	۰/۰±۲۰/۶۶		
		استپ بک	۰/۰±۲۱/۷۹	۰/۰±۲۲/۸۰		
اوج دوم نیرو (N/W)	تجربی (۱۶ نفر)	استیک	۰/۱±۲۹/۸۱	۰/۱±۴۲/۳۹	۰/۲۹۳	۰/۳۰۳
		استپ بک	۰/۱±۳۳/۹۲	۰/۱ ± ۳۲/۵۹		
	کنترل (۱۶ نفر)	استیک	۰/۱±۲۱/۷۶	۰/۱±۲۲/۷۷		
		استپ بک	۰/۲± ۵۸/۳۴	۰/۲± ۵۳/۴۱		
نرخ بارگذاری اول (N/S.W)	تجربی (۱۶ نفر)	استیک	۸/۳۶±۲۳/۸۲	۷/۳۱±۹۲/۰۷	۰/۲۲۵	۰/۲۰۹
		استپ بک	۱۰/۳۹±۷۷/۱۴	۶/۳۴±۴۹/۰۶		
	کنترل (۱۶ نفر)	استیک	۹/۴۱±۲۴/۶۵	۹/۴۱±۱۶/۸۴		
		استپ بک	۱۲/۵۰±۵۹/۴۴	۱۲/۵۱±۷۶/۶۹		
نرخ بارگذاری دوم (N/S.W)	تجربی (۱۶ نفر)	استیک	۴۵/۲۲±۳۱/۲۳	۶/۱۵±۴۷/۸۲	۰/۱۷۳	۰/۳۴۹
		استپ بک	۷/۲۳±۰۲/۵۸	۳/۱۷±۵۳/۵۳		
	کنترل (۱۶ نفر)	استیک	۲/۲۲±۷۲/۰۹	۳/۲۱±۱۴/۲۰		
		استپ بک	۵/۲۷±۸۳/۴۵	۵/۲۷±۶۵/۷۲		

نتایج آزمون تی مستقل در پس‌آزمون نشان داد که بین اوج اول نیرو فرود استیک (P=۰/۰۲)، اوج اول نیرو فرود استپ بک (P=۰/۰۴) اوج دوم نیرو فرود استیک (P=۰/۰۰۴)، اوج دوم نیرو فرود استپ بک (P=۰/۰۰۱)، نرخ بارگذاری اول فرود استیک (P=۰/۰۰۳)، نرخ بارگذاری اول فرود استپ بک (P=۰/۰۰۱)، نرخ بارگذاری دوم فرود استیک (P=۰/۰۰۶)، نرخ بارگذاری دوم فرود استپ بک (P=۰/۰۰۱) در گروه تمرینات بازخوردی و کنترل اختلاف معناداری وجود دارد.

همچنین، نتایج تغییرات درون‌گروهی نشان‌دهندهٔ کاهش معنادار اوج اول نیرو فرود استیک (P=۰/۰۰۴) و اوج اول نیرو فرود استپ بک (P=۰/۰۱۲)، اوج دوم نیرو فرود استیک (P=۰/۰۰۳)، اوج دوم نیرو فرود استپ بک (P=۰/۰۰۵)، نرخ بارگذاری اول فرود استیک (P=۰/۰۱۱)، نرخ بارگذاری اول فرود استپ بک (P=۰/۰۱۶)، نرخ بارگذاری دوم فرود استیک (P=۰/۰۰۸) و نرخ بارگذاری دوم فرود استپ بک

(P=۰/۰۰۲) قبل و بعد تمرین بازخوردی در گروه تجربی بود؛ درحالی‌که در گروه کنترل در حالت‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون، تفاوت معناداری مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های تحقیق حاضر، شش هفته تمرینات بازخوردی موجب کاهش اوج اول و دوم نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و همچنین نرخ بارگذاری اول و دوم در هر دو فرود استیک و استپ بک بعد از دفاع موفق و ناموفق والیبال شده است.

زنان ورزشکار در مانورهایی که با کاهش شتاب، فرود و چرخش‌های مکرر همراهند، ۲ تا ۱۰ برابر بیشتر از مردان از آسیب ACL رنج می‌برند (۱۴). از جمله عواملی که موجب افزایش خطر آسیب ACL در بازیکنان زن والیبال در معرض این آسیب می‌شود، الگوی فرود نامتقارن، نیروی عکس‌العمل زمین، زمان بارگیری سریع و تعداد زیاد پرش‌ها و فرودها در طول جلسات تمرین و بازی است. بر این اساس الگوی فرود نامتقارن موجب می‌شود، که بازیکنان والیبال نتوانند نیروی فرود را به میزان کافی کاهش دهند و در نتیجه افزایش نیروی عکس‌العمل زمین عامل مهمی در آسیب ACL است (۱۵).

در این پژوهش افراد سعی می‌کردند از والگوس و واروس زانو حین اجرای تمرینات جلوگیری کنند؛ بنابراین، با وجود تمرینات بازخوردی و اصول اساسی این تمرینات (حفظ راستای قائم بدن و کنترل حرکات خم‌شدن و والگوس زانو، در حین تمرینات دستورالعمل‌های بازخوردی به‌صورت کلامی و بصری با استفاده از استراتژی‌های یادگیری توجه بیرونی بر آزمودنی‌ها اعمال و حرکات آنها را در حین تمرین تحت تأثیر قرار می‌دادند) (۹)، استراتژی فرود آزمودنی‌ها بهبود یافت. تمرکز درونی توجه به هم‌انقباضی آگونیست‌ها و آنتاگونیست‌ها منجر می‌شود که موجب محدودیت در درجات آزادی حرکات، فراخوانی غیرضروری واحدهای حرکتی در عضله و افزایش نویز در سیستم حرکتی می‌شود. با این تفاسیر استفاده از تمرکز بیرونی توجه به‌جای تمرکز درونی توجه موجب روانی سیستم حرکتی و کاهش تداخل واحدهای حرکتی شده و در نهایت موجب روانی سیستم حرکات و کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین می‌شود (۱۶). آسیب ACL خطر ابتلا به آسیب‌های ثانویهٔ مرتبط مانند استئوآرتریت را افزایش می‌دهد (۱۷). شیوع عوارض جانبی طولانی‌مدت و پیامدهای آن، از نیاز به استراتژی‌های بهینهٔ پیشگیری از آسیب ACL حمایت می‌کند. نتایج بلندمدت برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL زمانی‌که از دستورالعمل‌های توجه بیرونی به‌تنهایی یا با ترکیب توجه درونی استفاده می‌شود، می‌تواند به‌صورت بالقوه بهبود یابد (۹). با اعمال توجه

بیرونی، اکتساب مهارت به‌صورت مؤثری تقویت شده و موجب افزایش پتانسیل انتقال مهارت به ورزش و مهارت‌های پیچیدهٔ حرکتی می‌شود (۱۸).

سازگاری با تمرکز بیرونی توجه می‌تواند کنترل حرکات خودکار را تقویت کند و عملکرد را بهبود بخشد (۱۹). تمرکز بر تأثیر حرکات (تمرکز بیرونی)، استفادهٔ غیرهوشیار یا فرایند خودکار را ارتقا می‌دهد، درحالی‌که تمرکز بر خود حرکات (تمرکز درونی)، به کنترل آگاهانه‌ای منجر می‌شود که سیستم حرکتی را محدود کرده و فرایندهای کنترل خودکار را مختل می‌کند (همانند اینکه تمرکز توجه ورزشکار بر خود حرکات بدنش باشد) (۲۰). سازگاری با دستورالعمل‌هایی که موجب تمرکز بیرونی می‌شوند، با در نظر گرفتن میزان انتقال و یادداری بالای تمرکز بیرونی اشارهٔ مهمی بر پیشگیری از آسیب ACL دارند. تکنیک فرود بهتر بعد از پرش نیازمند رخ دادن به‌صورت خودکار در طول تمرین یا بازی است، بنابراین خودکارسازی انتقال از محیط آزمایشگاهی به میدان مسابقه بسیار مهم است (۲۱).

مؤلفه‌های مختلف تمرینی برای کاهش خطر آسیب زانو نیاز هستند. تمرینات عصبی عضلانی و استفاده از دستورالعمل‌های بازخوردی به‌صورت کلامی یا ویدیویی امیدوارکننده به‌نظر می‌رسند؛ با این حال باید به جمعیت هدف و ویژگی برنامه‌ها توجه ویژه شود. یادگیری حرکتی با تمرکز بیرونی در ایجاد تکنیک‌های حرکتی ایمن مؤثر است. توسعهٔ برخی تکنیک‌های بازخوردی جدید برای پیشگیری از آسیب ACL امیدوارکننده به‌نظر می‌رسد. این امر با استفاده از بازخورد آنی و به‌موقع یا تمرینات دونفره با مشاهدهٔ خود یا یک مدل، به‌هنگام استفاده از بازخورد توجه بیرونی به‌منظور تقویت عملکرد پرش و فرود می‌تواند انجام گیرد. براساس شواهد، تمرکز بیرونی توجه تأثیر مثبتی بر روی عملکرد واقعی و استراتژی‌های یادگیری مهارت‌های مختلف حرکتی دارد؛ مانند پرش عمودی (۲۲) و پرش طول (۲۳). در نتیجه تمرینات بازخوردی توانسته با ایجاد تکنیک‌های حرکتی ایمن و تأثیر مثبت بر استراتژی یادگیری مهارت‌های حرکتی، موجب تکنیک فرود بهتر و تعدیل نیروی عکس‌العمل زمین شود.

تحقیقات متعددی بر روی تأثیر تمرین بر حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین انجام گرفته، اما براساس دانش کنونی ما، تحقیق مستقیمی در خصوص بررسی تأثیر تمرینات بازخوردی بر نرخ بارگذاری یافت نشد. ازاین‌رو بررسی تأثیر تمرینات بازخوردی می‌تواند به درک و چگونگی کاهش مقدار نیروی وارده به اندام تحتانی و ارتباط این بارگذاری با آسیب اندام تحتانی کمک کند.

نرخ بارگذاری (ROL) اندازه‌ای از مقدار ضربهٔ (فشار) اعمال‌شده بر بافت‌هاست که افزایش اثر آن مبین توانایی کم جذب شوک و شاخصی برای اعمال فشار بالا بر اندام تحتانی در زمان کوتاه است. از سرعت

حرکت، نوع کفش، وزن بدن، ارتفاع و ترکیب سطح فرود و استراتژی فرود به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در تعیین مقدار نرخ نام برده شده است (۲۴). توانایی کنترل و جذب مناسب این نیروها در حین فعالیت‌های عملکردی در پیشگیری از آسیب اهمیت ویژه‌ای دارد. براساس روابط فرمول نرخ بارگذاری، افزایش در اوج نیروی عکس‌العمل زمین موجب افزایش در آهنگ اعمال بار می‌شود. در نتیجه این دو رابطهٔ مستقیمی با یکدیگر دارند (۲۴).

یکی از اصول تمرینات بازخوردی مورد استفاده در پژوهش حاضر این بود که فرد در حین اجرای تمرینات (برای مثال پرش عمودی) روی پنجه فرود بیاید، بالاترین پرش ممکن را انجام دهد، به شیء خارجی ضربه بزند و به‌هنگام فرود با کاهش شتاب و خم کردن زانو، فرود نرمی داشته باشد. در واقع با کاربرد تمرکز بیرونی توجه، استراتژی پرش و فرود را کنترل کند (۹).

استفاده از دستورالعمل‌های کلامی با تمرکز بر یک نشانه (شیء خارجی) به‌منظور هدایت تمرکز آزمودنی‌ها به سمت توجه بیرونی، به‌صورت معناداری عملکردهای پرش-فرود را تقویت کرد (۲۵). در تمرینات بازخوردی به آزمودنی‌ها آموزش داده شد تا به‌هنگام شنیدن صدای فرودشان (تمرکز بیرونی) و با استفاده از اطلاعات دریافتی و ارزیابی آنها فرود نرمی بر روی صفحهٔ نیرو داشته باشند. این دستورالعمل به کاهش معناداری در نیروی عکس‌العمل زمین منجر شد (۲۶). همچنین آموزش‌های شنیداری (به حداقل رساندن صدای حاصل از فرود) به زمان فرود طولانی معنادار، نیروی عکس‌العمل زمین کمتر در مقایسه با قبل و بعد از دستورالعمل‌ها انجامید (۲۷). نتایج این پژوهش نشان داد که تمرینات بازخوردی می‌تواند بر میزان نیرویی که در اثر فرود آمدن به اندام تحتانی وارد می‌شود، تأثیر بگذارد. به‌نظر می‌رسد تمرینات بازخوردی توانسته با تأثیر بر افزایش کنترل حرکتی اندام، به کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و میزان بار واردشده به اندام تحتانی و در نتیجه کاهش خطر آسیب منجر شود. در نتیجه در تحقیق حاضر با توجه به سازوکارهای احتمالی گفته‌شده، تمرینات بازخوردی با تمرکز بیرونی، نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری در دو فرود استیک و استپ بک را کاهش داد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات بازخوردی با اعمال تغییرات معنادار بر روی عوامل خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی (اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری)، تأثیرات مثبتی در جهت پیشگیری از آسیب در والیبالیست‌ها داشته است. بنابراین احتمالاً می‌توان برای کاهش عوامل خطر مرتبط

با آسیب لیگامان صلیبی قدامی و همچنین یادداری صحیح و انتقال تکنیک‌های ایمن در طول جلسات تمرینی به مسابقات از تمرینات بازخوردی بهره‌مند شد.

منابع و مآخذ

1. Øiestad, B.E., et al., The prevalence of patellofemoral osteoarthritis 12 years after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2013. 21(4): p. 942-949.
2. Paterno, M.V., et al., Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport. The American journal of sports medicine, 2014. 42(7): p. 1567-1573.
3. A. Gokeler et al., "Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant?," Br J Sport. Med, vol. 46, no. 3, pp. 180–192, 2012.
4. N. Relph, L5Herrington, and S. Tyson, "The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis," Physiotherapy, vol. 100, no. 3, pp. 187–195, 2014.
5. Gokeler, A., et al., The effects of attentional focus on jump performance and knee joint kinematics in patients after ACL reconstruction. Physical Therapy in Sport, 2015. 16(2): p. 114-120.
6. Myer, G.D., et al., An integrated approach to change the outcome part II: targeted neuromuscular training techniques to reduce identified ACL injury risk factors. Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 2012. 26(8): p. 2272.
7. D. Zahradnik, D. Jandacka, J. Uchytil, R. Farana, and J. Hamill, "Lower extremity mechanics during landing after a volleyball block as a risk factor for anterior cruciate ligament injury," Phys. Ther. Sport, vol. 16, no. 1, pp. 53–58, 2015.
8. Y.-C. Koh, J.-H. Cho, H.-D. Lee, and S.-C. Lee, "Effects of landing height on lower extremity joint biomechanics during unilateral and bilateral landings," in ISBS-Conference Proceedings Archive, 2012, vol. 1, no. 1.
9. A. Benjaminse et al., "Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk," J. Orthop. Sport. Phys. Ther., vol. 45, no. 3, pp. 170–182, 2015.
10. Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Doebel SC, Pietrosimone BG. Immediate effects of real-time feedback on jump-landing kinematics. J Orthop Sport Phys Ther. 2015;45(2):112–8.
11. Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Armstrong C, Rice M, Pietrosimone B. Jump–landing biomechanics following a 4-week real-time feedback intervention and retention. Clin Biomech. 2016;32:85–91.
12. K. A. Webster and P. A. Gribble, "Time to Stabilization of Anterior Cruciate Ligament–Reconstructed Versus Healthy Knees in National Collegiate Athletic Association Division I Female Athletes," J. Athl. Train., vol. 45, no. 6, pp. 580–585, 2010.

13. M. D. Hargrave, C. R۰ Carcia, B. M. Gansneder, and S. J. Shultz, "Subtalar pronation does not influence impact forces or rate of loading during a single-leg landing," J. Athl. Train., vol. 38, no. 1, p. 18, 2003.
14. T. E. Hewett, K. R. Ford, B. J. Hoogenboom, and G. D Myer, "Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010," North Am. J. Sport. Phys. Ther. NAJSPT, vol. 5, no. 4, p. 234, 2010.
15. D. Sugimoto, G. D. Myer, L. J. Micheli, and T. E. Hewett, "ABCs of evidence-based anterior cruciate ligament injury prevention strategies in female athletes," Curr. Phys. Med. Rehabil. reports, vol. 3, no. 1, pp. 43–49, 2015.
16. K. R. Lohse and D. E. Sherwood, "Thinking about muscles: The neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue," Acta Psychol. (Amst)., vol. 140, no. 3, pp. 236–245, 2012.
17. M. V Paterno, M. J. Rauh, L. C. Schmitt, K. R. Ford, and T. E. Hewett,±Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport," Am. J. Sports Med., vol. 42, no. 7, pp. 1567–1573, 2014.
18. G. Wulf, "Attentional focus and motor learning: a review of 15 years," Int. Rev. Sport Exerc. Psychol., vol. 6, no. 1, pp. 77–104, 2013.
19. A. Benjaminse and E. Otten, "ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning?," Knee surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc., vol. 19, no. 4, pp. 622–627, 2011.
20. E.-J. Hossner and F. Ehrlenspiel, "Time-referenced effects of an internal vs. external focus of attention on muscular activity and compensatory variability," Front. Psychol., vol. 1, p. 230, 2010.
21. Aر Benjaminse, A. Gokeler, G۰ Sر Fleisig, T. C‹ Sell, and B. Otten, "What is the true evidence for gender-related differences during plant and cut maneuvers? A systematic review," Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc., vol. 19, no. 1, pp. 42–54, 2011.
22. G. Wulf, S. Chiviacowsky, E. Schiller, and L. T. G. Ávila, "Frequent external focus feedback enhances motor learning," Front. Psychol., vol. 1, p. 190, 2010.
23. J. M. Porter, E. J. Ostrowski, R. P. Nolan, and W. F. W. Wu, "Standing long-jump performance is enhanced when using an external focus of attention," J. Strength Cond. Res., vol. 24, no. 7, pp. 1746–1750, 2010.
24. H. Makaruk, J. M. Porter, A. Czaplicki, J. Sadowski, and T. Sacewicz, "The role of attentional focus in plyometric training.," J. Sports Med. Phys. Fitness, vol. 52, no±3, pp. 319–327, 2012.
25. McNevin NH, Shea CH, Wulf G. Inceasing the distance of an extern FOCUS OF ATTENTION ENHANCES LEARNING. Psychol Res.67(1):22-9.2003.
26. NcNair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decrasing landing forces: effect of instruction. Br J Sport Med.34(4):293-6.2000.
27. Misner RL, Kawaguchi JK, Chmielewski TL. Muscle strenght in the lower extremity does not predict postinstruction improvements in the patterns of femal athletes. J Orthop Sport Phys Ther.38(6):353-61.2008.

The Effect of Feedback Exercises on Peak Vertical Ground Reaction Force and Rate of Loading Associated with Lower Extremity Injury in Landing after Successful and Unsuccessful Defense in Female Volleyball Players

Anis Rostami[1]- Amir Letafatkar[2*] - Mehdi Khaleghi Tazji[3]
1. MSc of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2,3. Assistant Professor, Department of Biomechanics and Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University. Tehran, Iran
(Received: 2018/05/28 ;Accepted: 2019/03/09)

Abstract
Female volleyball players are 2 to 10 times more likely than men to suffer from the injury of anterior cruciate ligament in motor patterns with decrease in repeated acceleration, landing, and rotation. The aim of the present study was to investigate the effect of 6 weeks of feedback exercises on the peak vertical ground reaction force and rate of loading associated with lower extremity injury in landing after successful and unsuccessful defense in female university volleyball players. 32 female volleyball players (age range 18-24 years) were selected and randomly divided into feedback (*n*=16) and control (*n*=16) groups. The force plate was used to measure the peak vertical ground reaction force and the rate of loading in pretest and posttest. According to the findings, the significance levels were *P*=0.003 and 0.004 for the first and second peak of the VGRF in stick landing, *P*=0.005 and 0.012 in step-back landing, *P*=0.008 and 0.011 for the first and second ROL in stick landing, *P*=0.002 and 0.016 in the step-back landing. The results of this study showed that feedback exercises had positive effects on the prevention of injury in volleyball players through significant changes in the risk factors of anterior cruciate ligament injury. Therefore, it is suggested to use feedback exercises to reduce those risk factors associated with injuries of the anterior cruciate ligament and to have accurate retention and transfer of safe techniques during the exercise sessions to the competitions.

Keywords
Feedback exercises, ground reaction force, rate of loading, step-back landing, stick landing, volleyball.

* Corresponding Author: Email: letafatkaramir@yahoo.com ; Tel: +989195394692