طب ورزشی _ بهار و تابستان ۱۳۹۷
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۱، ص : ۷۴- ۵۳
تاریخ دریافت : ۲۶ / ۰۹ / ۹۶
تاریخ پذیرش : ۰۵ / ۰۴ / ۹۷

تأثیر تمرین عصبی-عضلانی بر عملکرد حرکتی و قدرت زنان فعال مبتلا به نقص غلبهٔ پا

سونیا ثابت [*۱] - امیر لطافت کار[۲]- فرشته افتخاری [۳]

۱. کارشناسی ارشد، بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران ۲. استادیار، بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران ۳. استادیار، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حا ضر برر سی تأثیر تمرین ع صبی- ع ضلانی بر عملکرد حرکتی و قدرت زنان فعال با نقص غلبهٔ پا بود. ۲۶ زن فعال دارای نقص غلبهٔ پا (۱۸-۲۵سال) به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در گروه کنترل و تمرین قرار گرفتند. حداکثر گشتاور اکستنسوری و فلکسوری زانوی برتر و غیربرتر با ا ستفاده از د ستگاه ایزوکینتیک به صورت کانسنتریک و اکسنتریک و با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه و عملکرد حرکتی به‌وسیلهٔ پرش تاک اندازه‌گیری شد. هر دو گروه پیش‌آزمون را پیش از شـــروع دورهٔ تمرینی و پس‌آزمون را دو روز بعد از اتمام تمرینات در گروه تجربی انجام دادند. برای تحلیل آماری از آزمون‌های tهمبسته و آنالیز کوواریانس در سطح معناداری ۰/۹۵ ا ستفاده شد. در پیش‌آزمون عملکرد حرکتی و قدرت بین دو گروه تمرین و کنترل اختلاف معناداری م شاهده ن شد ($P>۰/۰۵$). آزمون تی همبسته ن شان از اختلاف معنادار عملکرد حرکتی و قدرت در گروه تمرین داشـــت ($P<۰/۰۵$). درحالی‌که نمرات عملکرد حرکتی و قدرت گروه کنترل اختلاف معناداری را نشـــان نداد ($P>۰/۰۵$). همچنین در پس‌آزمون، اختلاف معناداری بین امتیازهای دو گروه یافت شـــد ($P<۰/۰۵$). با توجه به تأثیر تمرینات نوروماســـکولار بر بهبود عملکرد و قدرت اندام تحتانی زنان دارای غلبهٔ پا، استفاده از این تمرینات در برنامه‌های پیشگیری و بازتوانی افراد پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی

تمرینات عصبی- عضلانی، زنان فعال، عملکرد حرکتی، قدرت، نقص غلبهٔ پا.

---

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۹۴۶۵۶۸۰۴ **Email:**Sabetsonia@yahoo.com

مقدمه

در بین آسیب‌های مفصلی مرتبط با حرکات ورزشی، زانو حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد از کل آسیب‌ها را به خود اختصاص داده است که در این بین تقریباً ۴۵ درصد به آسیب لیگامان‌های زانو مربوط می‌شود (۱). از جمله شایع‌ترین این آسیب‌ها پارگی لیگامان متقاطع قدامی[1] است (۲). هر ساله ۲۵۰ هزار عمل جراحی و بازسازی ACL در ایالات متحده برآورد شده است، همچنین دورهٔ بازتوانی این آسیب حدود شش تا نه ماه به طول می‌انجامد. علاوه‌بر از دست دادن حضور در کل فصل مسابقه، دورهٔ ناتوانی طولانی‌مدت و احتمال آسیب‌های ثانویه همچون استئوآرتریت، پارگی مینیسک و تغییرات دژنراتیو مفصلی این آسیب را پرهزینه‌تر می‌سازد (۳). این آسیب بیشتر حین ورزش و اغلب در نتیجهٔ یک مکانیسم غیربرخوردی رخ می‌دهد (۲) و مطالعات اپیدمیولوژیک، شیوع بالای این آسیب را در زنان نشان می‌دهد (۴). به همین دلیل پیشگیری از آسیب غیربرخوردی در زنان اهمیت خاصی دارد (۵).

شرکت در فعالیت‌های ورزشی و انجام حرکات کنترل‌نشده و ناقص به ایجاد برخی نقص‌های عصبی-عضلانی منجر می‌شود، نقص‌های عصبی-عضلانی به‌عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی که به اعمال بارهای بیش‌ازحد به مفصل زانو و ACL منجر می‌شوند، تعریف شده‌اند (۶). یکی از این نقص‌ها نقص غلبهٔ پاٌست که در زنان نسبت به مردان شیوع بیشتری دارد. این نقص به‌وسیلهٔ نامتقارن بودن پاها هنگام فرود از پرش توصیف شده که در آن پای ضعیف‌تر و غیربرتر جلوتر از پای برتر قرار می‌گیرد. نقص در سیستم کنترل عصبی- عضلانی زانو پایداری پویا را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر ساختارهای لیگامانی غیرفعال زانو فشار وارد می‌کند. در نقص غلبهٔ پا فرد بعد از حرکات پرش- فرود بر روی دو پا به‌طور همزمان فرود نمی‌آید. زنان حین فرود توزیع وزنشان را بیشتر بر روی یکی از پاهایشان قرار می‌دهند (۷). آنان در مقایسه با همتایان مرد خود حین فرود گشتاور همسترینگ پایین‌تر و زاویهٔ ولگوس بیشتری در اندام غیربرتر خود تولید می‌کنند، چون بدن برای جذب نیروهای عکس‌العمل تکیهٔ بیشتری روی اندام برتر دارد. بنابراین استرس بیشتری به اندام برتر وارد می‌شود و پای غیربرتر در مقایسه با پای برتر توانایی عصبی-عضلانی و انعطاف‌پذیری کمتر در ساختارهای دینامیکی دارد، بنابراین در معرض آسیب قرار می‌گیرد و این تفاوت طرفین نسبت به یکدیگر هر دو اندام را در معرض آسیب قرار می‌دهد (۸).

1. Anterior cruciate Ligament (ACL)
2. Leg Dominance

ایمبالانس بین اندام‌های تحتانی راست و چپ خطر آسیب ACL را افزایش می‌دهد. این نقص به‌طور کلی به ایمبالانس قدرت عضلانی، انعطاف‌پذیری و هماهنگی دو اندام تحتانی راست و چپ اشاره دارد (۹). قدرت عضلات زانو بر روی عملکرد عصبی –عضلانی تأثیرگذار است، عدم تعادل در قدرت عضلات، امتداد بدن را بر هم می‌زند و زمینهٔ وارد شدن فشارهای نامتعارف به مفاصل و سایر بافت‌ها را فراهم می‌کند (۱۰). توسعه و گسترش تقارن قدرت و بالانس در عملکرد فلکسورها و اکستنسورهای زانو میزان وقوع آسیب‌های ورزشی را کاهش می‌دهد. اگر در قدرت عضلات قرینه (بین اندام‌های برتر و غیربرتر) اختلاف معناداری به اندازهٔ ۱۰ تا ۱۵ درصد و بیشتر مشاهده شود، همچنین اگر بین عضلات موافق و مخالف در دو طرف یک مفصل از نظر قدرت هماهنگی نسبی کمتر از ۶۰ تا ۷۵ درصد در مفصل زانو (سطح ساجیتال) وجود داشته باشد، فرد در همان عضله و مفصل به مرور زمان دچار آسیب‌دیدگی می‌شود (۱۱). در همین زمینه یوجی[1] و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که عدم تقارن در عملکرد به تولید گشتاور نامتقارن و از دست دادن هماهنگی در سیستم پوسچر و تعادل فرد و در نتیجه به اختلال منجر می‌شود (۱۲). روزن[2] (۲۰۰۱) از اصلی‌ترین عوامل ایجاد آسیب‌های زانو را ضعف عضلانی و عدم تعادل بین عملکرد گشتاوری و توانی عضلات مفصل زانو به‌ویژه همسترینگ[3] و کوادری‌سپس[4] در دو سمت بدن و کاهش قدرت عضلانی عضلات آگونیست[5] و آنتاگونسیت[6] عنوان کرده است (۱۳).

نظر به اینکه نقص غلبهٔ پا مربوط به کنترل سیستم عصبی- عضلانی است، به‌نظر می‌رسد تمریناتی که ماهیت تقویت عصبی عضلانی داشته باشند، بتوانند در جهت اصلاح این نقص و پیشگیری از آسیب‌های بعدی مربوط به این نقص مؤثر واقع شوند. در این زمینه برت[7] و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که استفاده از برنامهٔ تمرینی عصبی-عضلانی و حسی عمقی می‌تواند تأثیر مثبت مستقیمی در کاهش تعداد آسیب‌های ACL در زنان ورزشکار داشته باشد (۱۴). در پی این مطالعه، لی[8] و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر تمرینات پلایومتریک، ثبات مرکزی و تعادلی را که بخشی از تمرینات عصبی-عضلانی هستند، بر روی مردان والیبالیست بررسی کردند که این تمرینات در ارتفاع پرش و فرود تک‌پا و دوپا مؤثر بود، اما نتوانست تغییر

1 .YUJI
2. Rosen
3. hamstring
4. quadriceps
5. agonist
6. antagonist
7. Bert
8. Lee

عمده‌ای در متغیرهای بیومکانیکی ایجاد کند (۱۵). آن‌گونه که پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند، یکی از انواع تمرینات کمک‌کننده به تعدیل عوامل خطر عصبی-عضلانی، تمرینات عصبی-عضلانی[1]هستند. این تمرینات بر بهبود الگوهای حرکتی، فراخوانی واحدهای حرکتی، تعادل، حس عمقی و چابکی تمرکز دارند (۱۶). این تمرینات توانایی سیستم عصبی را برای تولید الگوهای عضلانی بهینه و سریع بهبود می‌بخشند و پایداری دینامیکی مفصل را افزایش می‌دهند (۱۷). تمرینات عصبی-عضلانی موجب افزایش ثبات مفصلی، بهبود حس وضعیت مفصل و توسعهٔ رفلکس‌های حفاظتی برای پیشگیری از آسیب می‌شوند. این نوع برنامهٔ تمرینی موجب بهبود عملکرد اندام تحتانی ورزشکار، همچنین کاهش زاویهٔ چرخش داخلی و والگوس زانو می‌شود و در پیشگیری از آسیب و توانبخشی اندام تحتانی نقش مهمی دارد (۲). هدف تمرینات مذکور بهبود هماهنگی و تعادل در چند صفحهٔ حرکتی و همین‌طور افزایش قدرت، بهبود کنترل عصبی-عضلانی، بهبود کنترل پاسچر و ایمبالانس پهلو به پهلو در حین اجرای فعالیت‌های ورزشی است (۱۴).

آزمون پرش تاک[2]آزمونی با روایی بالاست و مؤلفه‌های بیومکانیکی مهمی را که با آسیب ACL در ارتباط‌اند، ترسیم می‌کند. این آزمون نقص‌های عصبی-عضلانی موجود در تکنیک و بیومکانیک فرود ورزشکاران را تشخیص می‌دهد و با توجه به آن می‌تواند به رفع این نقص‌ها کمک کند (۱۸). با توجه به نقص‌های پیش‌آمده در کنترل عصبی-عضلانی زانو در مبتلایان به آسیب ACL و اهمیت آن در ثبات و پایداری زانو و اینکه ورزشکار بازگشت ایمن به فعالیت ورزشی خود داشته باشد، روش‌های گوناگونی برای ارتقای کنترل عصبی-عضلانی مطرح شده که شامل تمرینات تعادلی، تمرینات چابکی و تمرینات عملکردی (پرش- فرود) است (۱۹). بنابر آنچه گفته شد، با توجه به اینکه نقص غلبهٔ پا به‌عنوان یکی از نقص‌های عمده در میان زنان ورزشکار، می‌تواند عامل مهمی در بروز آسیب غیربرخوردی لیگامان ACL باشد، همچنین نظر به ماهیت تمرینات عصبی-عضلانی و اینکه پژوهش‌هایی که به‌طور مستقیم تأثیر این تمرینات را بر عملکرد حرکتی و قدرت عضلات زنان دارای نقص غلبه پا بسنجد، یافت نشد، پژوهشگر در پی بررسی توانایی تمرینات عصبی- عضلانی به‌دنبال آزمون میدانی پرش تاک و آزمون آزمایشگاهی ایزوکینتیک در کاهش، پیشگیری از آسیب ACL، افزایش قدرت و تقارن هر دو سمت اندام تحتانی است.

1. Neuromuscular Training
2. Tuck jump

ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرین عصبی-عضلانی بر عملکرد حرکتی و قدرت فلکسورها و اکستنسورهای عضلات مفصل زانو بود.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش انجام کار به‌صورت نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون، با دو گروه کنترل و تجربی بود. جامعهٔ آماری تحقیق دانشجویان زن فعال ۱۸ تا ۲۵ سال دانشگاه خوارزمی کرج بودند که پس از انتشار فراخوان در سطح دانشگاه، افرادی که دارای فعالیت ورزشی منظم در سه سال اخیر و با شرط کسب نمرهٔ ۱۳ تا ۱۵ در پرسشنامهٔ فعالیت بدنی بک بودند، شناسایی شدند. انتخاب نمونه‌ها براساس مطالعهٔ مقدماتی[1] و با استفاده از معادلهٔ شمارهٔ ۱ (با توجه به مقادیر انحراف استاندارد و میانگین متغیرهای تحقیق) انجام گرفت. در این معادله تعداد نمونهٔ موردنظر برای هر گروه، ۱۰ نفر به‌دست آمد که برای فائق آمدن بر مشکل ریزش احتمالی نمونه‌ها در طی تحقیق و در دسترس بودن تعداد نمونه‌های کافی از زنان فعال واجد شرایط پژوهش، ۱۳ نفر در گروه تمرینات عصبی عضلانی ۱۳ نفر در گروه کنترل در نظر گرفته شد.

معادلهٔ ۱:

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

$Z_{1- alpha/2}$ *for sig 0.05= 1.96*

Z_{1-beta} *for power 80%= 0.84*

$M_1=0.70$

$M_2=0.48$

$S_1=0.25$

$S_2=0.05$

$N= [(1.96+ 0.84)^2 (0.06+0.00)]/ (0.22)^2=9.71$

شرایط ورود به تحقیق برای آزمودنی‌ها عدم شرکت در برنامهٔ تمرینی عصبی-عضلانی در یک سال گذشته، نداشتن آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی در یک سال گذشته، نداشتن درد و سابقهٔ جراحی در ناحیهٔ تنه و اندام تحتانی، نداشتن ناهنجاری‌های اندام تحتانی، نداشتن سابقهٔ زایمان سزارین و دارای پیش‌شرط‌های لازم (نداشتن نقص در سیستم قلبی-عروقی، فشار خون بالا یا پایین، نقص در سیستم

1. Pilot Study

تنفسی، دیابت و اضافه وزن به‌طوری‌که پرش موجب بروز آسیب به فرد شود) برای اجرای آزمون پلایومتریک پرش تاک بودند (۲۰). پیش از انجام تحقیق آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامۀ کتبی را تکمیل کردند و روند انجام آزمون برای آنها شرح داده شد.

پس از مراجعه به کلاس‌های آموزشی و تکمیل فرم جمع‌آوری اطلاعات افرادی که دارای شرایط اولیۀ ورود به تحقیق بودند، به‌وسیلۀ آزمون میدانی پرش تاک (پایایی بین‌آزمونگر=۰/۹۳ و پایایی درون‌آزمونگر=۰/۸۷) که نقص‌های عصبی عضلانی موجود در تکنیک و مؤلفه‌های بیومکانیکی مهمی را که با آسیب لیگامان ACL مرتبط‌اند نشان می‌دهد، بررسی شدند (۲۱-۲۴). در این آزمون فرد با پاهای باز به اندازۀ عرض شانه می‌ایستد و به‌صورت عمودی شروع به پرش می‌کند و زانوهای خود را تا حد امکان بالا می‌آورد. در بالاترین نقطۀ پرش، ران‌ها موازی با زمین قرار دارند. هنگام فرود، فرد آزمون پرش تاک بعدی را شروع می‌کند. آزمودنی پرش تاک را ۱۰ ثانیه (حدود ۵ پرش) به‌صورت متوالی تکرار می‌کرد (۲۵) و پرش‌ها با دو دوربین فیلم‌برداری سونی مدل FDR-AX53 ساخت ژاپن در دو نمای قدامی و جانبی ضبط می‌شدند. برای بهبود در دقت ارزیابی، دوربین‌ها با توجه به قد آزمودنی تنظیم شدند. برای کاهش خطای پرسپکتیو، دوربین‌ها تا حد امکان با فاصله‌ای زیاد از آزمودنی قرار گرفت. پیش از شروع فیلم‌برداری ساعت دوربین‌ها تنظیم شد و بر مبنای نظر فیلم‌بردار پیش و پس از شروع آزمون یک بار کلاکت زده می‌شد. سینک فیلم‌ها با استفاده از نرم‌افزار Edius ساخت شرکت Canopus Co کشور ژاپن انجام گرفت. در صورت مشاهدۀ هر کدام از فاکتورهای موجود در فرم ارزیابی پرش تاک (پیوست ۱) نمرۀ یک و در صورت نبود و مشاهدۀ فاکتور موردنظر نمرۀ صفر برای آزمودنی ثبت می‌شد و آزمودنی‌های با نمرات و تعداد خطاهای دو و بالاتر (الزاماً موازی نبودن پاها کنار هم) برای ورود به برنامۀ تمرینی انتخاب شدند (۲۶). از آنجا که آزمون پرش تاک سه نقص دیگر از جمله نقص غلبۀ عضلات چهارسر، غلبۀ لیگامانی و غلبۀ تنه را علاوه‌بر نقص غلبۀ پا می‌سنجد، افرادی دارای نقص غلبۀ پا هستند که ران‌هایشان در نقطۀ اوج پرش موازی نباشد، ۲. برخورد پاهایشان با زمین همزمان نباشد و ۳. پاها موازی کنار هم قرار نگیرند (۲۷).

ابزار اندازه‌گیری قدرت در تحقیق حاضر دستگاه ایزوکنتیک بایودکس مدل ۳ ساخت آمریکا بود. براساس مطالعات پیشین و همچنین دفترچۀ راهنمای دستگاه، آزمون‌ها مرحله به مرحله و بادقت انجام گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری حداکثر گشتاور برای هر دو طرف اندام تحتانی، ابتدا آزمودنی ۳ تا ۴ دقیقه تمرین بر روی دوچرخۀ کارسنج و ۳ دقیقه تمرین کششی و انعطاف‌پذیری اکستنسورهای زانو را به‌عنوان گرم کردن انجام داد (۲۸). سپس قدرت (کانسنتریک و اکسنتریک) در دامنۀ حرکتی اکستنسور در هر

دو اندام تحتانی (پای برتر و غیربرتر) در سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه در زمان فعالیت اکستنشن بیشینه زانو انجام گرفت. ابتدا آزمودنی بر روی صندلی مخصوص دستگاه با زانویی در حالت فلکشن ۹۰ درجه قرار گرفت و اتصال مخصوص حرکت به پای آزمودنی متصل و بالاتنه توسط استرپ در نواحی شانه، سینه و ران ثابت شد و یک پد مقاوم در ناحیهٔ ران و نزدیک پروگزیمال مفصل زانو به‌منظور موضعی کردن اکستنسورهای زانو قرار داده شد (شکل ۱).

a b

شکل ۱. اجرای آزمون اندازه‌گیری قدرت با استفاده از دستگاه ایزوکینتیک بایودکس

محور چرخش زانو با شفت دینامومتر همتراز شد، دامنهٔ حرکت تست ایزوکینتیک بین صفر درجهٔ اکستنشن کامل و ۹۰ درجهٔفلکشن از قبل تنظیم شد، به آزمودنی آموزش داده شد تا در زمان تست‌گیری دستگیرهٔ نزدیک صندلی را بگیرد، سه حرکت زیربیشینه و دو حرکت بیشینه (برای آشنایی) اکستنشن و فلکشن زانو را انجام دهد و سپس پنج حرکت بیشینهٔ متوالی اجرا کند و بعد از هر سرعت زاویه‌ای در یک پا، استراحت سه‌دقیقه‌ای انجام دهد و به‌ترتیب پای دیگر را شروع کند. در ضمن آزمودنی حرکت فلکشن و اکستنشن زانو را با حداکثر قدرت انجام داد و جهت اعمال حداکثر قدرت از سوی آزمودنی از تشویق کلامی استفاده شد. همچنین بر مبنای روش اندازه‌گیری قدرت در پژوهش‌های پیشین، قدرت پای برتر قبل از پای غیربرتر صورت اندازه‌گیری شد (۲۹،۱).

در این تحقیق از پروتکل تمرینی میر[1] و همکاران (۲۰۰۸) برای تمرینات عصبی- عضلانی استفاده شد که به مدت شش هفته (سه جلسه در هفته) بر روی آزمودنی‌ها انجام گرفت. این تمرینات با استفاده از دمبل، وزنه، توپ، استپ، بوسوبال و سوئیس بال اجرا شد. این تمرینات در هر جلسهٔ تمرینی تقریباً به

1. Myer

طول ۳۰ دقیقه انجام گرفت، البته ابتدای شروع هر جلسه ده دقیقه گرم کردن و در پایان جلسهٔ تمرینی سرد کردن تا پنج دقیقه لحاظ شد تا شرکت‌کننده‌ها تمرینات را به‌صورت کامل و صحیح انجام دهند. هر تمرین در این پروتکل از پنج فاز طراحی شده بود، تمام تمرینات در هر فاز به‌طور پیشرونده تکنیک‌های تمرینی افزایش یافت، در ابتدای هر مرحله تمرینات به شکل ساده‌تر و با حجم کمتر و البته با هر دو پا انجام شد. مرحله به مرحله تمرینات دشوارتر شد. تمرینات موردنظر ابتدا با حجم کمتر و به ترتیب در مراحل بعدی با پیشرفت و بهبود عملکرد ورزشکار تمرینات دشوارتر شد. باید اذعان داشت که مهارت تمرینات عصبی-عضلانی با تمریناتی شروع شد که تمرینات پایه‌ای بوده که بیشترین تمرکز بر روی الگوی حرکتی و تکنیک صحیح بود و زمانی آزمودنی‌ها به مرحلهٔ بعدی می‌رفتند که الگوی حرکتی در آنها پیشرفت کرده بود (پیوست ۲) (۳۰). برای اجرای مناسب تمرینات و به‌دست آمدن نتایج رضایت‌بخش از تشویقات و راهنمایی‌های کلامی برای تمام آزمودنی‌ها به‌طور یکسان استفاده شد. در ابتدای هر جلسه تمرینات عصبی-عضلانی مواردی همچون فلکشن ران و زانو و قرار دادن وزن به‌طور مناسب بر روی انگشتان پا بررسی شد و وضعیت بدنی که هر شرکت‌کننده در حین مراحل تمرینی به خود می‌گرفت، توسط آزمونگر اصلاح می‌شد.

روش‌های آماری

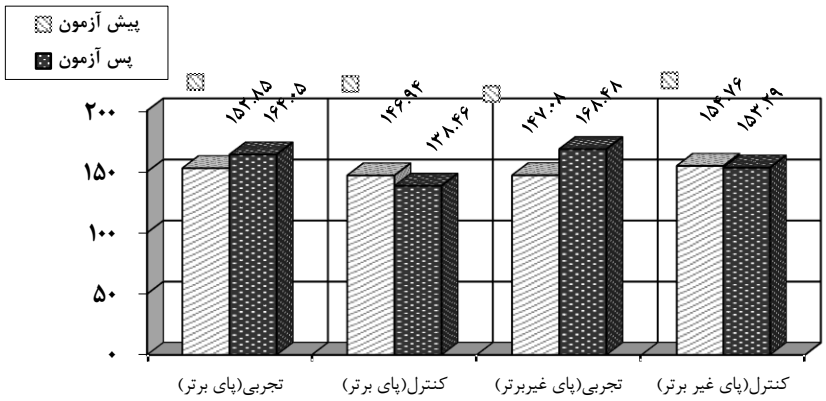
برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن و همگنی واریانس‌ها به‌ترتیب از آزمون شاپیرو ویلک و لون[1] استفاده شد. به‌ترتیب تغییرات درون‌گروهی (تفاوت پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه) و بین‌گروهی با استفاده از آزمون تی همبسته و آنالیز کوواریانس یکطرفه تجزیه‌وتحلیل شدند. در پژوهش حاضر پس از بررسی پیش‌فرض‌های آزمون آنالیز کوواریانس یکطرفه، به‌ویژه اثر تعاملی بین متغیر کووریت و عمل ثابت از این آزمون استفاده شد و امتیازهای پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر کووریت و متغیر گروه به‌عنوان عامل ثابت در نظر گرفته شد. تجزیه‌وتحلیل اطلاعات در سطح معناداری ۹۵٪ و میزان آلفای کوچک‌تر یا مساوی ۵٪ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۲ انجام گرفت.

1. Shapiro-Wilk & Leven test

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو ویلک و لون بیانگر نرمال بودن و همگنی واریانس‌های داده‌های تحقیق بود. همچنین نتایج آزمون لون نشان داد واریانس داده‌های مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در دو گروه همگن هستند.

نتایج آزمون تی همبسته حکایت از افزایش حداکثر گشتاور اکستنسوری کانسنتریک زانوی (برتر و غیربرتر) پس‌آزمون گروه تجربی نسبت به پیش‌آزمون داشت (T_D=-۳/۸۶۹، P_D=۰/۰۰۲؛ T_{ND}=-۵/۸۶۴، P_{ND}=۰/۰۰۱). درصورتی‌که در پس‌آزمون گروه کنترل نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معناداری را نشان نداد (T_D=۱/۰۵۵، P_D=۰/۳۱۲؛ T_{ND}=۰/۲۲۵، P_{ND}=۰/۸۲۶) (نمودار ۱).



نمودار شماره ۱. حداکثر گشتاور اکستنسوری کانسنتریک زانوی برتر و غیر برتر Con/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه

همچنین آزمون آنالیز کوواریانس یکطرفه نشان از نبود اثر تعاملی بین متغیر کووریت و گروه حداکثر گشتاور اکستنسوری کانسنتریک و اکسنتریک هر دو پای برتر و غیربرتر داشت. به همین صورت مطابق با نتایج آزمون مذکور، اگرچه پیش‌آزمون حداکثر گشتاور اکستنسوری کانسنتریک هر دو پا تأثیر معناداری بر پس‌آزمون این متغیر داشت، با این حال در مورد حداکثر گشتاور اکستنسوری اکسنتریک هر دو پا تأثیر معنادار پیش‌آزمون بر پس‌آزمون مشاهده نشد. با این حال در هر دوی حداکثر گشتاور اکستنسوری اکستنریک و کانسنتریک، تفاوت بین‌گروهی به نفع گروه تجربی در هر دو پا مشاهده شد (جدول ۱).

---

1. Dominant
2. Non Dominant

جدول ۱. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس یکطرفه (بررسی اثر تعاملی متغیر کووریت و ثابت بر هم و بر پس‌آزمون)

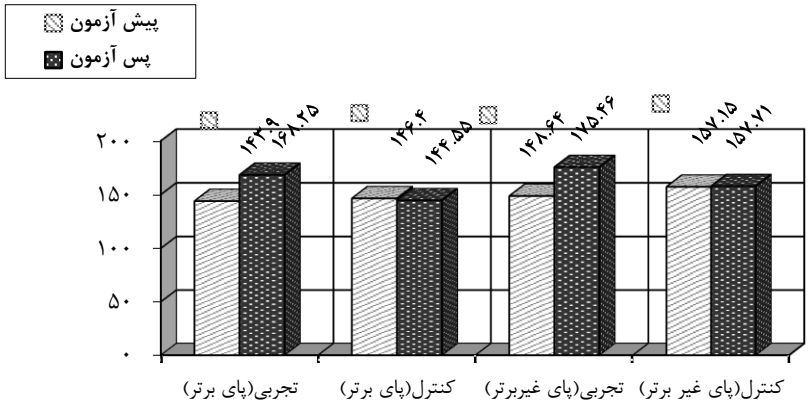
متغیر وابسته	اثر تعاملی کووریت ثابت	F	P	Eta^2
پس‌آزمون حداکثر گشتاور اکستنسوری کانسنتریک زانوی برتر Con/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۲/۴۶۲	۰/۱۳۱	۰/۱۳
	پیش‌آزمون	۹/۴۸۸	*۰/۰۰۵	۰/۲۹
	گروه	۱۲/۶۸۳	◆۰/۰۰۲	۰/۳۵
پس‌آزمون حداکثر گشتاور اکستنسوری کانسنتریک زانوی غیربرتر Con/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۲/۴۴۵	۰/۱۳۲	۰/۱۰
	پیش‌آزمون	۵/۹۷۸	*۰/۰۲۳	۰/۲۰
	گروه	۹/۵۱۹	◆۰/۰۰۵	۰/۲۹
پس‌آزمون حداکثر گشتاور اکستنسوری اکسنتریک زانوی برتر Ece/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۰/۳۷۴	۰/۵۴۷	۰/۰۱
	پیش‌آزمون	۱/۷۷۸	۰/۱۹۵	۰/۰۷
	گروه	۶/۶۶۲	*۰/۰۱۷	۰/۲۲
پس‌آزمون حداکثر گشتاور اکستنسوری اکسنتریک زانوی غیربرترEce/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۴/۱۶۷	۰/۰۵۳	۰/۱۵
	پیش‌آزمون	۰/۱۸۰	۰/۶۷۵	۰/۰۰
	گروه	۶/۴۲۰	۰/۰۱۹◆	۰/۲۱

*وجود اثر معنادار متغیر کووریت بر متغیر وابسته

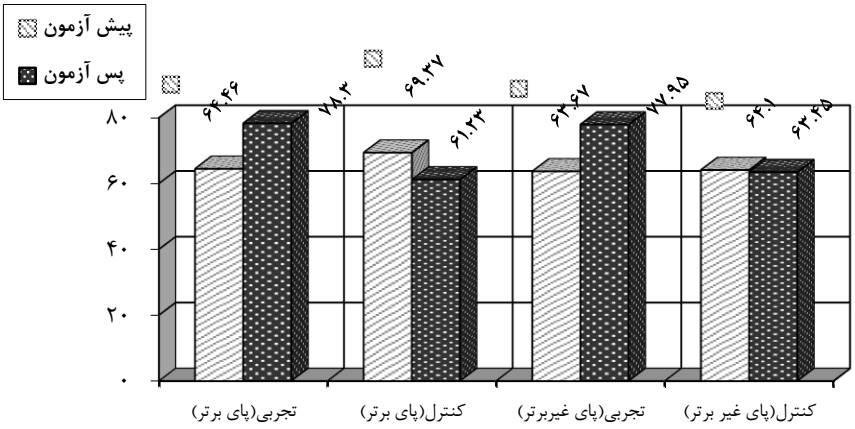
◆ وجود تفاوت معنادار بین‌گروهی

نتایج آزمون تی همبسته بیانگر این بود که حداکثر گشتاور فلکسوری (برتر و غیربرتر) در گروه تجربی به‌ترتیب افزایش معنادار ۲۱/۴۷ و ۲۲/۴۱ درصدی را داشته است (T_D=-۴/۴۹۰، P_D=۰/۰۰۱؛ ۸/۱۶۵-، T_{ND}=-۱۰/۰۰۱، P_{ND}=۰/۰۰۱). درحالی‌که حداکثر گشتاور فلکسوری زانوی برتر کاهش معنادار ۱۱/۷۳ درصدی و حداکثر گشتاور فلکسوری زانوی غیربرتر گروه کنترل کاهش ۱/۰۱ را نشان می‌دهد که به لحاظ آماری معنادار نیست (T_D=۲/۲۶۷، P_D=۰/۰۴۳؛ T_{ND}=۰/۱۴۳، P_{ND}=۰/۸۸۹) (نمودار ۳).

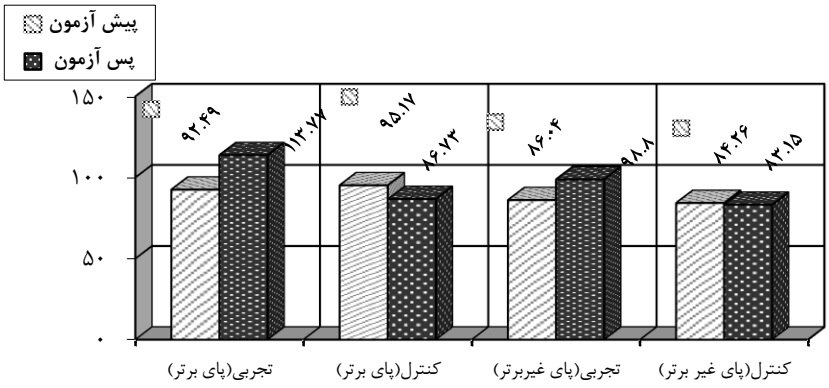
مطابق با نتایج آزمون تی همبسته، حداکثر گشتاور فلکسوری (برتر و غیربرتر) در گروه تجربی به‌ترتیب افزایش معنادار ۲۳/۰۰ و ۱۴/۸۱ درصدی را نشان داد (T_D=-۵/۰۵۲، P_D=۰/۰۰۱؛ T_{ND}=-۵/۰۳۳، P_{ND}=۰/۰۰۱). درصورتی‌که حداکثر گشتاور فلکسوری (برتر و غیربرتر) در گروه کنترل به‌ترتیب کاهش ۸/۸۶ و ۱/۳۰ درصدی را نشان داد که به لحاظ آماری معنادار نیست (T_D=۰/۹۸۷، P_D=۰/۳۴۳؛ T_{ND}=۰/۴۰۴، P_{ND}=۰/۶۹۳). (نمودار ۴).



نمودار شماره ۲.حداکثر گشتاور اکستنسوری اکسنتریک زانوی برتر و غیر برتر Ecn/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه



نمودار شماره ۳. حداکثر گشتاور فلکسوری کانسنتریک زانوی برتر و غیربرتر Con/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه



نمودار شماره ۴. حداکثر گشتاور فلکسوری اکسنتریک زانوی برتر و غیربرترEce/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه

نتایج آزمون آنالیزکواریانس یکطرفه نشان داد اثر تعاملی بین پیش‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری کانسنتریک و اکسنتریک هر دو پا و گروه وجود ندارد. به همین ترتیب نتایج این آزمون نشان داد، امتیازهای پیش‌آزمون تأثیر معناداری بر امتیاز پس‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری اکسنتریک زانوی برتر و غیربرتر داشته است. با این حال پیش‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری کانسنتریک هر دو زانو تأثیر معناداری بر پس‌آزمون این متغیر نداشته است. همچنین نتایج بیانگر این بود که دو گروه دارای تفاوت معنادار در پس‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری کانسنتریک و اکسنتریک زانوی برتر و غیربرتر هستند که این تفاوت به نفع گروه تجربی بود (جدول ۲).

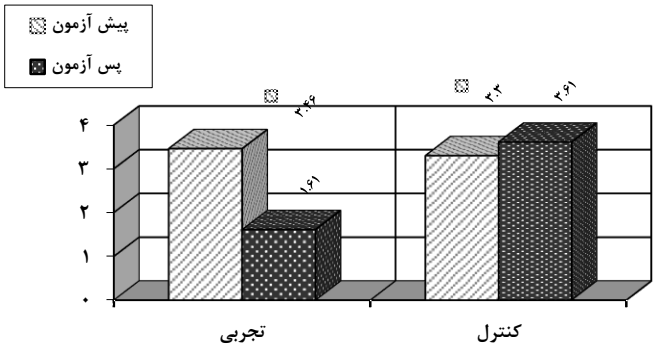
نتایج آزمون تی همبسته نشان داد که امتیازات آزمون پرش تاک گروه تجربی در پس‌آزمون کاهش ۳۸/۰۶ درصد را نشان می‌دهد که این کاهش به لحاظ آماری معنادار است (T=۸/۹۷۴، P=۰/۰۰۱)، درحالی‌که گروه کنترل با افزایش ۴/۱ درصدی روبه‌رو بوده است که از نظر آماری معنادار نیست (T=۱/۲۹۸، P=۰/۲۱۹).

جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس یکطرفه (بررسی اثر تعاملی متغیر کووریت و ثابت بر هم و بر پس‌آزمون)

متغیر وابسته	اثر تعاملی کووریت ثابت	F	P	Eta^2
پس‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری کانسنتریک زانوی برتر Con/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۱/۳۱۲	۰/۲۶۴	۰/۰۵
	پیش‌آزمون	۰/۰۱۹	۰/۸۹۳	۰/۰۰
	گروه	۱۸/۷۹۳	۰/۰۰۱•	۰/۴۴
پس‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری کانسنتریک زانوی غیربرتر Con/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۱/۵۲۳	۰/۲۳۰	۰/۰۶
	پیش‌آزمون	۳/۶۹۸	۰/۰۶۷	۰/۱۳
	گروه	۱۳/۵۶۰	۰/۰۰۱•	۰/۳۷
پس‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری اکسنتریک زانوی برتر Ece/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۰/۶۹۳	۰/۴۱۴	۰/۰۳
	پیش‌آزمون	۷/۰۱۲	۰/۰۱۴*	۰/۲۳
	گروه	۹/۳۹۳	۰/۰۰۵•	۰/۲۹
پس‌آزمون حداکثر گشتاور فلکسوری اکسنتریک زانوی غیربرترEce/Con با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه	گروه*پیش‌آزمون	۳/۶۳۵	۰/۰۷۰	۰/۱۴
	پیش‌آزمون	۴/۶۶۶	۰/۰۴۱*	۰/۱۶
	گروه	۱۹/۶۲۵	۰/۰۰۱•	۰/۴۶

*وجود اثر معنادار متغیر کووریت بر متغیر وابسته

◆ وجود تفاوت معنادار بین‌گروهی



نمودار شماره ۵. تغییرات پرش تاک در گروه کنترل و تجربی

همچنین آزمون آنالیز کوواریانس یکطرفه نشان از نبود اثر تعاملی بین پیش‌آزمون پرش تاک و گروه داشت. به همین صورت مطابق با نتایج آزمون مذکور، امتیازهای پیش‌آزمون تأثیر معناداری بر پس‌آزمون پرش تاک داشت. به همین شکل تفاوت بین‌گروهی به نفع گروه تجربی در پس‌آزمون پرش تاک مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس یکطرفه (بررسی اثر تعاملی متغیر کووریت و ثابت بر هم و بر پس‌آزمون)

متغیر وابسته	اثر تعاملی	F	P	Eta^2
	کووریت ثابت			
پس‌آزمون پرش تاک	گروه*پیش‌آزمون	۰/۵۸۲	۰/۴۵۴	۰/۰۲
	پیش‌آزمون	۱۶/۱۵۰	*۰/۰۰۱	۰/۴۱
	گروه	۶۷/۵۳۷	◆۰/۰۰۱	۰/۷۴

*وجود اثر معنادار متغیر کووریت بر متغیر وابسته

◆ وجود تفاوت معنادار بین‌گروهی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد پس از شش هفته تمرین عصبی – عضلانی حداکثر گشتاوری فلکسوری و اکستنسوری (Ece & Con) زانوی برتر و غیربرتر زنان فعال دارای غلبهٔ پا پیشرفت معناداری دارد. همچنین نتایج پژوهش حکایت از بهبود عملکرد حرکتی جامعهٔ مذکور پس از شرکت در دورهٔ تمرینی عصبی عضلانی داشت. برخی مطالعات افزایش گشتاور فلکسوری و اکستنسوری زانو را بعد از اعمال مداخلهٔ تمرینی نشان می‌دهد (۳۴- ۳۱،۲۹).

نتایج تحقیق رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) بهبود نسبت عملکردی قدرت هر دو سمت اندام تحتانی و کاهش خطر آسیب ACL در ۴۲ بسکتبالیست زن در اثر استفاده از برنامهٔ تمرینی عصبی-عضلانی را نشان داد. تفاوت قدرت مؤثر و عملگر عضلات کنترل‌کنندهٔ مفصل در پای برتر و غیربرتر می‌تواند از عوامل اصلی بروز تفاوت الگوی حرکات مانند برش بین دو پا باشد. براساس تحقیقات انجام‌گرفته به‌نظر می‌رسد، داشتن قدرت متعادل در پای برتر و غیربرتر از طریق ایجاد ثبات بیشتر و تقویت استحکام مفصل زانو و در نتیجه کاهش تغییرات گشتاور زانو، به‌طور بالقوه‌ای خطر بروز آسیب ACL را کاهش دهد. انقباض عضله در برابر حداکثر مقاومت سبب افزایش قدرت و نیروی تولیدی عضله می‌شود. علت آن افزایش تعداد واحدهای

حرکتی بسیج‌شده و همچنین افزایش حجم تارهای عضلانی است. تأثیر تمرینات پلایومتریک و مقاومتی که جزئی از تمرینات عصبی- عضلانی به‌شمار می‌روند، بر قدرت عضلات اکستنسور و فلکسور زانو می‌تواند موجب تصحیح ایمبالانس عضلانی بین دو عضلهٔ کوادریسپس و همسترینگ شود و همچنین تأثیر چشمگیری در ثبات زانو داشته باشد (۳۴). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های آناتاسیوس[1] و همکاران (۲۰۱۵) ناهمخوان است که دلیل آن را می‌توان در متفاوت بودن پروتکل‌های تمرینی، مدت زمان تمرینات و آمادگی آزمودنی‌ها جست‌وجو کرد (۳۵).

کاهش خطای امتیازهای آزمون پرش تاک می‌تواند نشان‌دهندهٔ کاهش نقص در هر یک از بخش‌های مختلف آزمون و به‌عبارتی تغییر در بیومکانیک پرش به مرور زمان در طول انجام تمرینات باشد. پژوهش‌هایی وجود دارد که از نتایج این پژوهش حمایت می‌کند (۳۶-۳۸). برخورد همزمان پاها با زمین، الگوی فرود متقارن و تقارن هر دو اندام تحتانی و موازی بودن ران‌ها در نقطهٔ اوج پرش که به‌دنبال برنامهٔ تمرینی عصبی عضلانی در پژوهش حاضر مشاهده شد، ممکن است به‌دلیل تغییر و تعدیل فاکتورهای بیومکانیکی و عصبی-عضلانی مفصل زانو و همچنین بهبود هم انقباضی عضلات کوادری‌سپس و همسترینگ باشد. به‌نظر می‌رسد فرد احتمالاً توانسته مسیر تولید نیرو را در جهت صحیح هدایت کند و سبب ایجاد گشتاور حداکثری ران و کاهش ابداکشن زانو شود (۳۹). همچنین نظر به اینکه تمرینات انجام‌گرفته در پنج فاز طراحی شده بودند و تمام تمرینات در هر فاز نسبت به فاز قبلی افزایش پیشرونده در تکنیک تمرین را به‌دنبال داشت، به‌نظر می‌رسد تسهیل کنترل عصبی-عضلانی، خودکاری در انجام تمرین‌های فاز پایه، تقویت و تحمل عضلات اندام تحتانی برای به‌دست آوردن ثبات زانو، به بهبود قدرت و توازن عملکرد در تقارن اندام تحتانی در هر دو پا منجر شده باشد.

از سوی دیگر با توجه به ماهیت اصلی تمرینات عصبی-عضلانی که با هدف تأثیرگذاری بر عصب و عضله طراحی شده‌اند، احتمالاً این تمرینات سعی در بهبود عملکرد واحدهای حرکتی و فراخوانی هرچه بهتر اعصاب حرکتی داشته و از این طریق موجب بهبود قدرت اکستنسوری و فلکسوری و همچنین نمرات آزمون پرش تاک شده است. در واقع تمرینات عصبی- عضلانی توانایی سیستم عصبی را برای تولید الگوهای عضلانی بهینه و سریع بهبود می‌بخشد و پایداری داینامیکی مفصل را افزایش می‌دهد (۴۰). ازاین‌رو تمرینات عصبی-عضلانی در ایجاد ثبات مفصلی و کسب الگوهای عملکردی عضلانی مناسب و

1. Athanasios

تصحیح عدم تعادل عضلانی در دو سمت بدن مفید به‌نظر می‌رسد (۳۳). به همین ترتیب با توجه به وجود تمرینات مختلف عصبی-عضلانی در تحقیق حاضر می‌توان گفت که احتمالاً انقباضات همزمان عضلانی ایجادشده موجب می‌شوند که مکانورسپتورهای[1] موجود در پوست مفصل و کپسول مفصلی بهتر و سازمان‌یافته‌تر عمل کنند و در نتیجه موجب ثبات بیشتری شوند. فعالیت عضلانی اولیه ممکن است از طریق عملکرد دوک‌های عضلانی فعالیت رفلکسی عضلات را بهبود بخشند و احتمالاً از طریق زمان‌بندی و تأثیر بر زمان حرکت اثر گذاشته باشد که حرکت موزون‌تر و با زمان کمتر انجام گیرد (۴۱).

مندلبوم[2] و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند برنامهٔ تمرینی عصبی-عضلانی بر عملکرد دختران ورزشکار تأثیر معناداری ندارد. آنها معتقد بودند، تعداد کم حضور آزمودنی‌ها در جلسات تمرینی و اختصاصی نبودن برنامهٔ تمرینی و آزمون‌های عملکردی از دلایلی بود که احتمالاً بر عدم نتیجه‌گیری آنان در این مطالعه اثر گذاشته است (۱۴). در پژوهش حاضر تشابه بین آزمون عملکردی پرش تاک و برخی از تمرینات عصبی- عضلانی می‌تواند عاملی باشد که بهبود امتیاز زنان فعال را در پس‌آزمون توجیه کند.

در هر حال نظر به تمرکز پژوهش حاضر بر جامعهٔ زنان فعال، تعمیم نتایج پژوهش در خصوص این افراد باید صورت پذیرد. همچنین با توجه به تفاوت‌های بیومکانیکی میان مردان و زنان ورزشکار نمی‌توان گفت که مردان به اندازهٔ زنان از فواید این تمرینات تأثیر می‌پذیرند. ازاین‌رو به‌نظر می‌رسد در نظر گرفتن عامل جنسیت می‌تواند پژوهش پیش روی سایر محققان باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی اثر کوتاه‌مدت تمرین عصبی عضلانی پس از یک جلسهٔ تمرینی و همچنین پیگیری تأثیر این تمرینات پس از دورهٔ تمرینی بررسی شود. استفاده از تمرینات عصبی عضلانی در برنامهٔ تمرینی و آماده‌سازی زنان فعال می‌تواند نتایج مفیدی را برای این افراد داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ آسیب‌شناسی ورزشی دانشگاه خوارزمی است که با همکاری دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی کرج انجام گرفت. ازاین‌رو محققان مراتب قدردانی و تشکر خود را از دانشگاه و همچنین از دانشجویانی که به‌عنوان همکار یا آزمودنی همکاری داشتند، ابراز می‌دارند.

1. Mechanoreceptor
2. Mandelbaum

منابع و مآخذ

1. Tie-up Fong D, Lam M, Lai P, Shun-Hang Yung P, et al "Effect of anticipation on knee kinematics during a stop jump task". Gate & Posture. (2014); 39:75-79.
2. Hubscher M, Zech A, Pfeifer K, Hansel F, Vogt L, Banzer W. "Neuromuscular training for sports injury prevention systematic review". (2010); 42(3): 413-421.
3. Gheidi N, Sadeghi H. "ACL injury prevention programs due to intrinsic and modifiable risk factors in female Athletes". J Rehab med. 2014; 3(3): 89-108. [in persian].
4. Boden BP, Torg JS, Hewett T, et al. "Video analysis of anterior cruciate ligament Injury abnormalities in hip and ankle kinematics". The American Journal of Sports Medicine. (2009); 37(2): 252-259.
5. Hewett TE, Strop AL, Nance TA, Noyes, FR"Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques". The American Journal of Sports Medicine. (1996); 24(6):765–773.
6. Gregory D. Myer, Ford KR, Hewett TE. "Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury Prevention among female athletes". Journal of Athletic Training. (2004); 39(4): 352-364.
7. Hanna Lindblom, Markus Walde´n, Ha¨gglund M. "No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up program me in youth female football". A randomised controlled trial. Knee Surg Sports TraumatolArthrosc. (2012). 20(3):2112–2119.
8. Reid A, Birmingham TB, Stafford PW, Adcock GK, Griffin JR" Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction". Physical Therapy. (2007); 87(3): 337-349.
9. Yoo JH, Lim BO, Ha M"A meta- analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes". (2010); 18(6): 824-830.
10. Bennell, K. Wajswelner, H. Lew, P. Schell. "Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian rules footballers". Journal of orthopedic and sport physical therapy (1998); 32 (4): 309-314.
11. Sullivan, K. Ocalaigh, B. et al. "The relationship between previous hamstring injury and the concentric isokinetic tree muscle strength of Irish Gaelic footballers". Journal of sport medicine. (2008); 9 (30): 61-69.
12. Yuji Kobayashi, Juniors Kubo, Takeo Matsubayashi, Akifumi Matsuo. "Relationship between Bilateral Differences in Single-Leg Jumps and Asymmetry in Isokinetic Knee Strength". (2013); 29: 61-67.
13. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. "Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in Intercollegiate athletes". J Athletic Training. (2001); 36(4): 378.
14. Mandelbaum BR"Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes": 2-Year Follow-up. American Journal of Sports Medicine. (2005); 33(7):1003-1010.

15. Lee, C. Paul C. "Training for prevention of ACL injury": Incorporation of progressive Landing Skill Challenges in to a Program. Strength and Conditioning Journal. (2013); 35(6): 59-65.
16. Baston G. "update on proprioception: considerations for dance education".(2009);13(2): 35-41.
17. Gregory D.M, Kevin RF, Joseph P.P, Timothy E.H, "Neuromuscular Training improves Performance and lower-extremity Biomechanics in female athletes". (2005); 19(1): 51–60.
18. Gregory D. Myer, Ford KR, Hewett TE "New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurement and freeware computer analysis". (2011); 45(4): 238-244.
19. Konstantin Forsakes, et al"Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry and training age". (2010); 9(3): 364-373.
20. Hadadnezhad M, Rajabi R, Jamshidi A, Shirzad E. Effect of stability exercises on the activity of women's lumbar muscles, with trunk control defect. Sports medicine studies. 2015; 68: 17-51. (In Persian).
21. Lee H, Gregory D, Allan M. Intra and inter-tester reliability of the tuck jump assessment. Physical Therapy in Sport 14 (2013) 152e155.
22. Mohamadi H, Daneshmandi H, Alizade M, Shamsmajelan A. Investigation of neuromuscular screening tests effective in non-collision damage of anterior cruciate ligament. Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2014; 105: 20-85. (In Persian).
23. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Real-Time Assessment and Neuromuscular Training Feedback Techniques to Prevent Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. Strength and Conditioning Journal 2011; 33:21-35.
24. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. The American journal of sports medicine 2005; 33: p. 492-501.
25. Herman D C, Winhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, et al "The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task". The American Journal of Sports Medicine. (2008); 36(4):733-740.
26. Gregory D. Myer, Kevin R. Ford, Hewett TE. "Tuck Jump Assessment for Reducing Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. Athl There Today". (2008); 13(5): 39-44.
27. Gregory D. Myer, Ford KR, Hewett TE "New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurement and freeware computer analysis". (2011); 45(4): 238-244.
28. peyman aghaei؛ heydar sadeghi؛ worya tahmasebi؛ sajjad ahmadizad. "The effect of eight weeks isotonic versus isokinetic training program on maximal voluntary isometric torque of knee extensor muscles in preferred and non-preferred limbs of active men". Journal of sport and health sciences.2015; 2 (2): 54-65. [In Persian].

29. Almir Atikovic, Elvira Kazazovic, Sedan Turkic, "Effect of Isokinetic Strength Knee Stabilizers and Performance Efficiency of Acrobatic Elements in Artistic Gymnastics". (2016); 8(2): 135-148.
30. Gregory D. Myer, Donald A. Chu, Jensen E. Brent, and Timothy E. Hewett. "Trunk and Hip Control Neuromuscular Training for the Prevention of Knee Joint Injury". (2008); 27(3):425-ix
31. Robert Sliwowski, Lukasz Jadczak, Rafał Hanja, Andrej Wieczorek. "The Effect of Individualized Resistance Strength Programs of Knee Muscular Imbalances in Junior Elite Soccer Players". (2015); 10(12): 1-14.
32. Brito J, Figueiredo P, Fernandes L, Seabra A, Soares JM, Krustrup P, et al. "Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programmed. Isokinetic and Exercise Science". (2010); 18(4): 211-5.
33. Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusuf A."The Effects of Injury Preventive Warm-Up Programs on Knee Strength Ratio in Young Male Professional Soccer Players". (2012); 7(2): 1-7.
34. Rahimi Z, Alizadeh MH, Nouri R, Rojhani Z. "The effect of neuromuscular, strength and combined trainings on hamsring to quadriceps muscle strength ratio in female basketbalists". 2014; 22(95): 12-23. [In Persian]
35. Athanasios A. Dalamitros, Vasiliki Manus, Kosmas Chrisoula's. "Knee Muscles Isokinetic Evaluation after a Six-Month Regular Combined Swim and Dry-Land Strength Training Period in Adolescent Competitive Swimmers". (2015); 49(3): 195-200.
36. Letafatkar A, Rajabi R, Ebrahimi Tekamejani E, Minoonejad H. "Effects of perturbation training on quadriceps and hamstring electromyographic ratios". koomesh. 2014; 15 (4) :469-481. [In Persian].
37. Frank R. Noyes and Sue D. Barber-Westin"Neuromuscular retraining in Female Adolescent Athletes: Effect on Athletic Performance Indices and Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Rates". (2015); 3(2): 56-76.
38. Sue D, Barber-Western SD, Hermato AA, Noyes FR "Six Week Neuromuscular Performance Training Program Improve Speed agility, Dynamic Balance and Core Endurance in Junior Tennis Player". Journal of Athletic Enhancement. (2015); 4(1): 1-8.
39. Noyes F, Barber S, Fleckenstein C, C W" The drop jump screening test, difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes"3. (2005); 3(5): 378-87.
40. Marsh D, Richard L, L W. "The relationship between balance and pitching in college baseball pitchers". (2004). 18(4): 441-456.
41. Hewett T, Zarzuela B, Myer G, Ford K. "Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes". The American Journal of Sports Medicine. (2005); 33(4): 492-501.

پیوست ۲- فرم ارزیابی پرش تاک

حرکت زانو و ران

۱. والگوس اندام تحتانی حین فرود(شکل ۱).

۲. در نقطه اوج پرش ران ها موازی با هم قرار نمی گیرند(شکل ۲).

۳. ران ها در طی پرواز پرش در کنار هم و مساوی با هم قرار نمی گیرند(شکل ۳).

وضعیت پا در طی فرود

۴. محل قرار گیری پاها هم عرض با شانه نمی باشد(شکل ۴).

۵. محل قرار گیری پاها موازی با هم نمی باشد(از جلو به پشت) (شکل ۵).

۶. زمان برخورد پاها با زمین همزمان نمی باشد(شکل ۶).

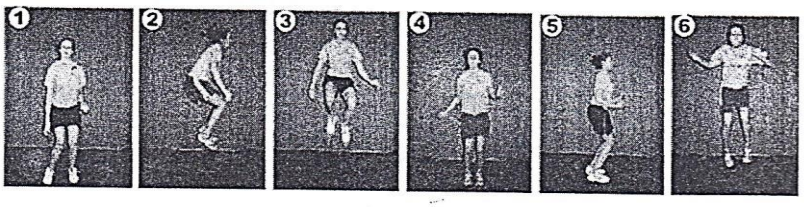
۷. فرود همراه با صدای زیاد انجام می گیرد.

تکنیک پلیومتریک

۸. بین پرش ها وقفه وجود دارد.

۹. تکنیک پرش با گذشت زمان افت پیدا می کند.

۱۰. فرود در محل شروع پرش (اثر پا) اتفاق نمی افتد.



پیوست شماره ۲. پروتکل تمرینی استفاده شده در پژوهش برگرفته از MYER و همکاران (۲۰۰۸)

هفته	جلسه	برنامه تمرینی		
		گرم کردن (۱۰ دقیقه)	برنامه اصلی (۳۰ دقیقه)	سرد کردن (۵ دقیقه)
اول	۱ ۲ ۳	تمرینات کششی ایستا کل بدن (هر تمرین ۸ ثانیه)	پرش جانبی و ایستادن، ایستادن تک پا بعد از گام بلند، سوپرمن بر روی بوسوبال، پرش تک پای جانبی بر روی استپ فومی، پرش تاک تک، لانگز روبرو، پل شانه و پا بر روی بوسوبال، پرش چرخشی ۹۰ درجه تک پا، کرانچ جانبی بر روی بوسوبال، دابل کرانچ بر رو جعبه پلیومتریک، هایپراکستنشن بر رو سویس‌بال (هر تمرین یک ست ۸-۱۰ تکرار) دو زانو ماندن بر بوسوبال (۲۰ ثانیه)، پرش لانگز(۱۰ ثانیه).	تمرینات کششی ایستا کل بدن (هر تمرین ۴-۶ ثانیه)
دوم	۴ ۵ ۶	تمرینات کششی ایستا (هر تمرین سه تکرار ۸ ثانیه)	ایستادن تک پا بعد از پرش، لمس دس و پای شناگران بر بوسوبال، پرش تک پای جانبی بر روی بوسوبال، پرش تاک دابل، راه رفتن به شکل لانگز، پل شانه تک پا بر روی بوسوبال، پرش چرخشی ۹۰ درجه تک پا بر روی استپ فومی، کرانچ جانبی بر روی جعبه پلیومتریک، دابل کرانچ و چرخش روسی بر رو جعبه پلیومتریک، هایپراکستنشن بر رو سویس‌بال همراه با دریافت توپ (هر تمرین یک ست ۸-۱۰ تکرار)، پرش جانبی (۱۰ ثانیه)، تک زانو ماندن بر بوسوبال (۲۰ ثانیه)، پرش قیچی(۱۰ ثانیه).	تمرینات کششی ایستا (هر تمرین دو تکرار ۶ ثانیه)
سوم	۷ ۸ ۹	تمرینات کششی پویا (هر تمرین ۱۲ تکرار)	ایستادن تک پا بعد از پرش تک پا، حرکت دست و پای مخالف در حالت پل پرون، پرش تک پای جانبی بر روی بوسوبال و دریافت توپ، پرش تاک پشت سر هم، راه رفتن به شکل لانگز همراه با وزنه، پل شانه تک پا بر روی بوسوبال همراه با توپ، پرش چرخشی ۹۰ درجه تک پا بر روی استپ فومی و گرفتن توپ، کرانچ جانبی بر روی بوسوبال همراه با دریافت توپ، چرخش روسی با توپ بر روی بوسوبال، هایپراکستنشن بر روی سویس‌بال همراه با فلای بک با دامبل (هر تمرین دو ست ۸-۱۰ تکرار)، پرش جانبی تک پا و ایستادن (۱۰ ثانیه)،دو زانو ماندن بر سویس بال (۲۰ ثانیه)، پرش لانگز با وزنه (۱۰ ثانیه).	تمرینات کششی پویا (هر تمرین ۶ تکرار)
چهارم	۱۰ ۱۱ ۱۲	تمرینات کششی پویا (سه نوبت با ۱۲ تکرار)	لی لی و ایستادن تک پا، پلانک و هایپر اکستنشن ران، پرش تک پای چهار جهته بر روی بوسوبال، پرش تاک پهلو به پهلو، راه رفتن به شکل لانگز همراه با کروس اور با وزنه، کرانچ همسترینگ سوپاین بر روی سویس بال، پرش چرخشی ۱۸۰ درجه تک پا بر روی استپ فومی، کرانچ جانبی بر روی سویس یال، دابل کرانچ بر روی بوسوبال، هایپراکستنشن بر روی سویس‌بال همراه با رساندن جانبی توپ (هر تمرین یک ست ۱۰-۱۲ تکرار)، پرش جانبی تک پا (۱۰ ثانیه)، دو زانو ماندن بر بالانس بال همراه با اختلال توسط پارتنر (۲۰ ثانیه)، پرش قیچی با وزنه (۱۰ ثانیه).	تمرینات کششی پویا (هر تمرین ۸ تکرار)

ادامهٔ پیوست شماره ۲. پروتکل تمرینی استفاده شده در پژوهش برگرفته از MYER و همکاران (۲۰۰۸)

هفته	جلسه	برنامه تمرینی		
		گرم کردن (۱۰ دقیقه)	برنامه اصلی (۳۰ دقیقه)	سرد کردن (۵ دقیقه)
پنجم	۱۳	تمرینات کششی ایستا (یک نوبت ۸ ثانیه) و پویا (یک نوبت ۱۲ تکرار)	کراس اور- لی- لی و ایستادن تک پا، پلانک و فلکشن شانه و هایپر اکستنشن ران مخالف، پرش تک پای چهار جهته بر روی بوسوبال همراه با دریافت توپ، پرش تاک پهلو به پهلو عکس العملی، راه رفتن به شکل لانگز همراه با پرس سرشانه با دامبل، کرانچ همسترینگ روسی، پرش چرخشی ۱۸۰ درجه تک پا بر روی استپ فومی و دریافت توپ، کرانچ جانبی بر روی سویس بال و دریافت توپ، دابل کرانچ و چرخش تنه بر روی بوسوبال، هایپراکستنشن بر روی سویس‌بال همراه با گرفتن جانبی توپ (هر تمرین یک ست ۱۴-۱۳ تکرار)، پرش ضربدری تک پا (۱۰ ثانیه)، دو زانو ماندن بر سوئیس بال همراه با دریافت توپ (۲۰ ثانیه)، پرش قیچی با چرخاندن توپ (۱۰ ثانیه).	تمرینات کششی پویا (هر تمرین ۱۰ تکرار)
	۱۴			
	۱۵			
ششم	۱۶	تمرینات کششی ایستا (دو نوبت ۸ ثانیه) و پویا (دو نوبت ۱۲ تکرار)	پرش جانبی تک پا، لمس دس و پای شناگران بر بوسوبال، پرش تک پای چهار جهته بر روی بوسوبال همراه با دریافت توپ، پرش تاک پهلو به پهلو عکس العملی، راه رفتن به شکل لانگز همراه با پرس سرشانه با دامبل، کرانچ همسترینگ روسی، پرش چرخشی ۱۸۰ درجه تک پا بر روی استپ فومی و دریافت توپ، کرانچ جانبی بر روی سویس بال و دریافت توپ، دابل کرانچ و چرخش تنه بر روی بوسوبال، هایپراکستنشن بر روی سویس‌بال همراه با گرفتن جانبی توپ (هر تمرین یک ست ۱۵-۱۴ تکرار)، پرش ترکیبی تک پا (۱۵ ثانیه)، دو زانو ماندن بر روی سویس بال همراه با دریافت توپ و حرکات جانبی تنه (۲۰ ثانیه، دو ست)، پرش قیچی با چرخاندن توپ (۱۰ ثانیه، دو ست).	تمرینات کششی پویا (هر تمرین ۱۲ تکرار)
	۱۷			
	۱۸			

The Effect of Neuromuscular Training on Strength and Motor Performance in Active Women with Leg Dominance Deficit

Sonia Sabet [*1]- Amir Letafatkar [2] – Fereshte Eftekhari [3]
1. MSc in Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran 2. Assistant Professor, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran 3. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran
(Received:2017/12/17;Accepted:2018/06/26)

Abstract
The aim of this study was to investigate the effect of neuromuscular training on strength and motor performance of active women with leg dominance deficit. 26 active women with leg dominance deficit (18 to 25 years old) were selected purposively and randomly assigned to control and training groups. Isokinetic Biodex system (60 deg./sec) was used to concentrically and eccentrically measure extensor and flexor peak torque of dominant and non-dominant knees. Tuck jump was used to measure motor performance. Both groups performed a pretest prior to the training period and performed a posttest two days after the training period in the experimental group. The ANCOVA and paired t tests were used for statistical analysis at a significance level of 0.95. The motor performance and strength on the pretest showed no significant difference between the experimental and the control groups ($P>0.05$). The paired t test showed a significant difference in strength and motor performance of experimental group ($P<0.05$). However, strength and motor performance scores of control group showed no significant difference ($P>0.05$). Also, in the posttest, a significant difference was found in the scores of the two groups ($P<0.05$). Due to the effect of neuromuscular training on the improvement of strength and performance of lower limbs in women with leg dominance deficit, this type of training is recommended to be used in prevention and rehabilitation programs.

Keywords
Active women, leg dominance deficit, motor performance, neuromuscular training, strength.

[*] Corresponding Author: Email: Sabetsonia@yahoo.com ; Tel: +989194656804