Published Online: 2018. June.26

Research Article

Comparison of the Effects of Hopping and Box Jump Training on the Proprioception in Males with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Masumeh Zahedi[1], Abdolhamid Daneshjoo[2*], Mansour Sahebozamani[3], Mohammad Sadeghi-Gogheri[4]

1. Master of Science in Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Assistant Professor of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
https://orcid.org/0000-0002-6197-2300
3. Professor of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
4. Assistant Professor, Department of Physiotherapy, School of Paramedicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Received: 2018.January.08 Revised: 2018. May.28 Accepted: 2018.June.09

Abstract

Background and Aim: Exersices for improving the accuracy of proprioception, as a risk factor in the most common site of injury, i.e. knee, and rehabilitation to prevent further injury and improving function, is required. The purpose of the current study was to investigate the effect of plyometric hopping and box jump for six weeks on the knee joint position of male individuals with ACL reconstruction.

Materials and Methods: A total of 40 males with ACL reconstruction (mean±SD; age: 27.88±1.62 year, weight: 79.9±10.28 kg, height: 1.77±0.05 meter) were objectively selected. Participants were randomly divided into three groups: hopping (n=14), box jump (n=13), and control group (n=13). Prior to and six weeks after the exercises (three sessions per week), at the same time and place, joint positions were recorded using a digital camera and the data was analysed using Auto CAD softwear. The control group did not perform any intervention program. Mixed repetead measure ANOVA was used for data analysis.

Results: The results showed significant improvement from pre-test to post-test in joint position at 45º (p=0.002) and 60º(p=0.046) in hopping group and at 45º (p=0.001) in box jump group. No significat improvement was observed in other angles (p>0.05). No differnces in the joint position was found between hopping and box jump training groups (P=1/001) either. But a significant difference was found between the two hopping and box jump groups and control group (P=0/001).

Conclusion: It can be concluded that hopping and box jump exercises are useful to improve propriocpetion at 45º among male individuals with ACL reconstruction. However, it seems that hopping exercise is more benfitial compared with box jump exercise in improving joint position at 60º.

Keywords: Joint position sence; Anterior cruciate ligament; Hopping plyometric exercise; Jumping exercise; Balance; Rehabilitaion

Cite this article as: Masumeh Zahedi, Abdolhamid Daneshjoo, Mansour Sahebozamani, Mohammad Sadeghi-Gogheri. Comparison of Effects of Hopping and Box Jump Training on the Proprioception in Male with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Rehab Med. 2018; 7(3): 1-9.

* **Corresponding Author**: Abdolhamid Daneshjoo, Assistant Professor of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Email: daneshjoo.hamid@gmail.com, daneshjoo.hamid@uk.ac.ir

DOI: 10.22037/jrm.2018.111115.1769

مقایسه اثر دو نوع تمرینات پلایومتریک هاپینگ و پرشی بر حس وضعیت مفصل زانو در مردان به دنبال بازسازی لیگامان صلیبی قدامی

معصومه زاهدی[۱]، عبدالحمید دانشجو[۲*]، منصور صاحب‌الزمانی[۳]، محمد صادقی گوغری[۴]

۱. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۲. استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۳. استاد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۴. استادیار، گروه فیزیوتراپی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۰۳/۰۷ پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۰۳/۱۹ *

چکیده

مقدمه و اهداف

تمرینات ورزشی برای بهبود عملکرد فاکتور حس وضعیت مفصل زانو، برای پیشگیری از بروز آسیب‌های بیشتر، بازتوانی و بهبود عملکرد هر چه بهتر فرد ضروری می باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر مقایسه اثر دو نوع تمرینات پلایومتریک هاپینگ و پرشی به مدت ۶ هفته بر حس وضعیت مفصل زانو در مردان به دنبال بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بود.

مواد و روش‌ها

چهل مرد با بازسازی لیگامنت صلیبی قدامی (میانگین ±انحراف استاندارد؛ سن ۱/۶۲±۲۷/۸۸ سال، وزن ۱۰/۲۸±۷۹/۹ کیلوگرم، قد ۰/۰۵±۱/۷۷ متر) به صورت هدفمند و در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به ۳ گروه تمرینات هاپینگ (۱۴ نفر)، پرشی (۱۳ نفر) و گروه کنترل (۱۳ نفر) تقسیم شدند. قبل و بعد از یک دوره تمرین ۶ هفته‌ای (۳ جلسه در هفته) در شرایط مشابه زمانی و مکانی حس وضعیت مفصل زانو به وسیله دوربین دیجیتال ثبت و به وسیله نرم‌افزار اتوکد ارزیابی شد. در مدت زمان تحقیق، گروه کنترل هیچ برنامه مداخله درمانی انجام ندادند. نتایج تحقیق با استفاده از آزمون سنجش مکرر ترکیبی تحلیل و مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج آزمون تفاوت معناداری در میزان حس وضعیت در زاویه ۴۵ درجه (p=۰/۰۰۲) و زاویه ۶۰ درجه (p=۰/۰۴۶) در گروه تمرینات هاپینگ و در زاویه ۴۵ درجه (p=۰/۰۰۱) در گروه تمرینات پرشی نشان داد. میزان حس وضعیت در بقیه زوایا و گروه‌های برنامه تمرینی هاپیینگ و پرشی تفاوت معناداری از خود نشان نداد (p>۰/۰۵). میزان حس وضعیت در گروه هاپینگ و گروه پرشی تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت (P=۱/۰۰۱)، اما بین میزان حس وضعیت در گروه هاپینگ و گروه پرشی با گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده شد (P=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری

تمرینات هاپینگ و پرشی را می‌توان به عنوان یک روش جهت بهبود حس وضعیت در زاویه ۴۵ درجه خم شدن زانو در افراد دارای پارگی لیگامان صلیبی قدامی توصیه کرد. به نظر می‌رسد تمرینات هاپینگ جهت بهبود حس وضعیت در زاویه ۶۰ درجه از تمرینات پرشی در افراد دارای پارگی لیگامان صلیبی قدامی مفیدتر است.

واژه‌های کلیدی

حس وضعیت؛ لیگامان صلیبی قدامی؛ تمرینات پلایومتریک هاپینگ؛ تمرینات پرشی؛ تعادل؛ توانبخشی

نویسنده مسئول: عبدالحمید دانشجو، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

آدرس الکترونیکی: daneshjoo.hamid@gmail.com, daneshjoo.hamid@uk.ac.ir

مقدمه و اهداف

مفصل زانو یکی از مهمترین مفاصل بدن و بزرگترین مفصل سینوویال بدن است که نقش مهمی در حرکت و تحمل وزن بدن ایفا می‌کند.[۱] عضلات قوی، استخوان‌های بلند و نیز گشتاورهای زیاد وارد بر مفصل زانو می‌تواند عامل مهمی در ایجاد آسیب‌های متنوع باشد.[۲] پارگی لیگامان صلیبی قدامی یکی از شایع‌ترین آسیب‌های مفصل زانو می‌باشد. سطح عملکردی افرادی که دچار پارگی لیگامان صلیبی قدامی شده‌اند و هیچ‌گونه مداخله درمانی برای آنها صورت نگرفته و همچنین افرادی که لیگامان صلیبی قدامی آنها بازسازی شده تا حدود زیادی کاهش پیدا کرده و ثبات مفصل را دچار اختلال کرده است.[۳] همچنین پارگی این لیگامان موجب تغییراتی در کینماتیک مفصل زانو، بی‌ثباتی و اختلالات حس عمقی می‌شود.[۴]

حس عمقی درک آگاهانه و ناآگاهانه از وضعیت اندام در فضا می‌باشد که شامل آگاهی از وضعیت مفصل و حرکت مفصل می‌باشد.[۵، ۶] حس عمقی مفصل زانو از مجموع پیام نورون‌های آوران از گیرنده‌های عضلات، تاندون‌ها، کپسول مفصلی، لیگامنت‌ها، اتصالات مینیسکی و پوستی ناشی می‌شود.[۵] لیگامان صلیبی قدامی نیز به عنوان یک ارگان حسی و یک گیرنده مکانیکی نقش مهمی را در تأمین ثبات مفصلی از طریق تنظیم و هماهنگی عضلات که مهمترین عناصر در تأمین ثبات دینامیک زانو می‌باشد، ایفا می‌کند. کاهش سطح عملکردی افراد دارای پارگی لیگامان صلیبی قدامی را نه تنها به علت وجود نقش مکانیکی آن در تأمین ثبات مفصل نمی‌دانند، بلکه به علت از دست رفتن نقش حسی آن در این امر دانسته‌اند.[۳] به دلیل اهمیت حس عمقی در کنترل مفصل تداوم این اختلال می‌تواند موجب آسیب مجدد و بروز صدمات مفصلی گردد.[۷]

تمرینات متعددی برای بهبود حس وضعیت پیشنهاد گردیده است که تمرینات پلایومتریک از نمونه این تمرینات می‌باشد که به صورت کلینیکی در مراحل پایانی دوره بازتوانی به کار برده می‌شود.[۸] تمرینات پلایومتریک شکلی از تمرینات توانی است که شامل انقباض برونگرا و به دنبال آن انقباض درونگرا است و به منظور افزایش عملکرد عصبی-عضلانی طراحی شده است. همچنین تمرینات پلایومتریک بخش طبیعی از بیشتر حرکات شامل لی‌لی کردن، پریدن و جست‌وخیز کردن می‌باشد.[۸] از جمله برنامه‌های تمرینی پلایومتریک، برنامه تمرینی هاپینگ می‌باشد که شکل اصلاح‌شده و نسبتا تعدیل‌یافته تمرینات پلایومتریک است.[۹] تمرینات هاپینگ با یک کشش اولیه انفجاری می‌تواند کارایی عصبی را بهبود بخشد و در نتیجه عملکرد عصبی-عضلانی را افزایش دهد.[۸]

از آنجایی که کمبود قدرت عضلات چهارسررانی و حس وضعیت زانو تا ۲ سال بعد از عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی همچنان تا حدود ۲۰ درصد وجود دارد و عملکرد زانو را با نقص مواجه می‌کند، یافتن روشی برای بازتوانی و توانبخشی این آسیب بسیار مؤثر می‌باشد. تاکنون تحقیقات زیادی اثرات تمرینات پلایومتریک را مورد بررسی قرار داده است؛ به طور مثال کوین ای ویلک[1] و همکاران در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد کردند که کسب اجرای بهتر عضلانی بعد از تمرین پلایومتریک بیشتر از تغییرات ریخت‌شناختی به سازگاری‌های عصبی نشان داده می‌شود و به این دلیل تمرین پلایومتریک ممکن است عملکرد عصبی-عضلانی را افزایش دهد و به وسیله افزایش ثبات دینامیک از آسیب‌های زانو جلوگیری کند.[۱۰] همچنین احمدی و همکاران در سال ۱۳۹۳ نشان دادند که تمرینات پلایومتریک موجب افزایش حداکثر بازده توان و قدرت پا، بهبود عملکرد پرش عمودی و افزایش حس عمقی می‌شود.[۱۱] همچنین قابل ذکر است که تمرینات پرش از روی جعبه و تمرینات هاپینگ که از روی زمین انجام می‌شود، تفاوت‌های کینتیکی و کینماتیکی زیادی با هم دارند. کاهش فلکشن ران، فلکشن زانو، دورسی فلکشن مچ پا در پرش از روی جعبه نسبت به هاپینگ وجود دارد. در تمرینات هاپینگ به دلیل اثر پیش کششی قبلی عضله و ذخیره انرژی، عضله آمادگی و انرژی بیشتری برای فرود نسبت به تمرینات از روی جعبه نیاز دارد.[۱۲] تفاوت‌های ذکرشده در تمرینات، ممکن است اثرات متفاوتی در روند بازتوانی افراد با آسیب لیگامنت صلیبی قدامی بگذارد، اما با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی به مقایسه اثر دو نوع تمرینات هاپینگ و پرشی به صورت مجزا نپرداخته است، بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه اثر دو نوع تمرینات پلایومتریک هاپینگ و پرشی به مدت ۶ هفته بر حس وضعیت زانو در مردان به دنبال بازسازی لیگامان صلیبی قدامی می‌باشد و پاسخ دهد که کدامیک از این برنامه‌های تمرینی منجر به بهبود بیشتری در ریسک‌فاکتورهای حس وضعیت می‌شود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و آینده‌نگر می‌باشد. جامعه آماری در تحقیق پیش‌رو را تمامی مردان شهر کرمان تشکیل می‌دادند که دچار پارگی لیگامان صلیبی قدامی بوده‌اند و عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی را انجام داده بودند. نمونه آماری را ۴۰ نفر از مردان بزرگسال (سن ۱/۶۲±۲۷/۸۸ سال، وزن ۹/۲۸±۷۹/۱۰ کیلوگرم، قد ۰/۰۵±۱/۷۷ متر) تشکیل دادند که به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی به ۲ گروه تجربی با تمرینات هاپینگ و پرشی و ۱ گروه کنترل بدون انجام هیچ‌گونه تمرین ورزشی تقسیم شدند. قابل ذکر است که حجم نمونه با استفاده از ادبیات پیشینه و نرم‌افزار جی‌پاور (ویرایش ۳) برای روش آماری سنجش مکرر ترکیبی با ۳ گروه و ۲

[1] Kevin E. Wilk

تکرار با توان آماری ۰/۸[۱۳] مورد تایید قرار گرفت. معیارهای خروج از تحقیق حاضر سن کمتر از ۲۰ و بیشتر از ۳۰ سال، جنسیت زن، بیماری‌های عصبی و عضلانی دیگر، انجام ندادن دوره‌های فیزیوتراپی و دارویی بود. جهت همسان‌سازی دوره بازتوانی، تمامی آزمودنی‌ها ۳-۶ ماه از عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی آنها گذشته بود. همچنین لازم به ذکر است که تمامی آزمودنی‌ها دوره فیزیوتراپی را انجام داده بودند و پس از مطالعه و پر کردن آگاهانه فرم رضایت وارد تحقیق شدند.

جهت همسان‌سازی زمان تمرینات هر دو گروه تجربی برنامه تمرینی را عصرها و به مدت ۶ هفته و در هر هفته ۳ جلسه انجام دادند. مدت زمان اجرای پروتکل‌های تمرینی هر دو گروه مانند هم و ۱ ساعت در هر جلسه بود. تمرینات هاپینگ نوعی از تمرینات پلایومتریک بود که بیشتر از نوع حرکات لی‌لی، پرش و جست‌وخیز کردن می‌باشد؛ این برنامه تمرینی شامل تمریناتی مانند هاپینگ به طرفین، جلو و عقب، زیگزاگ، مربع و به شکل ۸ با دو پا و تک‌پا با حالت دست‌ها آزاد، روی سینه و دست‌ها پشت سر می‌باشد[۸] (جدول ۱). تمرینات پرشی نوعی از تمرینات پلایومتریک می‌باشد که از حرکات پرشی با یک پا و دو پا انجام می‌شود که آزمودنی حرکات پرشی را با استفاده از پرش و فرود از روی جعبه انجام می‌دهد؛ این برنامه تمرینی نیز شامل تمریناتی مانند فرود از روی جعبه به سمت جلو و پهلو به حالت اسکوات، پرش روی جعبه با زانوهای خم با یک پا و دو پا با حالت دست‌ها آزاد و روی سینه می‌باشد[۱۴] (جدول ۲).

جدول ۱: تمرینات هاپینگ

هفته	تمرینات هاپینگ	ست×تکرار
اول	۱) هاپینگ به طرفین با دو پا (دست‌ها آزاد)	۳×۱۰
	۲) هاپینگ به جلو و عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
	۳) هاپینگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
دوم	۱) هاپینگ به طرفین با دو پا (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۵
	۲) هاپینگ به جلو و عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
	۳) هاپینگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
	۴) هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها ازاد)	۴×۵
سوم	۱) هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۳×۱۰
	۲) هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
	۳) هاپینگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها روی سینه)	۳×۱۰
	۴) هاپینگ به صورت زیگزاگ با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
چهارم	۱) هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۰
	۲) هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۰
	۳) هاپینگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۳×۱۰
	۴) هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۰
	۵) هاپینگ به شکل مربع با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
پنجم	۱) هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲×۱۰
	۲) هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲×۱۰
	۳) هاپینگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۰
	۴) هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۰
	۵) هاپینگ به شکل مربع با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
	۶) هاپینگ با دو پا به شکل ۸ (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰
ششم	۱) هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۳×۱۰
	۲) هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲×۱۰
	۳) هاپینگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها پشت سر)	۲×۱۰
	۴) هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲×۱۰
	۵) هاپینگ به شکل مربع با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲×۱۰
	۶) هاپینگ با دو پا به شکل ۸ (دست‌ها آزاد)	۲×۱۰

جدول ۲: تمرینات پرشی

هفته	تمرینات پرشی	ست×تکرار
اول	۱) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین حالت سکوات (دست‌ها آزاد)	۱۰×۳
	۲) فرد ایستاده روی جعبه (پهلو)، فرود به سمت پایین حالت اسکوات (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
	۳) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
دوم	۱) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین حالت سکوات (دست‌ها روی سینه)	۱۵×۲
	۲) فرد ایستاده روی جعبه (پهلو)، فرود به سمت پایین حالت اسکوات (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
	۳) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
	۴) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش عمودی به بالا (دست‌ها آزاد)	۵×۴
سوم	۱) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش عمودی به بالا (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۳
	۲) فرد ایستاده روی جعبه (پهلو)، فرود به سمت پایین و بعد چرخش ۹۰ درجه به جلو (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
	۳) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با دو پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۳
	۴) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
چهارم	۱) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش عمودی به بالا (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۲
	۲) فرد ایستاده روی جعبه (پهلو)، فرود به سمت پایین و بعد چرخش ۹۰ درجه به جلو و فرود (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۲
	۳) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با یک پا (دست‌ها آزاد)	۱۰×۳
	۴) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۲
	۵) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش از روی مانع (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
پنجم	۱) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش عمودی به بالا (دست‌ها پشت سر)	۱۰×۲
	۲) فرد ایستاده روی جعبه (پهلو)، فرود به سمت پایین و بعد چرخش ۹۰ درجه به جلو و فرود (دست‌ها پشت سر)	۱۰×۲
	۳) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۲
	۴) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰×۲
	۵) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش از روی مانع (دست‌ها روی سینه)	۱۰×۲
	۶) فرد ایستاده روی جعبه، فرود با دو پا و بعد پریدن همراه با چرخش ۱۸۰ و مجددا پرش روی جعبه (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
ششم	۱) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش به سمت جلو و مجددا فرود (دست‌ها آزاد)	۱۰×۳
	۲) فرد ایستاده روی جعبه (پهلو)، فرود به سمت پایین و بعد چرخش ۹۰ درجه رو به جعبه و فرود (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
	۳) فرد ایستاده روبه‌روی جعبه، زانوها خم و پرش روی جعبه با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰×۲
	۴) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با یک پا بعد پرش عمودی (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲
	۵) فرد ایستاده روی جعبه (جلو)، فرود به سمت پایین با دو پا و بعد پرش از روی مانع (دست‌ها پشت سر)	۱۰×۲
	۶) فرد ایستاده روی جعبه، فرود با دو پا و بعد پریدن همراه با چرخش ۱۸۰ و مجددا پرش روی جعبه (دست‌ها آزاد)	۱۰×۲

تست‌گیری

قبل از تست‌گیری تمامی آزمودنی‌ها حداقل لباس جهت نصب مارکرهای پوستی برای اندازه‌گیری حس وضعیت پوشیدند. ابتدا به تمام آزمودنی‌ها طریقه انجام تست‌گیری حس وضعیت مفصل زانو در زاویه‌های۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه آموزش داده شد. سپس به آزمودنی‌ها یک سری تمرینات کششی و انعطافی در اندام تحتانی آموزش داده شد و از آنها خواسته شد که این تمرینات (شامل: کشش عضلات ساق پا، جلو ران، پشت ران، داخل و خارج زانو و کشش عضلات مفصل ران) را به مدت ۱۰ دقیقه قبل و بعد از تست‌گیری جهت آماده‌سازی عضلات اندام تحتانی انجام دهند. سپس قبل از انجام تست‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و در فرم اطلاعات فردی ثبت گردید.

حس وضعیت

برای اندازه‌گیری حس وضعیت از روشی متشکل از مارکرگذاری پوستی، عکس‌برداری دیجیتال (با دوربین فیلم‌برداری کانن و دارای وضوح ۱۴ مگاپیکسل) و نرم‌افزار اتوکد[2] استفاده شد تا حداقل تماس پوستی در حین اندازه‌گیری ایجاد شود. میزان پایایی این روش اندازه‌گیری با نرم‌افزار اتوکد بالا (ICC=۰/۹۷) گزارش شده است.[۱۵] پس از گرم کردن هر فرد از حداقل لباس ممکن استفاده کرده و هیچ‌گونه پوشش دیگری در اندام تحتانی خود نداشت. در ابتدا هر کدام از نمونه‌های تحقیق به صورت کاملا راحت ایستاده و چهار عدد مارکر پوستی در سمت خارجی اندام مورد آزمون در چهار نقطه چسبانده شد. برای مشخص کردن لندمارک‌های مورد نیاز توسط یکی از محققین، ابتدا

[2] Auto CAD

برجستگی بزرگ استخوان ران لمس شده، سپس نوک برجستگی بزرگ با خط‌کش به قسمت میانی خط مفصلی خارجی زانو وصل شد. مارکر اول در یک چهارم فوقانی این خط، مارکر دوم در گردن فیبولا و مارکر سوم در قسمت فوقانی قوزک خارجی پا چسبانده شد. سپس نمونه‌های تحقیق بر روی صندلی در وضعیتی که زانو ۹۰ درجه خم شده است، نشسته و مارکر چهارم در قسمت فوقانی چین پوپلیته آل در راستای لبه فوقانی کشکک چسبانده شد.[۱۶] سپس افراد بر روی یک صندلی با قابلیت تنظیم ارتفاع و تنظیم پشتی نشسته، به طوری که پاهای او از زمین فاصله داشت و به صورت آویزان قرار گرفته بود. از نمونه‌های تحقیق خواسته شد تا سر خود را در امتداد تنه و عمود نگه دارند و دست‌ها و ساعد خود را روی محل مخصوص و بر روی صندلی قرار دهند. قابل ذکر است که مفصل زانو تقریبا ۸۵ درجه فلکشن و مچ پا در حالت خنثی و تنه نیز ۳۰ درجه از سطح عمود عقب‌تر و ران تقریبا موازی با خط افقی بود. سپس از آزمودنی خواسته شد بدون اینکه تغییری در وضعیت مچ پای خود ایجاد کند، زانو را به زاویه فلکشن هدف (۳۰، ۴۵، ۶۰) از قبل تعیین‌شده برده (اندازه‌گیری به وسیله گونیامتر) و به مدت ۵ ثانیه همان وضعیت را حفظ و آن را در حافظه کوتاه‌مدت خود ذخیره کند.[۱۵] در این حالت اولین عکس از جانب خارج زانو گرفته و سپس زانو به حالت اولیه برگردانده شد. پس از ۷ ثانیه از فرد خواسته شد تا ساق پا را به صورت فعال به حرکت درآورده و زاویه مورد نظر را بازسازی کند و آن را با کلمه "رسیدم"اعلام نماید. این عمل ۳ بار تکرار و با هر بار تکرار از زاویه ساخته‌شده عکس گرفته شد. باز از آزمودنی خواسته شد که ۲ زاویه دیگر را به همان شیوه زاویه اول بازسازی کند. در ادامه عکس‌های گرفته‌شده به رایانه منتقل و توسط نرم‌افزار اتوکد، زوایای به دست آمده در هر عکس محاسبه شد. سپس از بهترین زاویه به دست آمده در هر سه زاویه (۳۰، ۴۵، ۶۰) به عنوان نمره آزمون حس وضعیت آزمودنی‌ها استفاده شد. جهت حذف اثر فاکتور بینایی، در حین اندازه‌گیری چشم‌های آزمودنی توسط چشم‌بند بسته شد. ترتیب اندازه‌گیری تست‌ها در زوایای مختلف به صورت تصادفی انتخاب شد. تمامی اندازه‌گیری توسط یکی از محققین که از گروه‌بندی نمونه‌ها اطلاعی نداشت، انجام شد.

در نهایت پس از جمع‌آوری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع جامعه آماری و از آزمون لیون جهت همگنی واریانس‌ها و همچنین از آزمون علامت جهت استقلال داده‌ها استفاده شد ($p>۰/۰۵$). از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه‌گیری مکرر برای مقایسه حس وضعیت در ۳ زاویه (۳۰، ۴۵، ۶۰) و ۳ گروه (کنترل، تجربی ۱ و تجربی ۲) و دو زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و از آزمون تعقیبی بونفرونی جهت مقایسه بین گروهی استفاده شد. جهت تعیین اندازه اثر از روش Partial Eta Squared استفاده شد. تفسیر این آزمون به شرح روبه‌رو می‌باشد: اندازه اثر کم=۰/۰۱، اندازه اثر متوسط ۰/۰۶ و اندازه اثر زیاد ۰/۱۴.[۱۷] سطح معناداری ۰/۰۵ جهت تعیین معناداری انتخاب شد.

یافته‌ها

جدول شماره ۳ میانگین و انحراف استاندارد در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه گروه هاپینگ، پرشی و کنترل را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در میزان حس وضعیت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمرینات هاپینگ در زاویه ۳۰ درجه اختلاف معناداری وجود ندارد ($P=۰/۱۲۲$، $F_{۱۳،۱}=۲/۷۴۴$). در حالی که در زاویه‌ای ۴۵ درجه ($P=۰/۰۰۲$، $F_{۱۳،۱}=۱۵/۳۶۸$) و ۶۰ درجه ($P=۰/۰۴۶$، $F_{۱۳،۱}=۴/۸۷۰$) اختلاف معناداری مشاهده شد. همچنین اختلاف معناداری در میزان حس وضعیت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمرینات پرشی در زاویه ۳۰ درجه مشاهده نشد ($P=۰/۱۹۵$، $F_{۱،۱۲}=۱/۸۵۵$)، اما در زاویه ۴۵ درجه اختلاف معنادار شد ($P=۰/۰۰۱$، $F_{۱،۱۲}=۲۳/۴۹۴$)، ولی در زاویه ۶۰ درجه اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P=۰/۲۸۸$، $F_{۱،۱۲}=۱/۲۳۷$).

آزمون تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی میزان حس وضعیت در بین هر سه گروه هاپینگ، پرشی و کنترل تفاوت معناداری وجود دارد ($P=۰/۰۰۱$، $F_{۱،۳۷}=۱۲/۷۹۹$) که نتایج در هر گروه (آزمون بونفرونی) نشان داد که بین میزان حس وضعیت در گروه هاپینگ و گروه پرشی تفاوت معناداری وجود ندارد ($P=۱/۰۰۱$)، اما بین میزان حس وضعیت در گروه هاپینگ و گروه پرشی با گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده شد ($P=۰/۰۰۱$). نتایج اثر متقابل گروه در زمان در هر سه گروه نیز تفاوت معناداری را نشان داد ($P=۰/۰۰۱$، $F_{۲،۳۷}=۹/۱۱۲$) (جدول ۳).

جدول ۳: حس وضعیت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه گروه هاپینگ، پرشی و کنترل (میانگین±انحراف استاندارد)

گروه‌ها	زاویه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P	Δ%	μ
هاپینگ	۳۰	۱/۲۷۸±۸/۳۵۷	۵/۰±۷۱۴/۸۲۲	۰/۱۲۲	۳۱/۶۲۶	-
پرشی	۳۰	۷/۱±۴۶۲/۰۶۶	۵/۰±۳۸۵/۹۷۸	۰/۱۹۵	۲۷/۸۳۴	-
کنترل	۳۰	۷/۱±۲۳۱/۵۲۰	۱۰/۱±۳۸۵/۱۶۹	۰/۰۸۷	-۴۳/۶۱۷	-
هاپینگ	۴۵	۱۱/۱±۲۱۴/۵۶۶	۴/۰±۷۸۶/۵۷۶	۰/۰۰۲	۵۷/۳۳۰	۰/۶
پرشی	۴۵	۷/۰±۸۴۶/۹۳۳	۲/۰±۸۴۶/۵۷۶	۰/۰۰۱	۶۳/۷۲۶	۰/۷
کنترل	۴۵	۷/۱±۶۱۵/۳۸۹	۴/۰±۶۹۲/۸۳۵	۰/۰۷۳	۳۸/۳۸۴	-
هاپینگ	۶۰	۸/۱±۹۲۹/۳۴۴	۵/۰±۵۷۱/۹۵۳	۰/۰۴۶	۳۷/۵۹۶	۰/۳
پرشی	۶۰	۶/۱±۴۶۲/۰۸۴	۴/۰±۸۴۶/۸۶۱	۰/۲۸۸	۲۴/۹۹۲	-
کنترل	۶۰	۷/۱±۳۰۸/۴۱۱	۷/۰±۳۰۸/۷۰۲	۱/۰۰۱	۰/۰۱۳	-

شرح علائم: P=میزان معناداری، Δ%=ضریب تغییرات، μ=اندازه اثر

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر دو نوع تمرینات پلایومتریک هاپینگ و پرشی بر روی حس وضعیت مفصل زانو در مردان به دنبال بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بود. نتایج به دست آمده نشان داد که بهبود در میزان حس وضعیت زاویه ۴۵ درجه و زاویه ۶۰ درجه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمرینات هاپینگ حاصل شد، اما در میزان حس وضعیت زاویه ۳۰ درجه بهبودی حاصل نشد. شفیع‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی که به بررسی مقایسه حس وضعیت مفصل زانو در مردان فوتبالیست، والیبالیست و غیرورزشکار پرداختند، نشان دادند که میانگین خطای مطلق در بازسازی زاویه ۶۰ درجه در والیبالیست‌ها به طور معناداری از خطای مطلق فوتبالیست‌ها و غیرورزشکاران کمتر است. نتایج آنها همچنین نشان داد که میانگین خطای مطلق در بازسازی زاویه‌های ۱۵ و ۳۰ درجه در سه گروه آزمودنی تفاوت معناداری نشان نداد.[۱۸] می‌توان یکی از دلایل معنادار نشدن میزان حس عمقی را در زاویه ۳۰ درجه این چنین بیان کرد که دامنه ابتدایی حرکت مفصل زانو طی فعالیت‌هایی از قبیل راه رفتن، دویدن و شوت زدن در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین مفصل زانوی سه گروه به طور مکرر در این دامنه فعالیت دارد.[۱۹] از دلایل معنادار شدن میزان حس وضعیت در زاویه ۶۰ درجه می‌توان به این مورد اشاره نمود که والیبال یک ورزش توأم با پرش و فرود و اعمال وزن بر روی مفصل‌های پا به خصوص زانو می‌باشد و کشش و باری را که روی دوک‌های عضلانی و اندام وتری گلژی و غیره اعمال می‌کند، باعث افزایش حساسیت و دقت آنها می‌شود.[۲۰] در حین ورزش وضعیت وسیکوالاستیسیته بافت‌ها مناسب‌تر و درجه حرارت بدن افزایش می‌یابد. این دو امر منجر به افزایش اکسیژن‌رسانی و در نهایت افزایش حساسیت و عملکرد بهتر مکانورسپتورها می‌شود. عملکرد بهتر مکانورسپتورها می‌تواند منجر به تشخیص بهتری از وضعیت مفصل در فضا شود.[۲۱] دوک‌های عضلانی نقش مهمی در وضعیت حس عمقی مفصل زانو و حس وضعیت در افراد آسیب‌دیده دارد. زمانی که عضله کشیده و منقبض می‌شود، دوک‌های عضلانی نیز تحریک و بزرگی متفاوتی از خود به نمایش می‌گذارد. این تحریک متفاوت می‌تواند ناشی از زاویه مفصل زانو نیز باشد. اثبات شده است که ایجاد زاویه ۳۰ درجه مفصل زانو، نیاز به انقباض بیشتری در عضلات زانو نسبت به ایجاد زاویه ۴۵ و ۶۰ درجه دارد.[۲۲-۲۳] پل‌های عرضی کمتری در زاویه ۳۰ درجه نسبت به زاویه ۴۵ و ۶۰ درجه ساخته می‌شود[۲۰] که این عوامل می‌تواند بازسازی زاویه ۳۰ درجه مفصل زانو را با خطای بیشتری همراه کند. از دیگر دلایل احتمالی تأثیر تمرینات هاپینگ بر میزان حس وضعیت در زوایای ۴۵ و ۶۰ درجه در مردان به دنبال بازسازی لیگامنت صلیبی قدامی می‌توان به بیشترین تحریک مکانورسپتورهای مفصل زانو[۲۳-۲۲] در این دامنه‌ها به خصوص زاویه ۴۵ درجه که دامنه میانی مفصل زانو می‌باشد، اشاره کرد. طریقه انجام دادن تمرینات هاپینگ به شکلی است که مفصل زانو در این زوایا بیشترین تکرار را داشته و در نتیجه تکرار یک الگوی حرکتی در مدت زمان زیادی می‌تواند باعث بهبود میزان حس وضعیت مفصل زانو شود.

همچنین نتایج به دست آمده نشان داد پیشرفت در میزان حس وضعیت زاویه ۴۵ درجه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمرینات پرشی وجود دارد، اما در میزان حس وضعیت زوایای ۳۰ و ۶۰ درجه پیشرفتی حاصل نشد. از دلایل بهبود حس وضعیت در زاویه ۴۵ درجه می‌توان به این نکته اشاره نمود که سازگاری‌های محیطی که ممکن است به دلیل تمرینات پلایومتریک رخ دهد، احتمالا از تحریک مکرر مکانورسپتورهای مفصل در نزدیک انتهای دامنه حرکتی منتج می‌شود.[۲۴] از دلایل احتمالی تأثیر تمرینات پرشی بر میزان حس وضعیت در مردان با آسیب لیگامنت صلیبی قدامی می‌توان به تمرینات پرشی که به دلیل نوع و ماهیت تمرین، فشار زیادی بر مفصل زانو و دیگر مفاصل اندام تحتانی وارد می‌کنند، اشاره کرد که این تمرینات باعث تأثیر بر گیرنده‌های مکانیکی و عضلانی می‌شود و سیستم عصبی-عضلانی را بهبود می‌بخشد و در نتیجه باعث بهبود حس وضعیت می‌شود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد اختلاف معناداری در میزان حس وضعیت در هر سه گروه تمرینات هاپینگ، پرشی و گروه کنترل وجود دارد. از دلایل احتمالی تأثیر تمرینات هاپینگ و پرشی در میزان حس وضعیت، تمرینات پلایومتریک است که باعث افزایش عملکردی مفصل زانو می‌شود و در نتیجه گیرنده‌های وضعیت مفصل زانو را تحریک می‌کند و باعث بهبود حس وضعیت در افراد با لیگامنت صلیبی قدامی می‌شود. ورزش پلایومتریک ممکن است منجر به کاهش مهار خودکار اندامک گلژی شود یا منجر به ریلکسیشن عضله، زمانی که سطوح بالای تنشن دارد، شود. کاهش میزان مهار اتوژنیک باعث می‌شود که عضلات بتوانند نیروهای اکسنتریک بیشتری جذب کنند و رفلکس-های کششی را در طول انقباض کوتاه کنند و بعد از آن افزایش دهند. گیرنده‌های مکانیکی در ماهیچه‌ها می‌توانند حساسیت خود را پس از یک پروتکل تمرین پلایومتریک تغییر دهند و این امر منجر به کاهش زمان توقف بین دو فاز کانسنتریک و اکسنتریک می‌شود، در نتیجه بهبود رفلکس هماهنگی و کارایی بیشتر در هنگام حرکت پلایومتریک حاصل می‌شود.[۲۵] این عوامل در نهایت می‌تواند منجر به بهبود حس وضعیت مفصل شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تأثیر تمرینات در دو گروه هاپینگ و پرشی تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت، اما میانگین درصد تغییرات در میزان حس وضعیت در گروه تمرینات هاپینگ بیشتر از تمرینات گروه پرشی در مردان با آسیب لیگامنت صلیبی قدامی بود؛ بنابراین می-توان بیان کرد که تمرینات هاپینگ و پرشی می‌توانند راه کار مناسبی برای بهبود حس وضعیت در افراد به دنبال بازسازی لیگامان صلیبی قدامی باشند. توصیه می‌شود متخصصان علوم توانبخشی، فیزیوتراپیست‌ها، کاردرمان‌ها و افراد درگیر در امر بازتوانی در فاز نهایی بازتوانی، از این تمرینات جهت بهبود حس وضعیت در افراد با آسیب لیگامنت صلیبی قدامی استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آسیب‌شناسی ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان به راهنمایی دکتر عبدالحمید دانشجو و مشاوره دکتر منصور صاحب‌الزمانی و دکتر محمد صادقی می‌باشد. از تمامی آزمودنی‌های تحقیق جهت همکاری با محقق و همچنین از آقایان عسکری، اکبری و نجات سلاجقه جهت همکاری در نگارش تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Mousavi SM. The important factor and prevalnve of knee osteoarthritis in patients of Tehran orthopedic clinics. Journal of Rehabilitation.2001; 2(1-2): 14-20.
2. Anderson MK, Hall SJ, Martin M, Sport injury management, 2nd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2000; 44, 243-245.
3. Naserpour M, Jamshidi AA, Amiri A, Kihany MR. The effect of a modified perturbation training on muscle activation pattern and function in ACL deficient patient. Journal of Jundishapour University Medical Science. 2011; 10(6): 615-627.
4. Silvia F, Ribeiro F, Oliveiria J. Effect of an accelerated ACL Rehabilitation protocol on knee proprioception and muscle strength after Anterior Cruciat Ligament reconstruction, Archives of Exercise in Health and Disease. 2012; 3(1-2): 139-144.
5. ShahHosseini GhR, Madani SA, Ebrahimi Takamjani I, Negahban Siooki H, Shaterzadeh MJ. Analysis of proprioception in primary arthritic knee. Journal of Iran University Medical Science. 2003; 10(38): 895-904.
6. Yalfani A, Raeisi Z. Comparison of two methods of strengthening of quadriceps muscle in land and water environment on pain, performance, static and dynamic balance of women with patella femoral pain syndrome. Sport Medicine Journal. 2013; 1: 91-108.
7. Khalkhali M, Talebian Z, Ayoubi M. The effect of open and closed kinematic chain and balance trainings on knee position sense error in healthy young women. Journal of Shahid Beheshti Medical Faculty. 2004; 28(2): 115-119.
8. Karimizadeh A, Alizadeh MH, Ebrahimi Takamjani I. The effect of six weeks of hopping exercises on dynamic balance in athletes with functional ankle instability. Sport Motor Science Reserach. 2012; 2(4): 540-552.
9. Vali Pour V, Ghara khanlou R, Rahbarizade F, Mola J. Neuromuscular and Functional Adaptations to Selected Plyometric Training vs. Combined Resistance and Plyometric Training. Journal of Sport Biology Science. 2010; 7: 91-113.
10. Asad MR, Aghayari A, Salehi H. The effect of two kinds of plyometric training depth jump on explosive power of male volleyball player students in Abhar city. Journal of Education in Physical Education. 2013; 2(1): 49-61.
11. Ahmadabadi S, Rajabi H, Gharakhanlo R, Talebian S. The effect of fatique due to plyometric training on activity pattern of rectus femoris muscle in different phases of deep jump on active girl. Journal of Research Science Modern Rehabilitation. 2014; 8(4): 11-20.

12. Afifi M, Hinrichs RN. A mechanics comparison between landing from a countermovement jump and landing from stepping off a box. Journal of Applied Biomechanics. 2012; 28: 1-9.
13. Cohen J. A power primer. Psychological Bulletin, 1992; 112 (1): 155-159.
14. Donald A. Chu, Gregory D. Myer, dynamic strength and explosive power (plyometric), Sheridan books, 2013.
15. Fouladi R, Rajabi R, Naseri N. The comparison of two functional movement assessment knee joint proprioception in healthy athletes' females. Jornal of Sport Medicine. 2009; 1(1): 123-257.
16. Stillman BC, McMeeken JM. The role of weightbearing in clinical assessment of knee joint position sense. The Australian Journal of Physiotherapy. 2001; 47: 247-253.
17. Pallant J. SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis using SPSS. 3rd ed: Crows Nest, N.S.W.: Allen & Unwin; 2007. 263–85.
18. Shafipour A, Shojaedin SS. The comparison of knee joint position sense in soccer player, volleyball player and non-athlete men. Journal of Shahrekord University Medical Science. 2014; 16 (3):33-42.
19. Neisi K, Ebrahimi A, Goharpey Sh. Survey effect of start degree and aim degree on knee joint position sense assessment in healthy men. Jornal of Semnan University Medical Science. 2006; 5(3): 621-627.
20. Weiler HT, Awiszus F. Influence of hysteresis on joint position sense in the human knee joint. Experimental Brain Research. 2000: 135(2): 215-221.
21. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. The effects of comprehensive warm-up programs on proprioception, static and dynamic balance on male soccer players. PLoS ONE. 2006; 7(12): 1-10.
22. Fuentes CT, Bastian AJ. Where is your arm? Variations in proprioception across space and tasks. Journal of Neurophysiology. 2010; 103: 164–171.
23. Ansems GE, Allen TJ, Proske U. Position sense at the human forearm in the horizontal plane during loading and vibration of elbow muscles. The Journal of Physiology. 2006; 576: 445–455.
24. Lephart SM. Pinsivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. Sport Medicine, 1998; 25(3): 149-155.
25. Swanik KA, Thomas SJ, Struminger AH, Huxel BKC, Kelly JD, Swanik CB, The effect of shoulder plyometric training on amortization time and upper extremity kinematics. Journal of Sport Rehabilitaion. 2016; 25(4):315-323.