

Investigating the effect of neuromuscular training on the proprioception of knee and ankle joints in male soccer player students prone to anterior cruciate ligament injury in Khorazmi University, Tehran, 2018

Reza Mohammadi Dehcheshmeh¹ , Sadredin Shojaedin^{1*} , Ali Abbasi¹ 

¹ Dept of Sports injury and Corrective exercises, Faculty of Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research article

Article History:

Received: 20 December 2022

Revised: 10 June 2023

Accepted: 20 June 2023

Published Online: 30 September 2023

*** Correspondence to:**

Sadredin Shojaedin
Dept of Sports injury and
Corrective exercises, Faculty
of Sports Sciences, Kharazmi
University, Tehran, Iran
Email:
sa_shojaedin@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction: The aim of anterior cruciate ligament injury prevention programs is to correct or eliminate risk factors and ultimately reduce injury. The present study aimed to investigate the effect of neuromuscular exercises on knee and ankle joint proprioception in male soccer player students prone to anterior cruciate ligament injury.

Material & Methods: In this quasi-experimental research, 24 male soccer players prone to anterior cruciate ligament injury at Khorazmi University of Tehran in 2018 were purposefully selected and randomly assigned to two experimental groups (n=12) and control groups (n=12). Two days before the commencement of neuromuscular training, knee and ankle proprioception assessment was performed on all subjects. The members of the experimental group participated in the neuromuscular training program for six weeks (3 sessions per week). Two days after finishing the training, all subjects were re-evaluated. Data were analyzed in SPSS software (version 22) using Shapiro-Wilk, covariance, and paired t-tests.

Findings: In this study, among 24 students prone to anterior cruciate ligament injury, 12 cases performed neuromuscular training for six weeks. The results demonstrated that knee proprioception ($P=0.013$) and ankle proprioception (in inversion movement $p=0.032$, in eversion movement $P=0.047$) in the experimental group improved significantly after six weeks of neuromuscular training compared to the control group ($P\leq 0.05$).

Discussion & Conclusion: As evidenced by the obtained results, the use of neuromuscular training can be recommended to improve the proprioception of the knee and ankle joints and ultimately prevent anterior cruciate ligament injury.

Keywords: Anterior cruciate ligament, Neuromuscular training, Proprioception, Soccer player

➤ How to cite this paper

Mohammadi Dehcheshmeh R, Shojaedin S, Abbasi A. Investigating the effect of neuromuscular training on the proprioception of knee and ankle joints in male soccer player students prone to anterior cruciate ligament injury in Khorazmi University, Tehran, 2018. 2023;31(4): 22-35.

بررسی تأثیر تمرینات عضبی عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی در دانشگاه خوارزمی تهران سال ۱۳۹۷

رضا محمدی ده چشمه^۱ , صدرالدین شجاع الدین^{۱*} , علی عباسی^۱ 

^۱ گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸

نویسنده مسئول:

صدرالدین شجاع الدین

گروه آسیب شناسی ورزشی و

حرکات اصلاحی، دانشکده

علوم ورزشی، دانشگاه

خوارزمی، تهران، ایران

Email:

sa_shojaedin@yahoo.com

مقدمه: هدف برنامه های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی، اصلاح یا حذف عوامل خطر ساز و در نهایت، کاهش آسیب است. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات عضبی عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی است.

مواد و روش ها: در این تحقیق نیمه تجربی، تعداد ۲۴ نفر از دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی دانشگاه خوارزمی تهران، در سال ۱۳۹۷ به صورت هدفمند انتخاب شدند و به طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند. دو روز پیش از شروع تمرینات عضبی عضلانی، از همه آزمودنی ها ارزیابی حس عمقی زانو و مچ پا به عمل آمد. اعضای گروه تجربی به مدت شش هفته (۳ جلسه در هفته) در برنامه تمرینات عضبی عضلانی شرکت کردند. دو روز پس از پایان تمرینات، همه آزمودنی ها دوباره ارزیابی گردیدند. داده ها با آزمون های آماری شاپیرو ویلک، تحلیل کوواریانس و تی زوجی و با استفاده از نرم افزار SPSS vol.22 تجزیه و تحلیل شدند ($P \leq 0.05$).

یافته های پژوهش: در این مطالعه، از میان ۲۴ دانشجو مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی، ۱۲ نفر به مدت ۶ هفته به اجرای تمرینات عضبی عضلانی پرداختند. نتایج نشان داد که حس عمقی زانو ($P=0.013$) و مچ پا (در حرکت اینورشن $P=0.032$ و در حرکت اورشن $P=0.047$) در گروه تجربی، پس از انجام تمرینات عضبی عضلانی، در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی داری بهبود یافته است ($P \leq 0.05$).

بحث و نتیجه گیری: با توجه به یافته های تحقیق، استفاده از تمرینات عضبی عضلانی را می توان به منظور بهبود حس عمقی مفاصل زانو، مچ پا و در نهایت، پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی توصیه کرد.

واژه های کلیدی: تمرینات عضبی عضلانی، حس عمقی، فوتبالیست، رباط صلیبی قدامی

استناد: محمدی ده چشمه، رضا؛ شجاع الدین، صدرالدین؛ عباسی، علی. بررسی تأثیر تمرینات عضبی عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی در دانشگاه خوارزمی تهران سال ۱۳۹۷. مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام، مهر ۱۴۰۲؛ ۴۳(۴): ۲۲-۳۵.

۲۲-۳۵

مقدمه

بخش پایین تنه در همه رده‌های سنی و سطوح عملکردی ورزش فوتبال، بیشترین آسیب را متحمل می‌شود و مفاصل زانو و مچ پا مناطقی هستند که بیشترین آسیب را می‌بینند (۱). در بسیاری از پژوهش‌های اپیدمیولوژیکی، نرخ آسیب رباط متقاطع قدامی (ACL) در ورزش‌هایی نظیر فوتبال، بیش از سایر ورزش‌ها گزارش شده است (۲). تقریباً سالیانه ۲۰۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰ آسیب رباط صلیبی قدامی در ایالات متحده آمریکا رخ می‌دهد که هزینه هر عمل جراحی بیش از ۱۳۰۰۰ دلار است (۳). آسیب رباط صلیبی قدامی یک نگرانی اصلی در زمینه پزشکی ورزشی است. افرادی که دچار اختلال رباط صلیبی قدامی میشوند، اختلالات عملکردی مختلفی را تجربه می‌کنند؛ از جمله ناتوانی در کاهش سرعت، پرش، چرخش و انجام سایر حرکات پویایی که در ورزش حیاتی هستند (۴). یک مرور سامانمند که در مجموع روی ۳۱ مطالعه انجام شد، نشان داد ۴۸ درصد از شیوع استوآرتریت زانو بیش از ۱۰ سال پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی اتفاق می‌افتد (۵). علاوه بر این، پس از بازسازی و توان بخشی مناسب آسیب رباط صلیبی قدامی، اغلب افراد اختلال در قدرت، حس عمقی، ثبات، تعادل و کنترل عصبی عضلانی دارند (۱)؛ بنابراین، هدف برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی اصلاح یا حذف عوامل خطر ساز و در نهایت، کاهش آسیب است. منظور از عوامل خطر ساز، عوامل خطر ساز عصبی عضلانی هستند که با تمرینات ویژه ورزشی قابل اصلاح هستند (۶).

حس عمقی کلمه‌ای جامع برای بیان حس حرکت است که اطلاعات حسی را از گیرنده‌های دوک‌های عضلانی، تاندون‌ها و مفاصل دریافت می‌کند. این حس باعث درک حس موقعیت مفصل می‌شود، توانایی تشخیص حرکت را برای ما فراهم می‌سازد و همچنین جهت، شدت و سرعت حرکت مفصل را تعیین می‌کند (۷). اختلال در حس عمقی به بروز اشکال در راه رفتن و دویدن، از دست دادن ثبات مفصل و نداشتن کنترل حرکتی فرد می‌انجامد (۸) و از عوامل اصلی افزایش نرخ آسیب در اندام تحتانی به‌شمار

می‌آید (۹). نقص در حس عمقی مفصل زانو باعث نقص در فراخوانی همزمان واحدهای حرکت عضلات چهار سر زانو و همسترینگ می‌شود و احتمال آسیب رباط صلیبی قدامی را افزایش می‌دهد (۱۰). همچنین بی‌ثباتی و اختلال در حس عمقی مچ پا هم می‌تواند میزان بروز آسیب‌های غیر تماسی رباط صلیبی قدامی را افزایش دهد (۱۱).

مهم است به یاد داشته باشیم، عواملی بروز آسیب رباط صلیبی قدامی متعدّدند؛ به همین علت، ارائه یک برنامه پیشگیرانه که بتواند از همه موقعیت‌های مخاطره‌آمیز جلوگیری کند، ایدئال خواهد بود (۱۲). یکی از روش‌های پیشنهادی برای کاهش آسیب رباط صلیبی قدامی، اجرای تمرینات عصبی عضلانی است (۱۳). این نوع تمرینات برای بهبود کنترل عصبی عضلانی در سگمانهای مختلف اندام تحتانی اثرگذاری دارند و به سبب ایمن و کم‌هزینه بودن می‌توان از آن‌ها برای اصلاح اختلال‌های اسکلتی عضلانی و متعاقب آن، پیشگیری از عوارض این اختلال‌ها بهره جست (۱۴). بایستی توجه کرد که تمرینات عصبی عضلانی نیازمند پاسخهای کنترل حرکتی در سطح ساقه مغز هستند؛ اما با استفاده از تمرینات عصبی عضلانی می‌توان کنترل حرکت را در همه سطوح آن بهبود بخشید که این امر از اصول مهم توان بخشی حس عمقی است (۱۵).

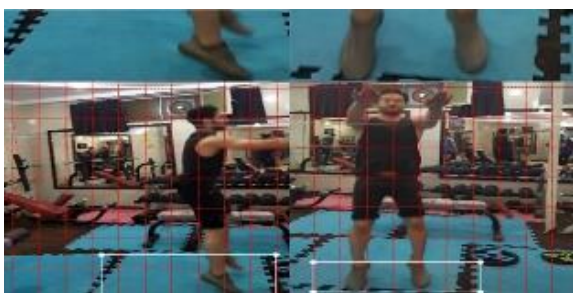
نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که یک برنامه تمرینی عصبی عضلانی ممکن است زمان فعال شدن عضلات تثبیت کننده زانو را بهبود بخشد. به نظر می‌رسد، این اثر به سبب بهبود واکنش پذیری عضله از طریق دوک عضلانی است که به سرعت آشفته‌گی‌های غیرمنتظره را شناسایی می‌کند و به کاهش احتمال آسیب رباط صلیبی قدامی منجر می‌شود (۱۶). همسو با این یافته، نسلر و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند، برنامه‌هایی که از تمرینات عصبی عضلانی و تمرینات قدرتی استفاده می‌کنند، بیشترین تأثیر را در کاهش آسیب‌های رباط صلیبی قدامی دارند؛ اما تحقیقات بیشتر برای ایجاد رویکرد ایدئال در برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مورد نیاز است (۱۷).

بدین سبب که اختلال در حس عمقی مچ پا از

داده‌اند، هنگامی که آزمون پرش تاک از روی ویدئو تجزیه و تحلیل می‌شود، پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگر بسیار خوبی را نشان می‌دهد (پایایی بین آزمونگر ۰/۹۳ و پایایی درون آزمونگر ۰/۸۷) (۱۹). این آزمون به مربیان در تشخیص نقص‌های موجود در فن فرود ورزشکاران و ارزیابی تأثیر تمرینات کمک می‌کند. مزیت دیگر این روش، استفاده از فیلم ضبط‌شده برای ایجاد فیدبک و راهنمایی کلامی برای اصلاح تکنیک است. در تحقیق حاضر، افراد با استفاده از روش مشاهده‌ای و همچنین ضبط فیلم پرش و فرم ارزیابی پرش تاک ارزیابی شدند. پس از انجام آزمون، از نرم‌افزار کینوویا (Kinovea vol.0.9.5) برای بررسی جزئیات پرش استفاده گردید (شکل شماره ۲). آزمودنی‌هایی که در اجرای این آزمون در پرش‌های متعدد حداقل دو نقص (موازی نبودن پاها طی پرش، جلو و عقب بودن پاها هنگام فرود، فرود غیر همزمان پاها) داشتند، به عنوان افراد دارای نقص عملکردی انتخاب و وارد تحقیق شدند (۱۸).



شکل شماره ۱. آزمون پرش تاک



شکل شماره ۲. بررسی جزئیات پرش تاک با نرم‌افزار کینوویا

پس از انتخاب آزمودنی‌ها، فرم رضایت‌نامه کتبی از آنان اخذ گردید. آزمودنی‌ها در هریک از مراحل انجام تحقیق، در صورت نداشتن تمایل به همکاری می‌توانستند از ادامه همکاری انصراف دهند. افراد واجد شرایط تحقیق به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند؛ سپس پیش‌آزمون ارزیابی

ریسک فاکتورهای آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی است (۱۱)، کمتر مطالعه‌ای تأثیر تمرینات عضلانی را همزمان بر حس عمقی زانو و مچ پا در فوتبالیست‌های مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی ارزیابی کرده است؛ همچنین با توجه به میزان شیوع آسیب‌های رباط صلیبی قدامی و اختلالات و مشکلاتی که در پی آن بروز می‌کند، انجام چنین تحقیقی علاوه بر گسترده کردن دامنه تحقیقات پیشین می‌تواند برای ایجاد رویکرد مناسب در برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی ایفای نقش کند؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرینات عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی است.

مواد و روش‌ها

با توجه به اعمال مداخله، وجود گروه کنترل و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها به علت ماهیت تحقیق، روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری در این تحقیق، دانشجویان مرد فوتبالیست در معرض خطر آسیب لیگامان متقاطع قدامی دانشگاه خوارزمی تهران در سال ۱۳۹۷ هستند. در ابتدا برای شناسایی نمونه‌ها، از فرم جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد. این فرم شامل اطلاعاتی درباره ویژگی‌های شخصی (قد، وزن، سن و شاخص توده بدنی)، سابقه آسیب (سازوکار آسیب، ناحیه درگیر در آسیب و زمان آسیب‌دیدگی) و سابقه ورزشی آزمودنی‌ها بود. معیارهای ورودی آزمودنی‌ها شامل حداقل ۳ سال سابقه در رشته ورزشی فوتبال، دامنه سنی بین ۲۰ تا ۳۰ سال، شاخص توده بدنی (BMI) بین ۲۰ تا ۲۵ و همچنین نداشتن آسیب‌دیدگی و نقص در مفاصل زانو و مچ پا بود و معیارهای خروج از تحقیق شامل شرکت نکردن منظم در برنامه تمرینی سه جلسه در هفته و تمایل نداشتن به ادامه مشارکت در تحقیق بود. افرادی که شرایط ورود به تحقیق را داشتند، با آزمون پرش تاک (jump test) تحت غربالگری قرار گرفتند (شکل شماره ۱). از آزمون پرش تاک برای تشخیص افراد مستعد آسیب لیگامان متقاطع قدامی استفاده گردید (۱۸). تحقیقات انجام‌شده نشان

حس عمقی مفصل زانو و مچ پا از هر دو گروه صورت پذیرفت. دو روز پس از انجام ارزیابی‌ها، اعضای گروه تجربی به مدت ۶ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه به اجرای برنامه تمرینات عضبی عضلانی پرداختند. برنامه تمرینات عضبی عضلانی به تأیید پزشک متخصص رسیده بود. در تمام طول اجرای تمرینات، محقق حضور داشت و همه مراحل تحقیق بر اساس مصوبه اخلاق در پژوهش دانشگاه خوارزمی تهران انجام شد (کد اخلاق: IR-KHU.KRC.1000.167).

مطابق با برنامه تمرینی کویتو و همکاران (۲۰)، شش هفته تمرینات عضبی عضلانی، ترکیبی از تمرینات ویژه رشته ورزشی، چابکی، تعادلی، اغتشاشی، تمرینات قدرتی، حس عمقی و پلايومتریک بود که شامل ۹ نوع تمرین پرش جفت‌پا، ایستادن تک‌پا با چشم باز، ایستادن تک‌پا با چشم بسته، اسکات تک‌پا، فرود تک‌پا از ارتفاع، ایستادن تک‌پا و ضربه به توپ پرتابی با سر، ایستادن تک‌پا و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر، اسکات تک‌پا و لمس دوشی در فواصل مختلف، ایستادن تک‌پا و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف بودند (جدول شماره ۱). برای افزایش ناپایداری سطوح از فوم پایدار و تخته تعادل فریمن استفاده شد. شدت و درجه سختی برای هر تمرین طی ۳ مرحله پیش‌رونده، از ۱ به‌عنوان ساده‌ترین مرحله تا ۳ به‌عنوان مشکل‌ترین مرحله تعیین گردید. علاوه بر این، شدت هر تمرین بر اساس میزان ناپایداری سطح اتکا و باز و بسته بودن چشم‌ها تعیین شد. تمرینات در هفته اول و دوم با شدت ۱ (سبک)، هفته سوم و چهارم با شدت ۲ (متوسط) و هفته پنجم و ششم با شدت ۳ (سخت) انجام گردید. به‌منظور اثربخشی تمرینات در طول دوره تمرینی، از اصل اضافه‌بار (افزایش تعداد تکرارها و ثانیه‌ها و نوع تمرین) استفاده شد. مدت‌زمان

هر جلسه شامل ۱۰-۵ دقیقه گرم کردن، ۳۵-۲۰ دقیقه اجرای تمرینات عضبی عضلانی و ۱۰-۵ دقیقه سرد کردن بود (۲۰). دو روز پس از پایان شش هفته تمرینات عضبی عضلانی، دوباره حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا ارزیابی گردید.

برای ارزیابی حس عمقی مفصل زانو، از دستگاه ایزوکتیک بایودکس مدل ۳ (ساخت امریکا) استفاده شد (شکل شماره ۳). در ابتدای جلسه پیش‌آزمون، پای غالب آزمودنی‌ها با آزمون ضربه به توپ مشخص گردید. به‌منظور ارزیابی حس عمقی مفصل زانوی شرکت‌کنندگان، ابتدا به مدت ۵ دقیقه روی دوچرخه ثابت بدون اعمال مقاومت (هر دقیقه ۶۰ رکاب) خود را گرم کردند؛ سپس به مدت ۵ دقیقه حرکات کششی در مفصل زانو و گروه عضلات چهارسر رانی و همسترینگ انجام دادند. برای جلوگیری از تأثیر نیروهای فشاردهنده از طرف لبه صندلی بر پشت زانو، فاصله لبه صندلی از حفره پوپلیتال پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از لقمه خارجی ران به‌عنوان نشانه آناتومیکی برای تعیین موقعیت مفصل زانو استفاده گردید که با برجسی علامت‌گذاری شد. پس از آن، با استفاده از کمر بند تعبیه‌شده روی صندلی دستگاه، فرد در جای خود محکم نگه داشته شد. محور چرخش بازوی اهرم دینامومتر هم‌راستا با محور چرخش زانو و بالشتک بازوی اهرم نیز روی یک‌سوم تحتانی ساق قرار گرفت. با استفاده از حالت دستگاه ایزوکتیک، اهرم دستگاه آزاد گردید تا فرد بتواند آزادانه و فعال آن را حرکت دهد؛ سپس با استفاده از امکانات تعبیه‌شده روی صفحه کنترل دستگاه و نرم‌افزار موجود، دامنه حرکتی اهرم دستگاه و در نتیجه، دامنه اختصاصی هر فرد تعیین شد. لازم به ذکر است، دامنه حرکتی ۰ تا ۱۰۰ برای دستگاه به‌طور اختصاصی تعریف گردید.

جدول شماره ۱. دستورالعمل تمرینات عضبی عضلانی

هفته	تمرین	دوره	تکرار	زمان (ثانیه)	زمان استراحت بین دوره ها (ثانیه)
اول و دوم	پرش جفت پا به ارتفاع ۴۰ سانتی متر و فرود بر روی زمین با چشمان باز	۳	۸	-	۳۰-۴۵ ثانیه
	ایستادن تک پا بر روی زمین با چشمان باز		-	۱۰	
	ایستادن تک پا بر روی زمین با چشمان بسته		-	۱۰	
	اسکات تک پا بر روی زمین با چشمان باز		-	۱۰	
	فرود تک پا از ارتفاع ۴۰ سانتی متر بر روی زمین با چشمان باز		۱۰	-	
	ایستادن تک پا بر روی زمین و ضربه به توپ پرتابی با سر		۱۰	-	
	ایستادن تک پا بر روی زمین و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر		۱۰	-	
	اسکات تک پا بر روی زمین و لمس شیء در فاصله ۵۰ سانتی متری		۳	-	
	ایستادن تک پا بر روی زمین و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف		۴	-	
سوم و چهارم	پرش جفت پا به ارتفاع ۴۰ سانتی متر و فرود بر روی فوم با چشمان باز	۳	۱۰	-	۳۰-۴۵ ثانیه
	ایستادن تک پا بر روی فوم با چشمان باز		-	۱۵	
	ایستادن تک پا بر روی فوم با چشمان بسته		-	۱۵	
	اسکات تک پا بر روی فوم با چشمان باز		-	۱۵	
	فرود تک پا از ارتفاع ۴۰ سانتی متر بر روی فوم با چشمان باز		۱۲	-	
	ایستادن تک پا بر روی فوم و ضربه به توپ پرتابی با سر		۱۲	-	
	ایستادن تک پا بر روی فوم و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر		۱۲	-	
	اسکات تک پا بر روی زمین و لمس شیء در فاصله ۷۵ سانتی متری		۵	-	
	ایستادن تک پا بر روی فوم و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف		۸	-	
پنجم و ششم	پرش جفت پا به ارتفاع ۴۰ سانتی متر و فرود بر روی فوم با چشمان بسته	۳	۱۲	-	۳۰-۴۵ ثانیه
	ایستادن تک پا بر روی تخته تعادل با چشمان باز		-	۲۰	
	ایستادن تک پا بر روی تخته تعادل با چشمان بسته		-	۲۰	
	اسکات تک پا بر روی فوم با چشمان بسته		-	۲۰	
	فرود تک پا از ارتفاع ۴۰ سانتی متر بر روی فوم با چشمان بسته		۱۵	-	
	ایستادن تک پا بر روی تخته تعادل و ضربه به توپ پرتابی با سر		۱۵	-	
	ایستادن تک پا بر روی تخته تعادل و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر		۱۵	-	
	اسکات تک پا بر روی فوم و لمس شیء در فاصله ۷۵ سانتی متری		۷	-	
	ایستادن تک پا بر روی تخته تعادل و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف		۱۲	-	

به طور فعال پای خود را در زاویه هدف (۴۵ درجه) قرار دهند.

پس از آشنایی با روش انجام کار، آزمودنی ها پای خود را از

پس از اینکه همه تنظیمات بالا انجام گردید، از

آزمودنی ها خواسته شد برای آشنا شدن با نحوه انجام آزمون،

زاویه شروع (۹۰ درجه) به جلو حرکت داده و در زاویه هدف قرار دادند. هنگامی که پای شخص به زاویه هدف رسید، دستگاه پا را ثابت می کرد و به مدت پنج ثانیه در این حالت نگه می داشت؛ سپس پای شخص به حالت شروع بازمی گشت و از شخص خواسته می شد، چشمان خود را ببندد و زاویه هدف مدنظر را بازسازی کند و هنگامی که پای خود را در آن زاویه قرار می دهد، کلید کنترل دستگاه را فشار دهد. این عمل ۳ بار تکرار گردید و میانگین خطای بازسازی زاویه به عنوان خطای مطلق بازسازی فعال ثبت شد. لازم به ذکر است، برای همه آزمودنی ها از بازخوردهای کلامی یکسانی استفاده گردید (شکل شماره ۳) (۲۱).

برای ارزیابی حس عمقی میج پا، آزمودنی ها در حالت طاق باز بر روی صندلی مخصوص دستگاه قرار گرفتند، درحالی که پاها موازی با سطح زمین قرار داشت. این عمل باعث شکل گیری راستای صحیح مفاصل بدن و اندام تحتانی می شود و همچنین بخش تحتانی پای آزمودن شونده را به دستگاه ثابت می کند که با متصل شدن به ایزوکتیک می تواند اورشن و اینورشن میج پا را اندازه گیری نماید. این اندازه گیری در حالی انجام گردید که میج پا به اندازه ۲۵ درجه در

پلاتارفلکشن قرار گرفته بود. پس از آنکه پای فرد به خوبی و بر طبق دستورالعمل شرکت سازنده در راستای مناسب دستگاه ثابت شد و به منظور ثابت کردن پا، باندهای دستگاه اطراف بخش پروگزیمال مفصل تیئوفیولار و بخش قدامی پا متصل گردید، از فرد خواسته شد چشمان خود را ببندد تا بازخورد بینایی حذف شود. برای این کار می توان از چشم بند نیز استفاده کرد تا بازخورد بینایی به طور کامل حذف گردد. توانایی بازیابی زاویه فعال مفصل از حالت خنثی (ساب تالار) به سمت دو موقعیت ۱۵ درجه اینورشن و ۱۰ درجه اورشن بررسی شد. برای ارزیابی توانایی بازیابی فعال زاویه مفصل، ابتدا به صورت آزمایشی میج پای فرد در هریک از دو زاویه هدف قرار گرفت تا آزمودنی با زاویه مدنظر آشنا شود؛ سپس فرد پای خود را از حالت خنثی (ساب تالار) به صورت فعال حرکت می دهد و در هریک از زوایای مدنظر نگه می دارد و کلیدی را فشار می دهد. آزمودنی ۶۰ ثانیه فرصت داشت تا هر آزمون را انجام دهد. سرعت نامنظم دستگاه برای جلوگیری از ایجاد مقاومت اضافی بر روی ۵۰۰ درجه در ثانیه تنظیم شد. هر آزمون ۳ بار تکرار گردید و میانگین خطاها به عنوان خطای مطلق برای بررسی ثبت شد (شکل شماره ۴) (۲۲).



شکل شماره ۴. ارزیابی حس عمقی میج پا



شکل شماره ۳. ارزیابی حس عمقی زانو

معناداری برای همه روش های آماری ($P \leq 0.05$) دوسویه در نظر گرفته شده است.

یافته های پژوهش

مشخصات فردی آزمودنی ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در هر گروه، در جدول شماره ۲ ارائه شده است. میان دو گروه در هیچ یک از ویژگی های فردی،

برای محاسبات و تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری خام از نرم افزار SPSS vol.22 استفاده گردید. برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. با تأیید نرمال بودن توزیع داده ها، از روش های آمار استنباطی تحلیل کوواریانس و تی زوجی به منظور تجزیه و تحلیل داده ها استفاده گردید. درضمن سطح اطمینان آزمون ۹۵ درصد و میزان

اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت. با استفاده از آزمون تی مستقل، برابری پیش آزمون متغیرهای حس عمقی زانو و مچ پا در دو گروه کنترل و تجربی بررسی گردید. گروه‌ها در پیش آزمون تفاوت معنی داری نداشتند که نشان دهنده همگن بودن گروه‌ها است ($P > 0.05$) (جدول شماره ۳). از آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه دو گروه در مرحله پس آزمون با کنترل اثر پیش آزمون استفاده شد. نتایج جدول شماره ۴ نشان می‌دهد، در ارزیابی حس عمقی زانو و مچ پا تفاوت معناداری میان دو گروه تجربی و کنترل وجود دارد ($P \leq 0.05$).

جدول شماره ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های عمومی شرکت کنندگان

متغیر	کنترل انحراف معیار $\pm$ میانگین	تجربی انحراف معیار $\pm$ میانگین	P
سن (سال)	۲۴/۱ $\pm$ ۸۳/۹۴	۲۳/۱ $\pm$ ۹۱/۷۸	۰/۲۴
قد (متر)	۱۷۸/۶ $\pm$ ۸۳/۳۰	۱۷۹/۶ $\pm$ ۸۳/۸۹	۰/۷۱
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۱۰ $\pm$ ۹۱/۰۸	۷۹/۸ $\pm$ ۸۳/۴۲	۰/۴۵
BMI	۲۴/۳ $\pm$ ۰۷/۰۱	۲۴/۳ $\pm$ ۷۷/۰۲	۰/۵۷

معنی داری در سطح $P \leq 0.05$

جدول شماره ۳. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه گروه‌ها در پیش آزمون

متغیر	T	DF	P
حس عمقی زانو در ۴۵ درجه	۰/۹۴۹	۲۲	۰/۳۵۳
حس عمقی مچ پا در حرکت اینورشن	۰/۱۶۱	۲۲	۰/۸۷۴
حس عمقی مچ پا در حرکت اورشن	۰/۱۵۵	۲۲	۰/۸۷۸

معنی داری در سطح $P \leq 0.05$

جدول شماره ۴. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه گروه‌ها در متغیر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا

متغیر	گروه	F	مجذور میانگین	P
حس عمقی زانو	پیش آزمون	۱/۲۷۹	۴/۰۹۴	۰/۲۷۱
	گروه	۸/۴۵۴	۲۷/۰۷۰	۰/۰۰۸*
حس عمقی مچ پا در حرکت اینورشن	پیش آزمون	۰/۹۲۹	۱/۵۱۱	۰/۳۴۶
	گروه	۶/۰۸۳	۹/۰۷۷	۰/۰۲۲*
حس عمقی مچ پا در حرکت اورشن	پیش آزمون	۲/۰۳۰	۲/۶۳۷	۰/۱۶۹
	گروه	۵/۱۹۷	۶/۷۵۱	۰/۰۳۳*

*معنی داری در سطح $P \leq 0.05$

برای بررسی تفاوت دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون، به صورت مجزا از آزمون تی زوجی استفاده گردید. نتایج این آزمون در جدول شماره ۵ ارائه شده است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد، شش هفته تمرینات عصبی عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در گروه تجربی تأثیر معنی داری داشته است ($P \leq 0.05$)؛ همچنین در گروه کنترل، میان حس

عمقی مفاصل زانو و مچ پا در پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معنی داری مشاهده نشده است ($P>0.05$).

جدول شماره ۵. نتایج آزمون تی زوجی برای بررسی تأثیر تمرین بر متغیر حس عمقی مفصل مچ پا

متغیر	گروه	میانگین و انحراف استاندارد پیش آزمون	میانگین و انحراف استاندارد پس آزمون	T	p
حس عمقی زانو	تجربی	۵/۱±۹۲/۶۷	۳/۱±۸۳/۶۴	۲/۹۷۱	۰/۰۱۳*
	کنترل	۵/۱±۲۵/۷۶	۵/۱±۸۳/۹۴	۱/۰۷۴	۰/۳۰۶
حس عمقی مچ پا در حرکت اینورشن	تجربی	۲/۱±۴۱/۲۴	۱/۱±۲۵/۱۳	۲/۴۶۲	۰/۰۳۲*
	کنترل	۲/۱±۳۳/۳۰	۲/۱±۵۰/۳۱	۰/۲۷۲	۰/۷۹۱
حس عمقی مچ پا در حرکت اورشن	تجربی	۲/۱±۲۵/۲۸	۱/۰±۱۶/۹۳	۲/۲۳۸	۰/۰۴۷*
	کنترل	۲/۱±۱۶/۳۳	۲/۱±۲۵/۳۵	۰/۱۳۴	۰/۸۹۶

*معنی داری در سطح $P\leq 0.05$

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شش هفته تمرینات عصبی عضلانی بر حس عمقی مفصل زانو و مچ پا در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی تأثیر مثبت داشته است. روش های تمرینی که بر عملکرد تمرینی ورزشکاران تأثیر می گذارند و خطر آسیب های ورزشی را کاهش می دهند، مدت ها مورد توجه علم ورزش در جهان بوده است. تمرینات عصبی عضلانی یکپارچه می تواند تعادل (تنه و اندام)، هماهنگی، قابلیت های تمرینی مانند قدرت انفجاری پا و قابلیت سرعت را بهبود بخشند؛ همچنین به کاهش خطر آسیب کمک می کنند؛ بنابراین، این گونه تمرینات می توانند به ورزشکاران کمک کنند تا وضعیت رقابتی طولانی تری را در عرصه بین المللی تجربه کنند (۲۳). گزارش شده است، فعالیت بدنی سبب بهبود دستگاه عصبی عضلانی و افزایش قدرت عضلانی می شود و حتی اگر فعالیت های ورزشی بدون فشار به عضله باشد و در الگوی صحیح و کامل حرکت انجام گردد، ممکن است اتکای بدن به درون دادهای حسی وارده به دستگاه عصبی مرکزی و حساسیت گیرنده های محیطی را افزایش دهد که در نتیجه آن، حس عمقی بهبود می یابد (۲۴).

تمرینات عصبی عضلانی به عنوان یک برنامه ویژه، با هدف بازگرداندن کنترل حرکت به وسیله افزایش ورودی های

حسی از سراسر بدن، به بهبود عملکرد کمک می کنند (۲۵). تمریناتی نظیر تمرینات عصبی عضلانی نیازمند پاسخ های کنترل حرکتی در سطح ساقه مغز هستند. با استفاده از این تمرینات می توان کنترل حرکت را در همه سطوح آن بهبود داد که این امر از اصول مهم توان بخشی تعادل و حس عمقی است؛ زیرا کنترل حرکتی مناسب نیازمند پاسخ های رفلکسی در سطح نخاع، عکس العمل های وضعیتی و تعادلی خود کار در سطح ساقه مغز و پاسخ های آگاهانه در سطح کورتکس است (۲۶).

نتایج تحقیق حاضر را می توان با نتایج برخی از پژوهش های پیشین همسو دانست که بیانگر تأثیر شیوه های گوناگون تمرین بدنی بر بهبود حس عمقی مفاصل در ورزشکاران است. نتایج پژوهش نوروزی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که هشت هفته تمرین عصبی عضلانی، باعث بهبود مؤلفه های حس وضعیت مفصل زانو در ورزشکاران مرد، با بازسازی رباط صلیبی قدامی می شود؛ همچنین برنامه تمرینی عصبی عضلانی الگوی تمرینی مناسبی برای بهبود هماهنگی بالاتنه و پایین تنه است و می تواند از آسیب مجدد رباط صلیبی قدامی پیشگیری کند (۲۷). هامون گرد و همکاران (۲۰۲۲) گزارش دادند، انجام همزمان تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه شناختی باعث کاهش خطای حس عمقی زانو و بهبود چشمگیر عملکرد در بازیکنان فوتسال با نقص

جنس آزمودنی‌ها و تعداد جلسات متنوع مربوط شود. علل دیگر می‌تواند افراد استفاده‌شده، سطح آمادگی جسمانی آنان و یا حتی زمان و مکان تمرینات متفاوت در مطالعات باشد.

در میان مفاصل بدن، مچ پا به سبب تحمل وزن بدن و تنوع حرکات اهمیت خاصی دارد. این مفصل به کمک بافت‌های نرم و لیگامان‌های اطرافش، حرکت و استحکام مفصل مچ پا را تأمین می‌کند. دقت عملکرد گیرنده‌های حس عمقی در مفصل مچ پا در حفظ عملکرد مناسب این مفصل به‌ویژه در حین فعالیت‌های ورزشی حیاتی است (۳۵). اطلاعات حاصل از گیرنده‌های حس عمقی نقش مهمی در ثبات دینامیک مفاصل و برنامه‌ریزی حرکت برای کنترل عصبی عضلانی دارد و هر عاملی که باعث کاهش دقت عملکرد این حس شود، می‌تواند با اختلال در ثبات مفصلی، سبب افزایش استرس بر مفصل گردد و آن را مستعد بروز آسیب کند (۳۶)؛ همچنین کاهش حس عمقی مفصل مچ پا می‌تواند بر روی تعادل تأثیر منفی بگذارد و آن را کاهش دهد. در مطالعاتی که دربارهٔ ارتباط این دو عامل انجام شد، مشخص گردید که کاهش حس عمقی مفصل مچ پا احتمال آسیب مچ پا و دیگر مفاصل بدن و زمین خوردن فرد را افزایش می‌دهد (۳۷)؛ بنابراین، هر عاملی که باعث نقص عملکرد حس عمقی مچ پا شود، در درجهٔ اول، ثبات مچ پا را کاهش می‌دهد و در نهایت، می‌تواند موجب آسیب مچ پا و دیگر مفاصل گردد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر، اختلاف معناداری میان میزان میانگین خطای حس وضعیت آزمودنی‌های گروه کنترل و تجربی، در پیش و پس از اعمال برنامهٔ عصبی عضلانی مشاهده شد و نشان‌دهندهٔ آن است که این تمرینات باعث بهبود حس عمقی مفصل مچ پای دانشجویان مرد فوتبالیست گردیده است. با توجه به اینکه گیرنده‌های حس عمقی در تنش‌های لحظه‌ای تحریک می‌شوند و می‌توانند بر درک وضعیت مفصل اثرگذار باشند، تمرینات عصبی عضلانی از جمله تمریناتی هستند که از طریق بهبود عملکرد گیرنده‌های مکانیکی و تقویت حلقهٔ بازخوردی عصبی عضلانی، به بهبود عملکرد این حلقهٔ بازخوردی کمک

والگوس پویای زانو شده است (۲۸). علاوه بر این، دارگو و همکاران (۲۰۱۷) در ارائهٔ نتایج تحقیق خود بیان کردند که به نظر می‌رسد که تمرینات عصبی عضلانی و حس عمقی باعث کاهش بروز آسیب زانو و به‌طور خاص رباط صلیبی قدامی می‌شوند، با این حال، هیچ مدرکی نشان نداد که یک گروه خاص از تمرینات بهتر از سایرین است (۲۹). لی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای که تأثیر تمرینات عصبی عضلانی را بر کنترل حرکات چرخشی و حس عمقی سنجیده بودند، بیان داشتند که اجرای این تمرینات حس عمقی آزمودنی‌های گروه تجربی را به‌طور معناداری بهبود بخشیده است (۳۰)؛ همچنین افتخاری و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات قدرتی و پلائیومتریک بر حس عمقی مفصل زانو که به‌صورت فعال و غیرفعال ارزیابی شد، بیان کردند، تمرینات پلائیومتریک به‌طور معناداری هر دو ارزیابی حس عمقی را بهبود بخشیده است، درحالی‌که تمرینات قدرتی در ارزیابی حس عمقی به‌صورت فعال، تغییرات معناداری نشان نداد (۳۱). از علل همخوانی پژوهش حاضر با مطالعات ذکرشده می‌توان به مشابه بودن تمرینات اشاره کرد؛ زیرا برنامهٔ تمرینی به‌کار گرفته‌شده در پژوهش حاضر شامل انواع گوناگونی از تمرین‌های تعادلی، اغتشاشی، تمرینات قدرتی، حس عمقی و پلائیومتریک بوده است.

مطالعاتی دیگری هم وجود دارند که نتایج آن‌ها با یافته‌های مطالعهٔ حاضر همسو نیست. ریبیرو و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین بویت و همکاران (۲۰۰۰) پس از اعمال تمرینات قدرتی، در ارزیابی‌های فعال حس عمقی بهبودی معناداری را گزارش نکرده‌اند (۳۲، ۳۳)؛ همچنین پاهل و همکاران (۲۰۱۵) طی مطالعه‌ای که تأثیر تمرینات حسی حرکتی را بر بازگشت عملکرد حسی حرکتی در بیمارانی بررسی می‌کرد که عمل تعویض مفصل انجام داده‌اند، با بررسی اثر تمرینات بر عملکرد، تعادل ایستا و حس عمقی گزارش کرده‌اند که این تمرینات بر تعادل ایستا و حس عمقی بهبود معناداری را به وجود نمی‌آورند (۳۴). علت احتمالی تفاوت نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به نداشتن توافق نظر دربارهٔ دستورالعمل‌های تمرینی مشخص با مدت، شدت و

می کنند (۳۶). نتایج تحقیق الاحمری و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که شش هفته تمرینات ترکیبی حس عمقی و تقویتی، به طور مؤثری حس عمقی مچ پا را در گروه های مختلف سنی بهبود می بخشد (۳۸)؛ همچنین نتایج پژوهش رجحانی و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی اثر ورزش های تعادلی بر روی حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا و زمان تعادل بر روی یک پا در زنان سالم پرداختند، نشان داد که ورزش های تعادلی به مدت شش هفته می تواند باعث بهبود عملکرد حس عمقی مفاصل مذکور شود (۳۹). واسکانسلوس و همکاران (۲۰۱۸) نیز در تحقیقی بیان کردند، تمرینات تعادلی باعث کاهش بروز آسیب مچ پا در ورزشکاران می گردد و کنترل عصبی عضلانی پویا را در جهت های قدامی، خلفی میانی و خلفی جانبی بهبود می بخشد؛ همچنین به نظر می رسد، تمرینات تعادلی حس عمقی مفصل و نوسانات وضعیتی را نیز بهبود می بخشد (۴۰). صمدی و همکاران (۲۰۱۴) نیز به اثربخشی مثبت شش هفته تمرینات عصبی عضلانی با تخته تعادل و تخته لرزان بر عملکرد پیش خور عضلات مچ پا و بهبود حس وضعیت مچ پا اشاره کرده اند (۴۱). در تحقیق یانگ و متزل (۲۰۱۰) هم عنوان شده است که انجام چهار هفته تمرینات تعادلی بر میزان حس عمقی و همچنین حفظ نوسانات قامتی تأثیر معنادار دارد و سبب بهبود کنترل وضعیت بدن و در نتیجه، موجب بهبود سطح عملکرد می گردد که می تواند از آسیب های اندام تحتانی جلوگیری کند (۴۲). در همه تحقیقات یاد شده، تمرینات تعادلی و عصبی عضلانی باعث بهبود حس عمقی مفصل مچ پا شده است و از آنجاکه پایه و اساس تمرینات عصبی عضلانی را تمرینات تعادلی تشکیل داده اند، نتایج این تحقیقات با تحقیق حاضر همسو است؛ همچنین در میان تحقیقات انجام شده، گزارش های ناهمسوئی با تحقیق حاضر ارائه شده است، چنان که یافته های تحقیق فوجیوارا و همکارانش (۱۹۹۹) با تحقیق حاضر تناقض دارد. برای اندازه گیری حس عمقی مچ پای افراد شرکت کننده در تحقیق حاضر، زاویه شروع اندازه گیری در دامنه ابتدایی حرکت (خشی) انتخاب شد؛ اما در تحقیق فوجیوارا و همکارانش زاویه شروع در دامنه انتهایی حرکت در نظر

گرفته شده است که می تواند علت تناقض با تحقیق حاضر باشد (۴۳).

افزایش توجه را می توان سازوکاری احتمالی برای بهبود حس عمقی در اثر تمرین در نظر گرفت. توجه فرایندی نوروسایکولوژیک است که دستگاه عصبی مرکزی از طریق آن بر اطلاعات دریافتی تأثیر می گذارد (۴۴). در تمرین های عصبی عضلانی سعی شده است که از عضلات اندام تحتانی به صورت زنجیروار استفاده گردد؛ بنابراین، احتمال می رود به کارگیری عضلات در زنجیره های کلی باعث ایجاد بازخورد برای بهبود زاویه بازسازی مفصل و در نهایت، بهبود حس عمقی مفاصل شود (۴۵). تمرینات عصبی عضلانی توجه به علائم حس عمقی را به صورت آگاهانه و ناآگاهانه در مغز افزایش می دهند؛ همچنین از علل دیگر برای توجیه بهبود حس عمقی در اثر تمرین می توان افزایش خروجی دوک های عضلانی به صورت ارادی را بیان کرد که از طریق تغییر کشنگ عضلانی، دقت عمل را افزایش می دهد (۴۶). از محدودیت های مهم مطالعه حاضر می توان به بررسی نکردن تأثیر عوامل روحی روانی، انگیزشی و همچنین نداشتن امکان کنترل خصوصیات محیطی مانند الگوی تغذیه، استراحت و سطح فعالیت شغلی دانشجویان اشاره کرد.

به طور کلی، نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می دهد، تمرینات عصبی عضلانی باعث بهبود حس عمقی در مفاصل زانو و مچ پا شده است و احتمالاً انجام این تمرینات بتواند راهکار مناسبی برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد این آسیب باشد؛ از این رو می توان مربیان را به استفاده از تمرینات عصبی عضلانی برای پیشگیری از این آسیب ترغیب کرد؛ همچنین در تحقیق حاضر تنها بر ارزیابی حس عمقی که یکی از عوامل مؤثر در پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی است، تمرکز شده است؛ لذا محققان علاقه مند می توانند تأثیر تمرینات را بر روی دیگر عوامل تأثیرگذار بر پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مطالعه کنند.

سپاس گذاری

بدین وسیله از همه دانشجویانی که با ما در انجام این

پژوهش همکاری کردند، صمیمانه سپاس گزاریم.

تعارض منافع

بدین وسیله نویسندگان اعلام می نمایند که نتایج این

کد اخلاق: IR.Yazd.Rec.1401.100

References

- García-Luna MA, Cortell-Tormo JM, García-Jaén M, Ortega-Navarro M, Tortosa-Martínez J. Acute effects of ACL injury-prevention warm-up and soccer-specific fatigue protocol on dynamic knee valgus in youth male soccer players. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17:5608. doi: 10.3390/ijerph17155608.
- Farokhi S, Soleymannallah MA, Yousefi M. Evaluation of the Rate of Anterior Cruciate Ligament Injury in Basketball Players and Appropriate Training Patterns to Prevent Non-contact Injury. *JRM* 2022; 10:1110-23. (persian) doi: 10.32598/SJRM.10.6.10
- Arundale AJ, Silvers-Granelli HJ, Myklebust G. ACL injury prevention: Where have we come from and where are we going? *J Orthop Res* 2022; 40:43-54. doi: 10.1002/jor.25058.
- Yoon KH, Yoo JH, Kim K-I. Bone contusion and associated meniscal and medial collateral ligament injury in patients with anterior cruciate ligament rupture. *J Bone Jt Surg Am* Vol 2011; 93:1510-8. doi: 10.2106/JBJS.J.01320.
- Istad BE, Engebretsen L, Storheim K, Risberg MA. Winner of the 2008 systematic review competition: knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 2009; 37:1434-43. doi: 10.1177/0363546509338827.
- Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH, Shamsimajlan A. The Effect of ACL Intervention Programs on the Improvement of Neuromuscular Deficiencies and Reducing the Incidence of ACL Injury (A Review Article). *J Rehab Med* 2015; 4:159-69. (persian) doi: 10.22037/jrm.2015.1100037.
- Zarei M, Eshghi S, Hosseinzadeh M. The effect of a shoulder injury prevention programme on proprioception and dynamic stability of young volleyball players; a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2021; 13:71. doi: 10.1186/s13102-021-00300-5.
- Petersen W, Taheri P, Forkel P, Zantop T. Return to play following ACL reconstruction: a systematic review about strength deficits. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134:1417-28. doi: 10.1007/s00402-014-1992-x.
- Razi M, Sadeghi H, Takamejani EE, Shariatzade M. Effect of lower limb muscle fatigue on knee joint control strategies during landing in young men. *J Rehab Med* 2018; 7:1-0. (persian) doi: 10.22037/jrm.2018.110690.1459.
- Borouhak N, Anbarian M. A Comparison of Time to Peak Torque and Acceleration Time in Elite Karate Athletes. *J Paramed Sci* 2015; 4:69-75. (persian) doi: 10.22038/jpsr.2015.4384.
- Terada M, Pfile KR, Pietrosimone BG, Gribble PA. Effects of chronic ankle instability on energy dissipation in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45:2120-8. doi: 10.1249/mss.0b013e31829a3d0b.
- Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Volpi P. ACL injury in football: a literature overview of the prevention programs. *Muscles Ligaments Tendons J* 2016; 6:473. doi: 10.11138/mltj/2016.6.4.473.
- Söderman K, Werner S, Pietilö T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000; 8:356-63. doi: 10.1007/s001670000147.
- Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. *Elsevier Health Sciences* 2010; p.23-30.
- Rozzi SL, Lephart SM, Sterner R, Kuligowski L. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 29:478-86. doi: 10.2519/jospt.1999.29.8.478.
- de Sire A, Demeco A, Marotta N, Moggio L, Palumbo A, Iona T, et al. Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Exercises: Could a Neuromuscular Warm-Up Improve Muscle Pre-Activation before a Soccer Game? A Proof-of-Principle Study on Professional Football Players. *Appl Sci* 2021; 11:4958. doi: 10.3390/app11114958.
- Nessler T, Denney L, Sampley J. ACL injury prevention: what does research tell us? *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017; 10:281-8. doi: 10.1007/s12178-017-9416-5.
- Fox AS, Bonacci J, McLean SG, Spittle M, Saunders N. A systematic evaluation of field-based screening methods for the assessment of anterior cruciate ligament (ACL) injury risk. *Sports Med* 2016; 46:715-35. doi: 10.1007/s40279-015-0443-3.
- Herrington L, Myer GD, Munro A. Intra and inter-tester reliability of the tuck jump assessment. *Phys Ther Sport* 2013; 14:152-5. doi: 10.1016/j.ptsp.2012.05.005.
- Coito J, Oliveira R, Melo F. Effects of a Neuromotor Reeducation Program on Pos-

- tural Control and Musculoskeletal Injury Incidence of Amateur Football Players. *J Orthop Res Ther* 2016;27-33. doi: 10.29011/2575-8241.000111.
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* 2012;7: e51568. doi: 10.1371/journal.pone.0051568.
 22. Lee AJ, Lin WH. Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clin Biomech* 2008; 23:1065-72. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2008.04.013.
 23. Zhao W, Wang C, Bi Y, Chen L. Effect of Integrative Neuromuscular Training for Injury Prevention and Sports Performance of Female Badminton Players. *BioMed Res Int* 2021;2021. doi: 10.1155/2021/5555853.
 24. Roberts D, Friden T, Stomberg A, Lindstrand A, Moritz U. Bilateral proprioceptive defects in patients with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between patients and healthy individuals. *J Orthop Res* 2000; 18:565-71. doi: 10.1002/jor.1100180408.
 25. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Garrett WE. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 2000; 23:573-8. doi: 10.3928/0147-7447-20000601-15.
 26. Fu AS, Hui-Chan CW. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *Am J Sports Med* 2005; 33:1174-82. doi: 10.1177/0363546504271976.
 27. Norouzi K, Mahdavi Nejad R, Mohammadi M. Effect of core and hip neuromuscular training on knee joint position sense and static balance of male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction. *Sport Med Stud* 2019; 11:109-26. (persian) doi: 10.22089/smj.2019.7591.1379.
 28. Hamoongard M, Hadadnezhad M, Abbasi A. The Effect of Eight Weeks of Neuromuscular Training with Dual Cognitive Tasks on Proprioception and Performance of Futsal Players with Dynamic Knee Valgus Deficit. *BMC Sports Sci Med Rehab* 2022; 14:196. doi: 10.1186/s13102-022-00593-0.
 29. Dargo L, Robinson KJ, Games KE. Prevention of knee and anterior cruciate ligament injuries through the use of neuromuscular and proprioceptive training: an evidence-based review. *J Athl Train* 2017; 52:1171-2. doi: 10.4085/1062-6050-52.12.21.
 30. Lee SJ, Ren Y, Chang AH, Geiger F, Zhang L-Q. Effects of pivoting neuromuscular training on pivoting control and proprioception. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46:1400. doi: 10.1249/MSS.0000000000000249.
 31. Eftekhari, Khayambashi, Minasian, Vazgen, Zadeh Y. Evaluating the effect of eight weeks strength and plyometric trainings on knee joint position sense. *RSMT* 2013;63-73. (persian). doi: 20.1001.1.22520708.1392.0.5.6.7.
 32. Ribeiro F, Oliveira J. Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Arch Gerontol Geriatr* 2010; 51:64-7. doi: 10.1016/j.archger.2009.07.006.
 33. Bouët V, Gahéry Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neurosci Lett* 2000; 289:143-6. doi: 10.1016/S0304-3940(00)01297-0.
 34. Pohl T, Brauner T, Wearing S, Stamer K, Horstmann T. Effects of sensorimotor training volume on recovery of sensorimotor function in patients following lower limb arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord* 2015; 16:1-9. doi: 10.1186/s12891-015-0644-9.
 35. Beyranvand R, Seidi F, Rajabi R, Moradi A. The immediate effect of short-term use of cold spray on ankle joint position sense in healthy individuals. *Res Rehab Sci* 2014; 9:889-98. doi: 10.22122/jrrs.v9i5.1228.
 36. Yelfani, Ali, Ahmadnejad, Leila, Gholami Borojeni, Behnam. The Immediate Effect of Balance Training on Ankle Joint Proprioception in Soccer Players. *J Parmed Sci* 2016; 6:36-43. (persian) doi: 10.22038/jpsr.2017.14355.1312.
 37. Lord SR, Rogers MW, Howland A, Fitzpatrick R. Lateral stability, sensorimotor function and falls in older people. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47:1077-81. doi: 10.1111/j.1532-5415.1999.tb05230.x.
 38. Alahmari KA, Kakaraparthi VN, Reddy RS, Silvian P, Tedla JS, Rengaramanujam K, et al. Combined effects of strengthening and proprioceptive training on stability, balance, and proprioception among subjects with chronic ankle instability in different age groups: evaluation of clinical outcome measures. *Indian J Orthop* 2021; 55:199-208. doi: 10.1007/s43465-020-00192-6.
 39. Rojhani Shirazi Z, Shafae R, Afarinande M. Survey on the effects of balance training on proprioception of knee and ankle joints and equilibrium time in single leg in healthy female students. *JRUMS* 2011; 10: 289-98. (persian). doi: 20.1001.1.17353165.1390.10.4.9.5.
 40. de Vasconcelos GS, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: systematic review and meta-analysis. *Clin*

- Rehabil 2018; 32:1581-90. doi: 10.1177/0269215518788683.
41. Samadi H, Rajabi R, Alizadeh MH, Jamshidi A. Effect of Six Weeks Neuromuscular Training on Dynamic Postural Control and Lower Extremity Function in Male Athletes with Functional Ankle Instability. *Res Sports Med* 2014; 14: 73-90. (persian). doi: 20.1001.1.23221658.1392.5.14.5.9.
 42. Young WK, Metzl JD. Strength training for the young athlete. *Pediatr Ann* 2010; 39:293-9. doi: 10.3928/00904481-20100422-10.
 43. Fujiwara K, Miyaguchi A, Toyama H, Kunita K, Asai H. Starting position of movement and perception of angle of trunk flexion while standing with eyes closed. *Percept Mot Skills* 1999; 89: 279-293. doi: 10.2466/pms.1999.89.1.279.
 44. Ahmad abadi F, Avandi S. The effect of four weeks dynamic warm-up on static and dynamic balance and proprioceptive receptors in skilled female Gymnast. *J Sport Exerc Psychol* 2016; 17:1291-1300. (persian). doi: 10.17795/mejrh-39092.
 45. Karlsson A, Frykberg G. Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clin Biomech* 2000; 15:365-9. doi: 10.1016/S0268-0033(99)00096-0.
 46. Amiri MR, Golpayegani M, Moradi Vastgani F, Mirghasemi M. Effect of Proprioception Training on Pain and Knee Joint Position Sense of Athletes with Genuvalgum. *J Sport Biomech* 2020; 6:170-9. (persian). doi: 10.32598/biomechanics.6.3.3.