

بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات قدرتی و پلايومتریک بر حس موقعیت مفصل زانو

سعید افتخاری*، خلیل خیامباشی**، وازگن میناسیان***، مصطفی یوسفزاده****

* کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه اصفهان
 ** دانشیار دانشکده تربیت بدنی دانشگاه اصفهان
 *** استادیار دانشکده تربیت بدنی دانشگاه اصفهان
 **** کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۵/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۴/۱۰

چکیده

حس عمقی یکی از عوامل مهم در پیشگیری از آسیب محسوب می‌شود و هرگونه اختلال در این حس سبب افزایش احتمال بروز آسیب در ورزشکاران می‌گردد. همچنین حس عمقی برای حفظ پوسچر، تعادل و هماهنگی در انجام حرکات مفصل ضروری است، و بنابراین در اجرای صحیح و مناسب مهارت‌های بدنی نقش اساسی دارد. هدف این تحقیق بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات قدرتی و پلايومتریک بر حس موقعیت مفصل زانو بود. بدین منظور ۴۵ نفر از دانشجویان پسر دانشگاه با میانگین سنی 21.7 ± 2.17 سال، وزن $7/98 \pm 69/6$ کیلوگرم و قد $177/2 \pm 5/38$ سانتی‌متر به صورت در دسترس انتخاب شدند و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه در این تحقیق نیمه تجربی شرکت کردند. نمونه‌ها به صورت تصادفی در سه قدرتی ($n=15$)، پلايومتریک ($n=15$) و گروه کنترل ($n=15$) تقسیم شدند. گروه قدرتی تمرینات حرکات اسکات، جلو ران و پشت ران و گروه پلايومتریک پرش عمقی، پرش عمقی جعبه به جعبه، پرش اسکات اسپلیت و پرش لبه را به مدت هشت هفته انجام دادند. حس موقعیت مفصل توسط دستگاه دینامومتر ایزو کینتیک بایودکس سیستم ۳ در سه زاویه 30° ، 45° و 60° در مفصل زانوی برتر اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی داده‌ها از تحلیل واریانس یک طرفه استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد که تمرینات قدرتی صرفاً در زاویه ابتدایی فلکشن زانو منجر به پیشرفت حس موقعیت مفصل در حالت غیرفعال می‌شود، در حالی که تأثیر معناداری در حالت فعال مشاهده نگردید. در باب تمرینات پلايومتریک این تمرینات در زاویه ابتدایی فلکشن زانو منجر به پیشرفت حس موقعیت فعال و نیز در زوایای ابتدایی و انتهایی فلکشن زانو باعث بهبود حس موقعیت غیرفعال مفصل شد. در مقایسه دو پروتکل تمرینی، گروه تمرینات پلايومتریک در زاویه انتهایی فلکشن زانو (حالت غیرفعال) پیشرفت معنادار و قابل توجهی نشان داد ($P < 0.05$). بنابراین ترکیب این تمرینات در بازتوانی اندام تحتانی می‌تواند به پیشرفت حس عمقی و کنترل عصبی عضلانی از طریق سازگاری‌های محیطی یا مرکزی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: تمرینات قدرتی، پلايومتریک، حس موقعیت، مفصل زانو.

مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش تعداد ورزشکاران رقابتی و بالارفتن سطح مسابقات میزان آسیب در بین ورزشکاران افزایش یافته است. در میان مفاصل بدن مفصل زانو شایع‌ترین مفصل درگیر در فعالیت‌های ورزشی است و به‌طور مکرر عوارضی مانند پارگی و کشیدگی لیگامنت، ضایعات منیسک و ضایعات غضروفی در این مفصل مشاهده می‌شود. بنابراین، به منظور پیشگیری از ایجاد جراحات مذکور باید تدابیری اندیشیده شود. در این جهت ارزیابی صحیح حس عمقی مفاصل بدن، میزان شلی رباط‌ها و میزان قدرت عضلات ورزشکاران قبل از شروع رقابت ورزشی یا برای تشخیص خطر جراحات و آسیب مجدد اهمیت مضاعف پیدا می‌کند (۲). تمرینات پلايومتریک در اصل برای توسعه توان انفجاری در اجرای مهارت‌های ورزشی به کار می‌رود، اما اخیراً در بازتوانی ورزشکاران آسیب‌دیده برای کمک به آمادگی برای شروع شرکت در ورزش استفاده شده است. از مشخصه‌های مهم تمرینات پلايومتریک طولیل شدن تاندون - عضله و به دنبال آن کوتاه شدن عضله (یک‌چرخه کشیدن - کوتاه شدن) است (۳). تحقیقات متعددی در زمینه تأثیر ورزش‌های مختلف بر حس عمقی انجام گرفته است، از جمله در یکی از آن‌ها تأثیر تمرینات تای‌چی بر حس عمقی مفاصل مچ پا و زانو در افراد سالمند بررسی شد و مشخص گردید افراد سالمندی که تمرینات منظم تای‌چی انجام می‌دهند، دارای حس عمقی بهتری در زانو و مچ پا نسبت به گروه بی‌تحرك و گروه ورزشکاران شناگر و دهنده هستند (۴). تمرینات قدرتی در زنجیره بسته نیز از جمله تمریناتی هستند که برای بهبود حس عمقی پیشنهاد شده است، میزان دقیق کارایی هر یک از تمرینات فوق به‌طور تجربی بررسی نشده است، اما به‌طور نظری عقیده بر این است که تمرینات قدرتی و زنجیره بسته با ایجاد نیروی فشارنده بیشتر باعث تسهیل ثبات پوسچرال و دینامیک می‌شود، هماهنگی مفصل را افزایش می‌دهد و پروپریوسپتورها را بازآموزی می‌کند (۵). شواهد زیادی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد با تقویت عضلات اکستنسور زانو، دقت در تعیین حس وضعیت مفصل افزایش خواهد یافت؛ زیرا این برنامه تمرینی سبب افزایش حساسیت کششی دوک عضلانی می‌گردد که شاخص مهمی در تعیین حس عمقی مفصل محسوب می‌شود (۶). تاکنون در زمینه اثر تمرینات پلايومتریک بر حس عمقی تحقیقات اندکی صورت گرفته است که در این میان می‌توان به تحقیق سوانک و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کرد که تأثیر تمرینات پلايومتریک شانه را بر حس عمقی و ویژگی‌های عملکرد عضله مطالعه کردند. آن‌ها دریافتند که تمرینات پلايومتریک بر هر دو حس عمقی و حس جنبش ماهیچه تأثیر دارد (۷). در نتیجه، تحقیقات گذشته کمابیش بر اثربخشی تمرینات قدرتی و پلايومتریک اشاره دارند. تحقیق حاضر در تلاش برای تکمیل مطالعات گذشته و حتی‌الامکان رفع تناقضات موجود، براساس این فرضیه شکل گرفت که تمرینات قدرتی و پلايومتریک منجر به کاهش معنادار خطای بازسازی زاویه‌ای فعال و غیرفعال مفصل زانو می‌گردند و تمرینات پلايومتریک نیز کاهش معنادارتری در مقایسه با تمرینات قدرتی دارند.

روش‌شناسی

از آنجاکه در این تحقیق تأثیر متغیرهای مستقل (تمرینات قدرتی و پلائیومتریک) بر متغیر وابسته (حس موقعیت مفصل) ارزیابی شده است، این تحقیق در ردیف تحقیقات نیمه تجربی است و به صورت میدانی انجام شده است. جامعه آماری این را دانشجویان پسر دانشگاه اصفهان تشکیل دادند. نمونه‌ها از دانشجویان تربیت بدنی عمومی انتخاب شدند که هیچ‌یک ورزشکار حرفه‌ای نبودند. از بین آن‌ها ۴۵ نفر به‌عنوان نمونه به‌صورت داوطلب و در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی‌ها با حجم نمونه ۱۵ نفری به سه گروه تقسیم شدند. ابتدا تمام آزمودنی‌ها در خصوص روند اجرای آزمون‌ها کاملاً توجیه شدند و فرم رضایت‌نامه را تکمیل نمودند. هیچ‌یک از نمونه‌ها سابقه آسیب ارتوپدی در مفصل زانو و مچ پای برتر نداشتند. علاوه بر این، در روز اجرای آزمون‌ها از هیچ نوع دارو، مکمل غذایی و نیز سیگار استفاده نکرده بودند. در جدول ۱ مشخصه‌های جسمانی آزمودنی‌های سه گروه نشان داده شده است و در ادامه متغیرهای مورد اندازه‌گیری در آزمودنی‌ها و جداول تحلیل‌های آماری ارائه شده است.

جدول ۱ مشخصه‌های جسمانی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

گروه قدرتی	گروه پلائیومتریک	گروه کنترل	
۲,۴۶ \pm ۲۱,۷۳	۱,۹۳ \pm ۲۱,۸۰	۲,۳۷ \pm ۲۱,۷۳	سن (سال)
۹,۹۴ \pm ۶۸,۲	۵,۶۲ \pm ۷۲,۷۳	۷,۳۸ \pm ۶۷,۹۳	وزن (کیلوگرم)
۵,۸۹ \pm ۱۷۷,۵۳	۶,۱ \pm ۱۷۷,۸۷	۴,۱۹ \pm ۱۷۶,۲	قد (سانتی‌متر)

برای اندازه‌گیری حس عمقی زانو از شاخص بازسازی زاویه‌ای فعال و غیرفعال مفصل زانو استفاده شد که براساس اظهارات زوزولک و همکاران (۲۰۰۷) قابلیت پیشگویی آسیب‌های زانو را تا ۹۰ درصد در زنان و ۵۶ درصد در مردان دارد (۸).

برای اندازه‌گیری بازسازی زاویه از دستگاه دینامومتر ایزوکینتیک بایودکس سیستم ۳ استفاده شد. این سیستم به‌طور کلی به چهار قسمت تقسیم می‌شود که شامل قسمت کنترل‌کننده، صفحه کنترل، دینامومتر و صندلی است. آزمودنی روی صندلی دینامومتر مستقر شد و زاویه پستی آن در حدود ۸۵ درجه نسبت به افق تنظیم گردید. برای جلوگیری از تأثیر نیروهای فشاردهنده از طرف لبه صندلی بر پشت زانو، فاصله لبه صندلی از حفره پوپلیتال ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از اپی‌کوندیل خارجی فمور به‌عنوان نشانه‌ای آناتومیکی برای تعیین موقعیت مفصل زانو استفاده شد و با یک برچسب علامت‌گذاری گردید. سپس با استفاده از کمربند ویژه صندلی، فرد در جای خود محکم نگه داشته شد. محور چرخش بازوی اهرم دینامومتر هم‌راستا با محور چرخش زانو قرار داده شد و بالشتک بازوی اهرم نیز روی یک‌سوم تحتانی ساق قرار داده شد. با استفاده از حالت ایزوکینتیکی اهرم دستگاه آزاد می‌شد تا آزمودنی بتواند آزادانه و به‌صورت فعال آن را حرکت دهد. در مرحله بعد استفاده از امکانات روی صفحه کنترل دستگاه و نرم‌افزار موجود، دامنه حرکتی اهرم دستگاه و

در نتیجه دامنه اختصاصی هر فرد تعیین گردید. در این تحقیق یک دامنه حرکتی صفر تا صد درجه برای دستگاه و افراد به طور اختصاصی تعریف شد.

پس از اینکه تمامی تنظیم‌های فوق انجام گرفت، از آزمودنی‌ها خواسته شد برای آشنایی با نحوه انجام آزمون یک مرتبه به طور فعال پای خود را در زاویه هدف قرار دهند. برای انجام آزمون اصلی زاویه هدف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه فلکشن زانو در نظر گرفته شد و ابتدا از فرد درخواست گردید که با چشمان باز پای خود را به این زاویه‌ها حرکت دهد. هنگامی که زاویه پای شخص به هدف می‌رسید دستگاه پا را ثابت می‌کرد و به مدت ۵ ثانیه در این حالت نگه می‌داشت. سپس پای شخص به حالت شروع باز می‌گشت و این مرتبه آزمون با چشمان بسته سعی می‌کرد زاویه هدف را بازسازی کند و هنگامی که احساس می‌کرد پا در آن زاویه قرار دارد کلید کنترل دستگاه را فشار می‌داد. این کار سه بار انجام می‌گرفت و میانگین خطای بازسازی زاویه به عنوان خطای مطلق بازسازی زاویه فعال ثبت می‌گردید. برای اندازه‌گیری بازسازی زاویه غیرفعال نیز مانند اندازه‌گیری بازسازی زاویه فعال آزمون آماده می‌شد و تنظیمات دستگاه و شخص صورت می‌گرفت. برای اندازه‌گیری بازسازی زاویه غیرفعال، زاویه شروع فلکشن ۹۰ درجه زانو و زاویه‌های هدف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه فلکشن زانو بود. اجرای آزمون به این ترتیب بود که ابتدا پای آزمودنی به صورت غیرفعال از فلکشن ۹۰ درجه زانو به زاویه هدف حرکت داده می‌شد و در این حالت دستگاه پای شخص را به مدت ۵ ثانیه ثابت نگه می‌داشت. سپس پای شخص به حالت شروع باز می‌گشت و چشمان فرد بسته می‌شد. در این حالت دستگاه شروع به حرکت می‌کرد و از آزمودنی درخواست می‌گردید، هنگام احساس قرار گرفتن پا در زاویه هدف کلید کنترل دستگاه را فشار دهد و دستگاه را متوقف کند. سرعت حرکت اهرم دستگاه ۲۰ درجه بر ثانیه در نظر گرفته شد تا از انقباضات ناخواسته شخص در حین حرکت جلوگیری به عمل آید. آزمون فوق سه بار تکرار و میانگین خطای بازسازی زاویه به عنوان خطای مطلق بازسازی زاویه غیرفعال ثبت می‌شد.

برنامه تمرینات پلائیومتریک در این تحقیق شامل حرکات پرش عمقی، پرش عمقی جعبه به جعبه، پرش اسکات اسپلیت و پرش لبه جعبه بود که به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته اجرا گردید (۹).

جلسات در ساعت ده صبح با ده دقیقه گرم کردن شروع می‌شد و در انتها با انجام پنج دقیقه حرکات سرد کردن به پایان می‌رسید. تمرینات به صورت پیشرونده با افزایش ست‌ها، تکرارها و ارتفاع موانع صورت گرفت.

جدول ۲. برنامه تمرینات پلائیومتریک آزمودنی‌ها

پرش عمقی جعبه به جعبه	پرش لبه	پرش اسکات اسپلیت	پرش عمقی		
۳×۶	۳×۶	۳×۶	۳×۶	ست × تکرار	۶ جلسه اول
۴۰	-	-	۴۰	ارتفاع مانع (سانتی‌متر)	
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	زمان استراحت (ثانیه)	
۳×۸	۳×۸	۳×۸	۳×۸	ست × تکرار	۶ جلسه دوم
۵۰	-	-	۵۰	ارتفاع مانع (سانتی‌متر)	
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	زمان استراحت (ثانیه)	
۴×۷	۴×۷	۴×۷	۴×۷	ست × تکرار	۶ جلسه سوم
۶۰	-	-	۶۰	ارتفاع مانع (سانتی‌متر)	
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	زمان استراحت (ثانیه)	
۴×۸	۴×۸	۴×۸	۴×۸	ست × تکرار	۶ جلسه چهارم
۷۵	-	-	۷۵	ارتفاع مانع (سانتی‌متر)	
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	زمان استراحت (ثانیه)	

برنامه تمرین قدرتی در این تحقیق شامل هشت هفته تمرین، سه جلسه در هفته بود که در هر جلسه حرکات اسکات، جلو ران و پشت ران مطابق جدول زیر انجام گردید (۹). در ابتدا نحوه انجام درست و بی نقص حرکات آموزش داده شد و برای جلوگیری از هرگونه آسیب تمرینات بر روی دستگاه انجام شد.

جلسات در ساعت ۱۶ با ۱۵ دقیقه گرم کردن شروع می‌شد و در انتها با انجام ۱۰ دقیقه حرکات سرد کردن به پایان می‌رسید. در ابتدا رکورد یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها برآورد شد (وزنه جابه‌جا شده =+)

تکرار × وزنه جابه‌جا شده
 $IRM = \frac{\text{تکرار} \times \text{وزنه جابه‌جا شده}}{30}$
 آزمودنی‌ها کار خود را با ۴۰ درصد این رکورد آغاز نمودند و با ۱۰۰ درصد این رکورد به پایان رساندند. با توجه به اینکه بعد از گذراندن شش هفته (۱۸ جلسه) آزمودنی‌ها افزایش قدرت داشتند، توانایی انجام شش تکرار رکورد روز اول خود را داشتند.

جدول ۳. برنامه تمرینات قدرتی آزمودنی

پشت ران	جلو ران	اسکات		
۴×۱۰	۴×۱۰	۴×۱۰	ست × تکرار	۶ جلسه اول
%۴۰	%۴۰	%۴۰	درصد یک تکرار بیشینه	
۶۰	۶۰	۶۰	زمان استراحت (ثانیه)	
۴×۱۰	۴×۱۰	۴×۱۰	ست × تکرار	۶ جلسه دوم
%۶۰	%۶۰	%۶۰	درصد یک تکرار بیشینه	
۶۰	۶۰	۶۰	زمان استراحت (ثانیه)	
۴×۸	۴×۸	۴×۸	ست × تکرار	۶ جلسه سوم
%۸۰	%۸۰	%۸۰	درصد یک تکرار بیشینه	
۵۰	۵۰	۵۰	زمان استراحت (ثانیه)	
۴×۶	۴×۶	۴×۶	ست × تکرار	۶ جلسه چهارم
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	درصد یک تکرار بیشینه	
۴۰	۴۰	۴۰	زمان استراحت (ثانیه)	

روش‌های آماری به کار رفته در این تحقیق شامل آمار توصیفی برای تعیین شاخص‌های گرایش مرکزی و شاخص‌های پراکندگی بود و برای تحیل آماری و آزمون فرضیه‌های تحقیق از آمار استنباطی و آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد.

یافته‌ها

به منظور بررسی یکسان‌بودن میانگین متغیرهای مختلف در پیش‌آزمون گروه‌ها از روش آماری تحلیل واریانس استفاده شد. در تمام متغیرهای تحت اندازه‌گیری در پیش‌آزمون، مقدار سطح معنی‌داری محاسبه کوچک‌تر از $p \leq 0.05$ بود. لذا فرضیه صفر مبنی بر عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین گروه‌ها پذیرفته می‌شود و بنابراین تفاوت معنی‌داری بین میانگین متغیرهای تحت اندازه‌گیری در گروه‌ها وجود ندارد. در جداول ۴ تا ۸ نتایج حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای مختلف در پیش‌آزمون و پس‌آزمون و نیز تحلیل آماری مربوط در زاویه‌های مورد بررسی نشان داده شده است.

جدول ۴. آمار توصیفی و میانگین خطاهای بازسازی فعال در پیش و پس‌آزمون گروه‌های مختلف (درجه)

	۳۰ درجه فعال			۴۵ درجه فعال			۶۰ درجه فعال		
	کنترل	قدرتی	پلايومتریک	کنترل	قدرتی	پلايومتریک	کنترل	قدرتی	پلايومتریک
پیش آزمون	۴,۱۸±۳,۱۸	۴,۰۶±۱,۵۶	۴,۴۲±۱,۱۸	۴,۷±۱,۵۱	۴,۷۳±۲,۱۵	۴,۰۴±۱,۶۳	۳,۹۷±۱,۳۲	۴,۱۶±۱,۱۸	۴,۰۳±۱,۹۱
پس آزمون	۳,۹۳±۱,۳۲	۳,۱۶±۱,۱	۳,۱۶±۱,۲۲	۴,۶۶±۱,۶۰	۴,۰۴±۱,۵۶	۳,۲۵±۱,۲۲	۳,۷۳±۱,۲۲	۳,۴۶±۰,۸۸	۳,۲۷±۱,۲۲

جدول ۵. آمار توصیفی و میانگین خطاهای بازسازی غیرفعال در پیش و پس آزمون گروه‌های مختلف (درجه)

۶۰ درجه غیرفعال			۴۵ درجه غیرفعال			۳۰ درجه غیرفعال			
قدرتی	پلايومتریک	کنترل	قدرتی	پلايومتریک	کنترل	قدرتی	پلايومتریک	کنترل	
۴,۴۲±۰,۹۵	۴,۰۲±۱,۰۴	۴,۲۷±۰,۹۵	۴,۵۰±۱,۲	۴,۰۶±۱,۶۲	۴,۷۸±۲,۰۴	۴,۵۲±۱,۰۲	۴,۰۶±۱,۳۱	۴,۹۳±۰,۹۳	پیش آزمون
۳,۹۳±۰,۹۶	۳,۷±۱,۲۱	۴,۱±۰,۹۹	۳,۹±۱,۰۲	۳,۴۲±۱,۰۶	۴,۶۶±۱,۷۶	۳,۰۸±۰,۹۳	۳,۰۶±۱,۲۸	۴,۲۸±۱,۰۳	پس آزمون

همان‌گونه که در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. هر سه گروه تمرینی در تمامی زوایا، کاهش خطای بازسازی زاویه‌ای را تجربه کردند. بررسی معناداری این اختلاف‌ها در جداول ۶ تا ۸ ارائه گردیده است.

جدول ۶. آزمون تحلیل واریانس و مقایسه خطاهای بازسازی زاویه‌ای فعال در پس آزمون گروه‌های مختلف

متغیرها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
۳۰ درجه فعال	بین گروهی	۶۰/۸	۲	۳۰۳/۴	۴۳۳/۳	۰۴۲/۰
	درون گروهی	۶۴۵/۵۲	۴۲	۲۵۳/۱		
۴۵ درجه فعال	درون گروهی	۰۱/۹	۲	۵۱/۴	۰۰۷/۲	۱۴۷/۰
	بین گروهی	۳۶/۹۴	۴۲	۲۴۷/۲		
۶۰ درجه فعال	درون گروهی	۸۵/۴	۲	۴۲۸/۲	۱۸۷/۲	۱۲۵/۰
	بین گروهی	۶۲/۴۶	۴۲	۱۱۰/۱		

همان‌گونه که در جدول ۶ نشان داده شده است، اختلاف معناداری در تعداد خطاهای بازسازی فعال در زاویه ۳۰ درجه ($P=0,042$) مشاهده می‌گردد و هیچ‌گونه اختلاف معناداری در تعداد خطاهای بازسازی فعال در زاویه‌های ۴۵ درجه ($P=0,147$) و ۶۰ درجه ($P=0,125$) گروه‌های مختلف وجود نداشت. در ادامه تحلیل آماری و مقایسه گروه‌ها از طریق آزمون تعقیبی توکی، مشخص گردید که در زاویه ۳۰ درجه، بین گروه‌های پلايومتریک و کنترل اختلاف معناداری در تعداد خطاهای بازسازی فعال وجود دارد ($P < 0,05$).

جدول ۷. آزمون تحلیل واریانس و مقایسه خطاهای بازسازی زاویه‌ای غیرفعال در پس آزمون گروه‌های مختلف

متغیرها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
۳۰ درجه غیرفعال	بین گروهی	۱۹/۱۹	۲	۵۹/۹	۹/۲۱	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۷۳/۴۳	۴۲	۰۴/۱		
۴۵ درجه غیرفعال	درون گروهی	۴۶/۵	۲	۷۳/۲	۱/۸۸	۰/۱۶۴
	بین گروهی	۸۰/۶۰	۴۲	۴۴/۱		
۶۰ درجه غیرفعال	درون گروهی	۵۹/۱۹	۲	۷۹/۹	۱۳/۴۱	۰/۰۰۰
	بین گروهی	۶۷/۳۰	۴۲	۰/۸۳		

همان‌گونه که در جدول ۷ نشان داده شده است، صرفاً اختلاف معناداری در تعداد خطاهای بازسازی غیرفعال در زاویه‌های ۳۰ درجه ($P=0,000$) و ۶۰ درجه ($P=0,000$) مشاهده می‌گردد و هیچ‌گونه اختلاف معناداری در

تعداد خطاهای بازسازی غیرفعال در زاویه‌های ۴۵ درجه ($P=0/164$) وجود ندارد. در ادامه تحلیل آماری و مقایسه گروه‌ها از طریق آزمون تعقیبی توکی مشخص گردید که در زاویه ۳۰ درجه، بین گروه‌های پلائیومتریک و کنترل، و قدرتی و کنترل اختلاف معناداری در تعداد خطاهای بازسازی غیرفعال وجود دارد ($P < 0/04$). اما بین گروه‌های قدرتی و پلائیومتریک اختلاف معناداری در تعداد خطاهای بازسازی غیرفعال مشاهده نگردید. از سوی دیگر، در زاویه ۶۰ درجه آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین میانگین تعداد خطاهای بازسازی غیرفعال گروه‌های پلائیومتریک و کنترل ($P=0/00$)، و گروه‌های پلائیومتریک و قدرتی ($P=0/001$) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در حالی که بین گروه تمرینات قدرتی و گروه کنترل تفاوت معنی‌داری در میانگین تعداد خطاهای بازسازی غیرفعال در زاویه ۶۰ درجه وجود نداشت.

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تأثیر یک دوره تمرینات پلائیومتریک و قدرتی به‌طور مجزا بر حس عمقی مفصل زانو بررسی شد. با توجه به تحقیقات پیشین، دوک‌های عضلانی اطلاعات حس عمقی را فراهم می‌کنند، اما نقش عمده آن‌ها در فراهم کردن اطلاعات در حین حرکات غیرفعال ممکن است بیشتر باشد (۱۰). در رابطه با گیرنده‌های مسئول درک آگاهانه حس وضعیت و حرکت مفصل زانو در زوایای مختلف اختلاف نظر وجود دارد. به‌طوری‌که برخی محققان معتقدند در زاویه‌های انتهایی حرکت، گیرنده‌های کپسولی - لیگامنتی نقش مهم‌تری را ایفا می‌کنند و گیرنده‌های عضلانی در تمامی دامنه‌ها به یک نسبت در تعیین حس وضعیت مفصل زانو مؤثر هستند. در صورتی که در باب این مسئله اختلاف نظرهای زیادی وجود دارد که شاید علت آن روش‌های مختلف تحقیقی باشد. برای مثال کاملاً مشخص نشده است که آیا این نظریه در مورد بازسازی فعال یا غیرفعال مفصل صادق است؟ (۱۱). در تحقیق حاضر، با در نظر گرفتن زاویه‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه در دو وضعیت بازسازی فعال و غیرفعال سعی کردیم برای این سؤالات پاسخ مناسبی ارائه دهیم. با توجه به نتایج تحقیق حاضر تمرینات قدرتی در زاویه ابتدایی فلکشن زانو به پیشرفت حس موقعیت مفصل در حالت غیرفعال منجر شد، در حالی که در زاویه میانی و انتهایی این تأثیر معنادار نبود. همچنین تمرینات قدرتی پیشرفت معناداری در هیچ‌یک از زوایای حس موقعیت مفصل در حالت فعال نشان ندادند. یافته‌های تحقیق حاضر با تحقیق پیتزل و همکاران (۱۹۹۷)، بویست و گاهری (۲۰۰۰)، ریریو و الیویانو (۲۰۰۹) و گودمن و مارکس (۱۹۹۸) هم‌خوانی دارد (۶، ۱۲، ۱۳ و ۱۴). خلخالی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در مطالعه‌ای از بین سه نوع پروتکل تمرینی، تمرینات قدرتی زنجیره باز و بسته حرکتی و تمرینات تعادلی، صرفاً تمرینات تعادلی را در پیشرفت حس عمقی مؤثر معرفی کردند. نکته حائز اهمیت در تحقیق خلخالی انجام تمرینات به صورت سبک (بدون وزنه) و زاویه هدف ۶۵ درجه فلکشن زانو بود که آن را از تحقیق حاضر متمایز می‌نماید (۲).

عوامل مختلفی بر حس عمقی تأثیر دارد که به خستگی، افزایش سن، دمای محیط، عدم قدرت کافی بین عضلات چهارسرانی و همسترینگ می‌توان اشاره کرد. به‌طور کلی، ورزش و فعالیت جسمانی سبب بهبود حس عمقی می‌شود، این درحالی است که عدم فعالیت منجر به تضعیف حس عمقی می‌شود (۱۲). فعالیت بدنی سبب بهبود سیستم عصبی-عضلانی و افزایش قدرت عضلانی می‌شود و حتی اگر فعالیت‌های ورزشی بدون فشار به عضله باشد و در الگوهای کامل حرکت انجام شود (یک حرکت در دامنه کامل حرکتی مفصل انجام شود) ممکن است اتکای بدن به اطلاعات آوران از گیرنده‌ها و حساسیت گیرنده‌های محیطی را افزایش دهد که در نتیجه آن حس عمقی بهبود می‌یابد (۱۵).

یافته دیگر منتج از تحقیق حاضر تأثیر معنادار تمرینات پلايومتریک بر کاهش خطای مطلق بازسازی زاویه‌ای فعال در زاویه ابتدایی و کاهش خطای مطلق بازسازی زاویه‌ای غیرفعال در زوایای ابتدایی و انتهایی بود. سازگاری‌های محیطی که ممکن است به دلیل تمرینات پلايومتریک رخ دهد، احتمالاً از تحریک مکرر مکانورسپتورهای مفصلی در نزدیک انتهای دامنه حرکتی منتج می‌شود (۱۶). تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که مکانورسپتورهای مفصلی هنگامی که به انتهای دامنه حرکتی می‌رسند، در بالاترین میزان تحریک قرار می‌گیرند (۱۷). علاوه بر این، تغییرات سریع طول/تنش اعمال‌شده بر ساختارهای تاندونی-عضلانی در طول بارهای برون‌گرا ممکن است سازگاری‌های دوک‌های عضلانی و واحدهای گلژی تاندون را تسهیل نماید. نتایج چندین تحقیق حاکی از توافق بر این موضوع است که بی‌حسی ارگان گلژی تاندون حساسیت کششی دوک عضلانی به تغییر طول را افزایش می‌دهد (۱۸). اخیراً، دو تحقیق اثر تمرینات پلايومتریک بر حس عمقی را مورد بررسی قرار داده‌اند. هیدرشیث و همکاران یک برنامه هشت هفته‌ای تمرینات پلايومتریک را روی میزان قدرت گروه عضلات چرخاننده‌های داخلی شانه زنان سالم کم‌تحرك اجرا و تفاوت معناداری بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نکردند (۱۷). سوانیک و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی با عنوان تأثیرات تمرینات پلايومتریک شانه بر حس عمقی و ویژگی‌های عملکردی عضله دریافتند که تمرینات پلايومتریک بر هر دو حس عمقی و حس جنبشی عضله تأثیر دارد (۷).

همچنین با توجه به یافته‌های تحقیق، در مقایسه بین دو پروتکل تمرینی، تمرینات پلايومتریک در زاویه انتهایی فلکشن زانو (حالت غیرفعال) پیشرفت معنادار و درخور توجهی را نشان داد. بر اثر تمرینات پلايومتریک افزایش حساسیت سیستم دوک عضلانی ممکن است اطلاعات آوران به سیستم اعصاب مرکزی را در مورد موقعیت مفصل افزایش دهد. همچنین سازگاری‌های مرکزی ناشی از این تمرینات می‌تواند حس عمقی را بهبود بخشد. هنگامی که عضلات تحریک می‌شوند، حس موقعیت مفصل به‌طور معناداری بهبود می‌یابد، بنابراین این فعالیت‌ها هوشیاری آگاهانه موقعیت مفصل را تقویت می‌کنند. طبق نظر محقق، تمرینات پلايومتریک به بهبود تعادل نیز کمک می‌کند که تأثیر به‌سزایی بر پیشرفت حس عمقی می‌گذارد.

نتیجه گیری

به طور کلی، به نظر می رسد ترکیب این تمرینات در بازتوانی اندام تحتانی می تواند به پیشرفت حس عمقی و کنترل عصبی عضلانی از طریق سازگاری های محیطی یا مرکزی کمک کند. این مطالعه نشان داد فعالیت های پلايومتریك و قدرتی احتمالاً می توانند به عنوان یک بخش مهم از مراحل بازتوانی مطرح باشند.

منابع

- 1- Ozmun, J .C., Thieme, H.A., Ingersoll, C.D., Knight, K.L. (1996). Cooling does not affect knee proprioception. *J Athl. Train*, 31(1): 8–11.
- ۲- خلخالی، م. (۱۳۸۳). بررسی تأثیر تمرینات زنجیره حرکتی باز، بسته و تعادلی بر خطای حس عمقی مفصل زانو در زنان جوان سالم. مجله پژوهشی دانشکده پزشکی، شماره ۲، ص ۱۱۵-۱۱۹.
- 3- Chmielewski, T.L., Myer, G.D., Kauffman, D. and Tillman, S.M. (2006). Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 36: 308-319.
- 4- Xu, D., Hong, Y., Li, J. and Chan, K. (2004). Effect of tai chi exercise on proprioception ankle and knee joint in old people. *British Journal of Sports Medicine*, 38:50-54.
- 5- Ihara, H., Nakayama, A. (1986). Dynamic joint control training for knee ligament injures. *American Journal of Sports Medicine*, 14:309-315.
- 6- Goodman, M. and Marks, R. (1998). The association between knee proprioception and isotonic quadriceps femoris strength. *Journal of Physiotherapy Canada*, 25:53-58.
- 7- Swanik, K.A., Lephart, S.M., Swanik, C.B., Lephart, S.P. and Stone, P.A. (2002). The effect of shoulder plyometric training on proprioception a selected muscle performance characteristic, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 580-586.
- 8- Zozolak, B.T., Hewett, T.E., Reeves N.P., Goldberg, B., Cholewicki, J. (2007). The effect of core proprioception on knee injury. *The American Journal of Sport Medicine*, 35(3): 368-373.
- 9- Rahimi, R., Behpur, N. (2005). The Effect of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *FACTA UNIVERSITATIS*, 3: 81-91.
- 10- Edin, B.B. (2001). Cutaneous afferents provide information about knee joint movement in humans. *The Journal of physiology*, 531: 289-297.
- 11- Riemann, B.L and Lephart, S.M. (2002). The Sensormotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1): 80–84.
- 12- Petrell, R.J., Lattazio, P.J., Nelson, M.G. (1997). Effect of age and activity on knee joint proprioception. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*: 76(3): 235-241.
- 13- Bouet, V., Gahery, Y. (2000). Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neurosis' Let*, 289(2):143-146.
- 14- Ribeiro, F., Oliveira, J. (2009). Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *AGG*, 2084:4.
- 15- Roberts, D., Friden, T., Stomberg, A., Lindstrand, A., Moritz, U. (2000). Bilateral proprioceptive deficits in patients with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison between patients and healthy individuals. *Journal of Orthopaedic Research Society*, 18(4): 565-571.
- 16- Lephart, S.M., Pincivero, D.M., Geraldo, J.L., Fu, F.H (1997). The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 25:1307.

- 17- Lephart, S.M., Warner, J.J., Borsa, P.A., Fu, F.H (1994). Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders' *Shoulder Elbow Surg.* 3:371-80.
- 18- Heiderscheit, B.C., Mclean, K.P., Davies, G.J (1996). The effects of isokineticvs. plyometric training on the shoulder internal rotators. *J. Ortho.Sports Phys Ther.* 23:125-33.

Evaluating the effect of eight weeks strength and plyometric trainings on knee joint position sense

Eftekhari, S^{*}., Khayambashi, K^{**}., Minasian, V^{***}., Yosefzadeh, M^{****}.

* M.A. Physical Education and Sport Science, Isfahan University

** Associate Professor, Isfahan University

*** Assistant Professor, Isfahan University

**** M.A. Physical Education and Sport Science, Isfahan University

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of eight weeks strength and plyometric trainings on knee joint position sense. In this study, 45 male students (21.7 ± 2.17 years, weight 69.7 ± 7.89 kg, and height 177.2 ± 5.83 cm) volunteered and selected as subjects to participate in this semi-empirical study. Subjects divided in three groups include strength ($n=15$), plyometric ($n=15$) and control ($n=15$). Strength group trained squat, leg flexion and leg extension and plyometric group trained depth jump, Split squat jump, rim jump and box to box depth jump. Joint position sense measured at three angles 30, 45 and 60 degrees in knee joint by Biodex Isokenitic system 3. One-way ANOVA was used for analysis of data. Results of study showed that trainings significantly improve the joint position sense in initial angel (30degree) on active reproduction and in initial and final angels (30 and 60 degrees) on passive reproduction. In addition, comparison of trainings revealed that strength training in 30 degrees and plyometric training in 30 and 60 degrees significantly improve the joint position sense. Between two methods of training only on passive reproduction at 60 degree, significantly difference was observed ($p \leq 0.05$). These protocols can use in rehabilitation to improve proprioception and neuromuscular coordination.

Keywords: Passive, Active, Joint position sense, University students, Strength, Plyometric training.