Journal of Ilam University of Medical Sciences

P-ISSN: 1563-4728
E-ISSN: 2588-3135

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 Dehcheshmeh [1], Sadredin Shojaedin [1*], Ali Abbasi [1]

[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

A B S T R A C T

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≤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.

© The Author(s)
Publisher: Ilam University of Medical Sciences

مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام
JIUMS
P-ISSN: ۱۵۶۳-۴۷۲۸
E-ISSN: ۲۵۸۸-۳۱۳۵

بررسی تأثیر تمرینات عصبی 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 ده‌چشمه [۱]، صدرالدین شجاع‌الدین [۱*]، علی عباسی [۱]

[۱] گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

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 شجاع‌الدین
گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email:
sa_shojaedin@yahoo.com

چکیده

مقدمه: هدف برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی، اصلاح یا حذف عوامل خطرساز و درنهایت، کاهش آسیب است. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات عصبی عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق نیمه‌تجربی، تعداد ۲۴ نفر از دانشجویان مرد فوتبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی دانشگاه خوارزمی تهران، در سال ۱۳۹۷ به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند. دو روز پیش از شروع تمرینات عصبی عضلانی، از همهٔ آزمودنی‌ها ارزیابی حس عمقی زانو و مچ پا به‌عمل آمد. اعضای گروه تجربی به مدت شش هفته (۳ جلسه در هفته) در برنامهٔ تمرینات عصبی عضلانی شرکت کردند. دو روز پس از پایان تمرینات، همهٔ آزمودنی‌ها دوباره ارزیابی گردیدند. داده‌ها با آزمون‌های آماری شاپیروویلک، تحلیل کوواریانس و تی زوجی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS vol.22 تجزیه‌وتحلیل شدند ($P\leq0.05$).

یافته‌های پژوهش: در این مطالعه، از میان ۲۴ دانشجو مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی، ۱۲ نفر به مدت ۶ هفته به اجرای تمرینات عصبی 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 عصبی عضلانی، در مقایسه با گروه کنترل به‌طور معنی‌داری بهبود یافته است ($P\leq0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های تحقیق، استفاده از تمرینات عصبی عضلانی را می‌توان به‌منظور بهبود حس عمقی مفاصل زانو، مچ پا و درنهایت، پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: تمرینات عصبی عضلانی، حس عمقی، فوتبالیست، رباط صلیبی قدامی

استناد: محمدی ده‌چشمه ، رضا؛ شجاع‌الدین، صدرالدین؛ عباسی ، علی. بررسی تأثیر تمرینات عصبی 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؛۳۱(۴): ۲۲-۳۵.

CC BY NC

مقدمه

بخش پایین‌تنه در همهٔ 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 گزارش‌شده است (۲). تقریباً سالیانه ۲۰۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰ آسیب رباط صلیبی قدامی در ایالات‌متحده امریکا رخ می‌دهد که هزینهٔ هر عمل جراحی بیش از ۱۳۰۰۰ دلار است (۳). آسیب رباط صلیبی قدامی یک نگرانی اصلی در زمینهٔ پزشکی ورزشی است. افرادی که دچار اختلال رباط صلیبی قدامی میشوند، اختلالات عملکردی مختلفی را تجربه می‌کنند؛ ازجمله ناتوانی در کاهش سرعت، پرش، چرخش و انجام سایر حرکات پویایی که در ورزش حیاتی هستند (۴). یک مرور سامانمند که درمجموع روی ۳۱ مطالعه انجام شد، نشان داد ۴۸ درصد از شیوع استئوآرتریت زانو بیش از ۱۰ سال پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی اتفاق می‌افتد (۵). علاوه بر این، پس از بازسازی و توان‌بخشی 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 خطرساز و درنهایت، کاهش آسیب است. منظور از عوامل خطرساز، عوامل خطرساز عصبی عضلانی هستند که با تمرینات ویژهٔ 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 غیرتماسی رباط صلیبی قدامی را افزایش دهد (۱۱).

مهم است به یاد داشته باشیم، عواملی بروز آسیب رباط صلیبی قدامی متعددند؛ به همین علت، ارائهٔ یک برنامهٔ پیشگیرانه که بتواند از همهٔ 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 ساقهٔ مغز هستند؛ اما با استفاده از تمرینات عصبی عضلانی می‌توان کنترل حرکت را در همهٔ سطوح آن بهبود بخشید که این امر از اصول مهم توان‌بخشی حس عمقی است (۱۵).

نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که یک برنامهٔ تمرینی عصبی عضلانی ممکن است زمان فعال شدن عضلات تثبیت‌کنندهٔ زانو را بهبود بخشد. به‌نظر می‌رسد، این اثر به سبب بهبود واکنش‌پذیری عضله از طریق دوک عضلانی است که به‌سرعت آشفتگی‌های 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 موردنیاز است (۱۷).

بدین سبب که اختلال در حس عمقی مچ پا از

ریسک‌فاکتورهای آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی است (۱۱)، کمتر مطالعه‌ای تأثیر تمرینات عصبی 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 دامنهٔ 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 عصبی 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. جامعهٔ 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 دربارهٔ ویژگی‌های شخصی (قد، وزن، سن و شاخص تودهٔ بدنی)، سابقهٔ آسیب (سازوکار آسیب، ناحیهٔ درگیر در آسیب و زمان آسیب‌دیدگی) و سابقهٔ ورزشی آزمودنی‌ها بود. معیارهای ورودی آزمودنی‌ها شامل حداقل ۳ سال سابقه در رشتهٔ ورزشی فوتبال، دامنهٔ سنی بین ۲۰ تا ۳۰ سال، شاخص تودهٔ 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 برنامهٔ تمرینی سه جلسه در هفته و تمایل نداشتن به ادامهٔ مشارکت در تحقیق بود. افرادی که شرایط ورود به تحقیق را داشتند، با آزمون پرش تاک (jump test Tuck) تحت غربالگری قرار گرفتند (شکل شمارهٔ ۱). از آزمون پرش تاک برای تشخیص افراد مستعد آسیب لیگامان متقاطع قدامی استفاده گردید (۱۸). تحقیقات انجام‌شده نشان داده‌اند، هنگامی‌که آزمون پرش تاک از روی ویدئو تجزیه‌وتحلیل 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 جزییات پرش استفاده گردید (شکل شمارهٔ 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، به‌عنوان افراد دارای نقص عملکردی انتخاب و وارد تحقیق شدند (۱۸).

شکل شماره ۱. آزمون پرش تاک

شکل شماره ۲. بررسی جزئیات پرش تاک با نرم‌فزار 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 ادامهٔ همکاری انصراف دهند. افراد واجد شرایط تحقیق به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند؛ سپس پیش‌آزمون ارزیابی

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 برنامهٔ تمرینات عصبی عضلانی پرداختند. برنامهٔ تمرینات عصبی عضلانی به تأیید پزشک متخصص رسیده بود. در تمام طول اجرای تمرینات، محقق حضور داشت و همهٔ مراحل تحقیق بر اساس مصوبهٔ اخلاق در پژوهش دانشگاه خوارزمی تهران انجام شد (کد اخلاق: IR-KHU.KRC.1000.167).

مطابق با برنامهٔ تمرینی کویتو و همکاران (۲۰)، شش هفته تمرینات عصبی عضلانی، ترکیبی از تمرینات ویژه رشتهٔ ورزشی، چابکی، تعادلی، اغتشاشی، تمرینات قدرتی، حس عمقی و پلایومتریک 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 دو شیء در فواصل مختلف، ایستادن تک‌پا و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف بودند (جدول شمارهٔ ۱). برای افزایش ناپایداری سطوح از فوم پایدار و تختهٔ تعادل فریمن استفاده شد. شدت و درجهٔ سختی برای هر تمرین طی ۳ مرحلهٔ 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 هفتهٔ اول و دوم با شدت ۱ (سبک)، هفتهٔ سوم و چهارم با شدت ۲ (متوسط) و هفتهٔ پنجم و ششم با شدت ۳ (سخت) انجام گردید. به‌منظور اثربخشی تمرینات در طول دورهٔ 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 عصبی عضلانی و ۱۰-۵ دقیقه سرد کردن بود (۲۰). دو روز پس از پایان شش هفته تمرینات عصبی عضلانی، دوباره حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا ارزیابی گردید.

برای ارزیابی حس عمقی مفصل زانو، از دستگاه ایزوکنتیک بایودکس مدل ۳ (ساخت امریکا) استفاده شد (شکل شمارهٔ ۳). در ابتدای جلسهٔ پیش‌آزمون، پای غالب آزمودنی‌ها با آزمون ضربه به توپ مشخص گردید. به‌منظور ارزیابی حس عمقی مفصل زانوی شرکت‌کنندگان، ابتدا به مدت ۵ دقیقه روی دوچرخهٔ 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 لبهٔ صندلی بر پشت زانو، فاصلهٔ لبهٔ صندلی از حفرهٔ پوپلیتئال پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از لقمهٔ خارجی ران به‌عنوان نشانهٔ آناتومیکی برای تعیین موقعیت مفصل زانو استفاده گردید که با برچسبی علامت‌گذاری شد. پس از آن، با استفاده از کمربند 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 ایزوکنتیک، اهرم دستگاه آزاد گردید تا فرد بتواند آزادانه و فعال آن را حرکت دهد؛ سپس با استفاده از امکانات تعبیه‌شده روی صفحهٔ کنترل دستگاه و نرم‌افزار موجود، دامنهٔ حرکتی اهرم دستگاه و درنتیجه، دامنهٔ اختصاصی هر فرد تعیین شد. لازم به ذکر است، دامنهٔ حرکتی ۰ تا ۱۰۰ برای دستگاه به‌طور اختصاصی تعریف گردید.

جدول شماره ۱. دستورالعمل تمرینات عصبی عضلانی

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

پس از اینکه همهٔ تنظیمات بالا انجام گردید، از آزمودنی‌ها خواسته شد برای آشنا شدن با نحوهٔ انجام آزمون، به‌طور فعال پای خود را در زاویهٔ هدف (۴۵ درجه) قرار دهند. پس از آشنایی با روش انجام کار، آزمودنی‌ها پای خود را از

زاویهٔ شروع (۹۰ درجه) به جلو حرکت داده و در زاویهٔ هدف قرار دادند. هنگامی‌که پای شخص به زاویهٔ هدف رسید، دستگاه پا را ثابت می‌کرد و به مدت پنج ثانیه در این حالت نگه می‌داشت؛ سپس پای شخص به حالت شروع بازمی‌گشت و از شخص خواسته می‌شد، چشمان خود را ببندد و زاویهٔ هدف مدنظر را بازسازی کند و هنگامی‌که پای خود را در آن زاویه قرار می‌دهد، کلید کنترل دستگاه را فشار دهد. این عمل ۳ بار تکرار گردید و میانگین خطای بازسازی زاویه به‌عنوان خطای مطلق بازسازی فعال ثبت شد. لازم به ذکر است، برای همهٔ آزمودنی‌ها از بازخوردهای کلامی یکسانی استفاده گردید (شکل شمارهٔ ۳) (۲۱).

برای ارزیابی حس عمقی مچ پا، آزمودنی‌ها در حالت طاق‌باز بر روی صندلی مخصوص دستگاه قرار گرفتند، درحالی‌که پاها موازی با سطح زمین قرار داشت. این عمل باعث شکل‌گیری راستای صحیح مفاصل بدن و اندام تحتانی می‌شود و همچنین بخش تحتانی پای آزمون‌شونده را به دستگاه ثابت می‌کند که با متصل شدن به ایزوکنتیک می‌تواند اورشن و اینورشن مچ پا را اندازه‌گیری نماید. این اندازه‌گیری در حالی انجام گردید که مچ پا به‌اندازهٔ ۲۵ درجه در پلانتارفلکشن قرار گرفته بود. پس از آنکه پای فرد به‌خوبی و بر طبق دستورالعمل شرکت سازنده در راستای مناسب دستگاه ثابت شد و به‌منظور ثابت کردن پا، باندهای دستگاه اطراف بخش پروگزیمال مفصل تیبیوفیبولار و بخش قدامی پا متصل گردید، از فرد خواسته شد چشمان خود را ببندد تا بازخورد بینایی حذف شود. برای این کار می‌توان از چشم‌بند نیز استفاده کرد تا بازخورد بینایی به‌طور کامل حذف گردد. توانایی بازیابی زاویهٔ 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 زاویهٔ مفصل، ابتدا به‌صورت آزمایشی مچ پای فرد در هریک از دو زاویهٔ هدف قرار گرفت تا آزمودنی با زاویهٔ مدنظر آشنا شود؛ سپس فرد پای خود را از حالت خنثی (ساب تالار) به‌صورت فعال حرکت می‌دهد و در هریک از زوایای مدنظر نگه می‌دارد و کلیدی را فشار می‌دهد. 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 به‌عنوان خطای مطلق برای بررسی ثبت شد (شکل شمارهٔ ۴) (۲۲).

شکل شماره ۳. ارزیابی حس عمقی زانو

شکل شماره ٤. ارزیابی حس عمقی مچ پا

برای محاسبات و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات آماری خام از نرم‌افزار SPSS vol.22 استفاده گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. با تأیید نرمال بودن توزیع داده ها، از روش‌های آمار استنباطی تحلیل کوواریانس و تی زوجی به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده گردید. درضمن سطح اطمینان آزمون ۹۵ درصد و میزان معناداری برای همهٔ روش‌های آماری ($P\leq0.05$) دوسویه در نظر گرفته‌شده است.

یافته های پژوهش

مشخصات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ بدنی در هر گروه، در جدول شمارهٔ ۲ ارائه‌شده است. میان دو گروه در هیچ‌یک از ویژگی‌های فردی،

اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. با استفاده از آزمون تی مستقل، برابری پیش‌آزمون متغیرهای حس عمقی زانو و مچ پا در دو گروه کنترل و تجربی بررسی گردید. گروه‌ها در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری نداشتند که نشان‌دهندهٔ همگن بودن گروه‌ها است (P>0.05) (جدول شمارهٔ ۳). از آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسهٔ دو گروه در مرحلهٔ پس‌آزمون با کنترل اثر پیش‌آزمون استفاده شد. نتایج جدول شمارهٔ ۴ نشان می‌دهد، در ارزیابی حس عمقی زانو و مچ پا تفاوت معناداری میان دو گروه تجربی و کنترل وجود دارد (P≤0.05).

جدول شماره ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های عمومی شرکت‌کنندگان

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

معنی‌داری در سطح P≤0.05

جدول شماره ۳. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسهٔ گروه‌ها در پیش‌آزمون

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

معنی‌داری در سطح P≤0.05

جدول شماره ٤. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسهٔ گروه‌ها در متغیر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا

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

*معنی‌داری در سطح P≤0.05

برای بررسی تفاوت دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، به‌صورت مجزا از آزمون تی زوجی استفاده گردید. نتایج این آزمون در جدول شمارهٔ ۵ ارائه‌شده است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد، شش هفته تمرینات عصبی عضلانی بر حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا در گروه تجربی تأثیر معنی‌داری داشته است (P≤0.05)؛ همچنین در گروه کنترل، میان حس

عمقی مفاصل زانو و مچ پا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری 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 پیش‌آزمون	میانگین و انحراف استاندارد پس‌آزمون	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

*معنی‌داری در سطح P≤0.05

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعهٔ 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. روش‌های تمرینی که بر عملکرد تمرینی ورزشکاران تأثیر می‌گذارند و خطر آسیب‌های ورزشی را کاهش می‌دهند، مدت‌ها مورد توجه علم ورزش در جهان بوده است. تمرینات عصبی عضلانی یکپارچه می‌تواند تعادل (تنه و اندام)، هماهنگی، قابلیت‌های تمرینی مانند قدرت انفجاری پا و قابلیت سرعت را بهبود بخشند؛ همچنین به کاهش خطر آسیب کمک می‌کنند؛ بنابراین، این‌گونه تمرینات می‌توانند به ورزشکاران کمک کنند تا وضعیت رقابتی طولانی‌تری را در عرصهٔ بین‌المللی تجربه کنند (۲۳). گزارش‌شده است، فعالیت بدنی سبب بهبود دستگاه عصبی عضلانی و افزایش قدرت عضلانی می‌شود و حتی اگر فعالیت‌های ورزشی بدون فشار به عضله باشد و در الگوی صحیح و کامل حرکت انجام گردد، ممکن است اتکای بدن به درون‌دادهای حسی وارده به دستگاه عصبی مرکزی و حساسیت گیرنده‌های محیطی را افزایش دهد که درنتیجهٔ آن، حس عمقی بهبود می‌یابد (۲۴).

تمرینات عصبی عضلانی به‌عنوان یک برنامهٔ ویژه، با هدف بازگرداندن کنترل حرکت به‌وسیلهٔ افزایش ورودی‌های حسی از سراسر بدن، به بهبود عملکرد کمک می‌کنند (۲۵). تمریناتی نظیر تمرینات عصبی عضلانی نیازمند پاسخ‌های کنترل حرکتی در سطح ساقهٔ مغز هستند. با استفاده از این تمرینات می‌توان کنترل حرکت را در همهٔ سطوح آن بهبود داد که این امر از اصول مهم توان‌بخشی تعادل و حس عمقی است؛ زیرا کنترل حرکتی مناسب نیازمند پاسخ‌های رفلکسی در سطح نخاع، عکس‌العمل‌های وضعیتی و تعادلی خودکار در سطح ساقهٔ مغز و پاسخ‌های آگاهانه در سطح کورتکس است (۲۶).

نتایج تحقیق حاضر را می‌توان با نتایج برخی از پژوهش‌های پیشین همسو دانست که بیانگر تأثیر شیوه‌های 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 مؤلفه‌های حس وضعیت مفصل زانو در ورزشکاران مرد، با بازسازی رباط صلیبی قدامی می‌شود؛ همچنین برنامهٔ تمرینی عصبی عضلانی الگوی تمرینی مناسبی برای بهبود هماهنگی بالاتنه و پایین‌تنه است و می‌تواند از آسیب مجدد رباط صلیبی قدامی پیشگیری کند (۲۷). هامون‌گرد 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

والگوس پویای زانو شده است (۲۸). علاوه بر این، دارگو و همکاران (۲۰۱۷) در ارائهٔ نتایج تحقیق خود بیان کردندف به نظر می‌رسد که تمرینات عصبی عضلانی و حس عمقی باعث کاهش بروز آسیب زانو و به‌طور خاص رباط صلیبی قدامی می‌شوند، بااین‌حال، 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 پلایومتریک بر حس عمقی مفصل زانو که به‌صورت فعال و غیرفعال ارزیابی شد، بیان کردند، تمرینات پلایومتریک 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 پلایومتریک بوده است.

مطالعاتی دیگری هم وجود دارند که نتایج آن‌ها با یافته‌های مطالعهٔ حاضر همسو نیست. ریبریو و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین بویت و همکاران (۲۰۰۰) پس از اعمال تمرینات قدرتی، در ارزیابی‌های فعال حس عمقی بهبودی معناداری را گزارش نکرده‌اند (۳۳، ۳۲)؛ 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 توافق‌نظر دربارهٔ دستورالعمل‌های تمرینی مشخص با مدت، شدت و 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 درنهایت، 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 ازجمله تمریناتی هستند که از طریق بهبود عملکرد گیرنده‌های مکانیکی و تقویت حلقهٔ بازخوردی عصبی عضلانی، به بهبود عملکرد این حلقهٔ بازخوردی کمک

می‌کنند (۳۶). نتایج تحقیق الاحمری و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که شش هفته تمرینات ترکیبی حس عمقی و تقویتی، به‌طور مؤثری حس عمقی مچ پا را در گروه‌های مختلف سنی بهبود می‌بخشد (۳۸)؛ همچنین نتایج پژوهش رجحانی و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی اثر ورزش‌های تعادلی بر روی حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا و زمان تعادل بر روی یک‌پا در زنان سالم پرداختند، نشان داد که ورزش‌های تعادلی به مدت شش هفته می‌تواند 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 می‌گردد و کنترل عصبی عضلانی پویا را در جهت‌های قدامی، خلفی میانی و خلفی جانبی بهبود می‌بخشد؛ همچنین به‌نظر می‌رسد، تمرینات تعادلی حس عمقی مفصل و نوسانات وضعیتی را نیز بهبود می‌بخشند (۴۰). صمدی و همکاران (۲۰۱۴) نیز به اثربخشی مثبت شش هفته تمرینات عصبی عضلانی با تختهٔ تعادل و تختهٔ لرزان بر عملکرد پیش‌خور عضلات مچ پا و بهبود حس وضعیت مچ پا اشاره کرده‌اند (۴۱). در تحقیق یانگ و متزل (۲۰۱۰) هم عنوان‌شده 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 درنتیجه، موجب بهبود سطح عملکرد می‌گردد که می‌تواند از آسیب‌های اندام تحتانی جلوگیری کند (۴۲). در همهٔ تحقیقات یادشده، تمرینات تعادلی و عصبی عضلانی باعث بهبود حس عمقی مفصل مچ پا شده است و ازآنجاکه پایه و اساس تمرینات عصبی عضلانی را تمرینات تعادلی تشکیل داده‌اند، نتایج این تحقیقات با تحقیق حاضر همسو است؛ همچنین در میان تحقیقات انجام‌شده، گزارش‌های ناهمسویی با تحقیق حاضر ارائه‌شده است، چنان‌که یافته‌های تحقیق فوجیوارا و همکارانش (۱۹۹۹) با تحقیق حاضر تناقض دارد. برای اندازه‌گیری حس عمقی مچ پای افراد شرکت‌کننده در تحقیق حاضر، زاویهٔ شروع اندازه‌گیری در دامنهٔ ابتدایی حرکت (خنثی) انتخاب شد؛ اما در تحقیق فوجیوارا و همکارانش زاویهٔ شروع در دامنهٔ انتهایی حرکت در نظر گرفته‌شده است که می‌تواند علت تناقض با تحقیق حاضر باشد (۴۳).

افزایش توجه را می‌توان 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 می‌گذارد (۴۴). در تمرین‌های عصبی عضلانی سعی شده است که از عضلات اندام تحتانی به‌صورت زنجیروار استفاده گردد؛ بنابراین، احتمال می‌رود به‌کارگیری عضلات در زنجیره‌های کلی باعث ایجاد بازخورد برای بهبود زاویهٔ بازسازی مفصل و درنهایت، بهبود حس عمقی مفاصل شود (۴۵). تمرینات عصبی عضلانی توجه به علائم حس عمقی را به‌صورت آگاهانه و ناآگاهانه در مغز افزایش می‌دهند؛ همچنین از علل دیگر برای توجیه بهبود حس عمقی در اثر تمرین می‌توان افزایش خروجی دوک‌های عضلانی به‌صورت ارادی را بیان کرد که از طریق تغییر کشنگ عضلانی، دقت عمل را افزایش می‌دهد (۴۶). از محدودیت‌های مهم مطالعهٔ حاضر می‌توان 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.

به‌طورکلی، نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می‌دهد، 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؛ ازاین‌رو می‌توان 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 علاقه‌مند می‌توانند تأثیر تمرینات را بر روی دیگر عوامل تأثیرگذار بر پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مطالعه کنند.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از همهٔ دانشجویانی که با ما در انجام این

پژوهش همکاری کردند، صمیمانه سپاس گزاریم.

تعارض منافع

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌نمایند که نتایج این پژوهش با منافع هیچ سازمان یا افرادی تعارض ندارد.

کد اخلاق: IR.Yazd.Rec.1401.100

References

1. 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.
2. Farokhi S, Soleymanfallah 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
3. 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.
4. Yoon KH, Yoo JH, Kim K-I. Bone contusion and associated meniscal and medial collate ral 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.
5. iestad 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Boroushak 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. Elsevier Health Sciences 2010; p.23-30.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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 effact 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 ImmediateEffect 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, Shafaee 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 andperception of angle of trunk flexion whilestanding 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.