

Research Paper

The Role of Knee and Ankle Joint Stiffness in Predicting the Occurrence of Patellofemoral Pain Syndrome: A Prospective Study



*Effat Hoseinzadeh¹, Mansour Eslami², Mohammad Taghipour³

1. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Birjand University, Birjand, Iran.
2. Department of Sport Biomechanics and Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mazandaran of University, Babolsar, Iran.
3. Department of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran.



Citation Hoseinzadeh E, Eslami M, Taghipour M. The Role of Knee and Ankle Joint Stiffness in Predicting the Occurrence of Patellofemoral Pain Syndrome: A Prospective Study. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(5):1034-1047. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3232>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3232>

ABSTRACT

Background and Aims Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is one of the most common overuse injuries with unknown risk factors and an important cause of anterior knee pain in active people. The joint stiffness is a modifiable mechanical factor that may be related to PFPS. This study aims to investigate the role of ankle and knee joints stiffness in the occurrence of PFPS in active people.

Methods In the present study, 80 physical education students (50 females and 30 males) were selected from the University of Mazandaran, Iran, using a convenience sampling method. Before the start of their physical education training sessions, the stiffness of their knee and ankle joints was measured for both legs during running. During the training sessions, injured people were diagnosed, and the type of injury was recorded by an orthopedic physician. At the end of the training period, which lasted one academic semester, the students were divided into two groups, injured and uninjured. The independent t-test was used to compare knee and ankle stiffness between two injured and non-injured groups. Binary logistic regression analysis was used to investigate the role of knee and ankle joint stiffness in predicting the PFPS occurrence.

Results There was a significant difference between the two groups in ankle joint stiffness ($P=0.01$), but no significant difference was observed in knee joint stiffness ($P=0.104$). The injured people had significantly more ankle joint stiffness than the uninjured people. The results of binary logistic regression analysis showed that ankle joint stiffness could predict the occurrence of PFPS ($P=0.01$). For every one unit increase in ankle joint stiffness, the risk of PFPS increases by 3.6 units.

Conclusion The ankle joint stiffness can predict the PFPS occurrence in active people. Therefore, people with higher ankle joint stiffness are more likely to suffer from the PFPS. This research can provide important information to coaches and team doctors in PFPS management and treatment.

Keywords Lower extremity stiffness, Overuse injuries, Active people

Received: 26 Nov 2023

Accepted: 23 Jun 2024

Available Online: 21 Nov 2024

* Corresponding Author:

Effat Hoseinzadeh, PhD.

Address: Department of Sport Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Birjand University, Birjand, Iran.

Tel: +98 (915) 1633247

E-Mail: hoseinzadeh.effat@birjand.ac.ir



Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is one of the most common knee injuries. The risk factors and the mechanism of this injury are not well known. Joint stiffness is one of the biomechanical parameters that can change with the occurrence of some soft and hard tissue damages in the lower limbs. Most of the studies on the lower-extremity stiffness and the occurrence of PFPS are retrospective. Prospective studies in this field are limited. On the other hand, no research has been conducted to examine the role of lower-extremity stiffness in the occurrence of PFPS. Therefore, the current study aims to examine the role of knee and ankle joint stiffness in the occurrence of PFPS in order to take an important step in reducing the prevalence of this syndrome and improving treatment methods.

Materials and Methods

In the present study, 80 physical education students (50 females and 30 males) were selected from the University of Mazandaran, Iran, according to the entry and exit criteria. The entry criteria were being a first-semester physical education student, age 19-25 years, and body mass index (BMI) of 20-30 kg/m². Exit criteria were no postural, musculoskeletal, or lower-extremity deformities, according to an orthopedic physician. The stiffness of the ankle and knee joints in both legs was measured by a motion analysis system and six cameras during running in three correct attempts. To calculate the stiffness, we used the changes in angular displacement and joint moment. Then, the students performed the training based on their weekly physical education curriculum at the university. Injured people were taken to the medical center during training sessions and the type of injury was diagnosed by an orthopedic doctor. After completing the semester and training sessions, people were divided into two injured and uninjured groups. People who had any injuries other than PFPS were excluded. The independent t-test was used to compare the leg joint stiffness of injured and uninjured groups, and the logistic regression analysis was used to investigate the role of leg joint stiffness in predicting the occurrence of PFPS.

Results

The results showed that during four months of training sessions, of 80 people assessed, 34 were injured, of whom 12 suffered from PFPS and the rest had other injuries that

were removed. The results of comparing the demographic information between the two groups showed no significant difference in age ($P=0.871$), height ($P=0.285$), or BMI ($P=0.406$). The paired t-test results showed no significant difference between the knee stiffness ($P=0.209$) and ankle ($P=0.1$) joints in the left and right legs of the injured people. The results of the independent t-test showed that the mean stiffness of the ankle joint in injured people was significantly higher than in uninjured people ($t=2.54$, $P=0.014$), but there was no significant difference in the mean knee joint stiffness between the injured and uninjured groups ($P=0.158$). The results of binary logistic regression analysis showed that ankle joint stiffness could predict the occurrence of PFPS ($df=1$, $X^2=8.97$, $P=0.01$), but the knee joint stiffness could not predict the injury ($P=0.104$). For every one unit increase in ankle joint stiffness, the risk of PFPS increases by 3.6 units.

Conclusion

Active people with higher ankle stiffness are prone to PFPS. To reduce the prevalence of PFPS, ankle joint stiffness should be considered in screening before entering sports programs. Ankle joint stiffness is a changeable mechanical variable. Understanding modifiable risk factors, such as ankle joint stiffness, can greatly help improve the design of exercise programs to prevent PFPS.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by Research Ethics Committee of [University of Mazandaran](#) Babolsar, Iran (Code: IR.UMZ.REC.1397.009).

Funding

This study was extracted from the doctoral thesis of Effat Hoseinzadeh at the Department of Physical Education and Sport Sciences, [University of Mazandaran](#), Babolsar, Iran.

Authors' contributions

Investigation, methodology, data collection, data analysis, software and writing: Effat Hoseinzadeh; Project management, methodology, writing and editing: Mansour Eslami; Methodology, resources and editing: Mohammad Taghipour.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the officials of the Biomechanics Laboratory of the Faculty of Physical Education and Sports Sciences, [University of Mazandaran](#), for providing us with Kamal's laboratory.



مقاله پژوهشی

بررسی نقش سفتی مفاصل زانو و مچ پا در پیش‌بینی وقوع سندرم درد کشکی رانی طی یک پژوهش آینده‌نگر

* عفت حسین‌زاده^۱، منصور اسلامی^۲، محمد تقی‌پور^۳

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابل، ایران.

۳. گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Hoseinzadeh E, Eslami M, Taghipour M. The Role of Knee and Ankle Joint Stiffness in Predicting the Occurrence of Patellofemoral Pain Syndrome: A Prospective Study. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(5):1034-1047. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3232>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3232>

چکیده

مقدمه و اهداف سندرم درد کشکی رانی یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد و علت مهم درد قدامی زانو در افراد فعال است که عوامل خطرزای آن ناشناخته مانده است. از طرف دیگر سفتی مفاصل یکی از متغیرهای مکانیکی تغییرپذیر بوده که ممکن است با وقوع آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد مرتبط باشد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی نقش سفتی مفاصل زانو و مچ پا در پیش‌بینی سندرم درد کشکی رانی بود.

مواد و روش‌ها ۸۰ نفر از دانشجویان تربیت‌بدنی (۵۰ زن، ۳۰ مرد) به شیوه در دسترس انتخاب و قبل از شروع جلسات تمرینی سفتی دو مفصل زانو و مچ پای آن‌ها برای هر دو پا طی مهارت دوییدن اندازه‌گیری شد. در طی جلسات تمرینی افراد آسیب‌دیده توسط پزشک ارتوپد معاینه و نوع آسیب ثبت شد. در انتهای زمان اجرای پژوهش که معادل ۱ ترم تحصیلی بود افراد به ۲ گروه آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده تقسیم شدند. از آزمون تی مستقل برای مقایسه سفتی پای افراد آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده و از آزمون رگرسیون لجستیک برای بررسی نقش سفتی پا در پیش‌بینی وقوع این سندرم استفاده شد.

یافته‌ها نتایج آماری نشان داد میانگین سفتی مچ پا بین ۲ گروه آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با هم داشت ($P=0/01$)، اما در میزان سفتی مفصل زانو تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P=0/104$). آنالیز رگرسیون لجستیک نشان داد در افراد آسیب‌دیده مقدار سفتی مچ پای قبل از آسیب به میزان قابل‌توجهی از گروه آسیب‌دیده بیشتر بود، بنابراین می‌توان گفت سفتی مچ پا یک عامل خطرزا در ایجاد این سندرم است.

نتیجه‌گیری سفتی مفصل مچ پا می‌تواند وقوع سندرم درد کشکی رانی را پیش‌بینی کند. احتمال وقوع سندرم درد کشکی رانی در افراد با سفتی مفصل مچ پای بالاتر به میزان قابل‌توجهی بیشتر از افراد دیگر است. این پژوهش می‌تواند اطلاعات مهمی در زمینه مدیریت بروز آسیب و درمان آن در اختیار مربیان و پزشکان تیم قرار دهد.

کلیدواژه‌ها سفتی اندام تحتانی، آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد، افراد فعال

تاریخ دریافت: ۰۵ آذر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۰۳ تیر ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۰۱ آذر ۱۴۰۳

* نویسنده مسئول:

دکتر عفت حسین‌زاده

نشانی: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۱۶۳۳۲۴۷ (۹۱۵) ۹۸+

رایانامه: hoseinzadeh.affat@birjand.ac.ir



Copyright © 2024 The Author(s).

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

کند [۱۷]. براین اساس تحقیقات قبلی این فرضیه را مطرح کردند که سفتی بیش از حد باعث افزایش بار اعمال شده به سیستم عضلانی اسکلتی می‌شود. بنابراین احتمال وقوع آسیب‌های بافت سخت را افزایش می‌دهد. در حالی که سطوح سفتی بسیار پایین باعث حرکت بیش از حد مفصل شده و در نتیجه خطر آسیب بافت نرم در اطراف مفصل را افزایش می‌دهد [۹، ۱۰، ۱۸]. بنابراین یک سطح بهینه‌ای برای سفتی وجود دارد که در آن احتمال وقوع آسیب به حداقل می‌رسد. اثبات درستی یا نادرستی این فرضیه و تأیید رابطه بین سفتی و آسیب تاکنون ناشناخته مانده که مستلزم انجام پژوهش‌های آینده‌نگری است که بتواند نقش سفتی را در ایجاد آسیب بررسی کند.

پژوهش‌های آینده‌نگر انجام شده در زمینه همه پارامترهای سفتی و آسیب محدود بوده و تنها ۱ پژوهش آینده‌نگر رابطه بین سفتی مفاصل و آسیب‌های مرتبط با دویدن را مورد بررسی قرار داده و گزارش کرده هیچ رابطه‌ای بین سفتی مفاصل و وقوع آسیب‌های مرتبط با دویدن وجود ندارد [۸]. در این پژوهش افراد با دامنه سنی ۱۵ تا ۶۵ سال شرکت داشته و از سوی دیگر سابقه فعالیت آزمودنی‌ها و نوع و میزان فعالیت‌ها در طی اجرای پژوهش کنترل نشد [۸] از آنجایی که سفتی تحت تأثیر سن، سابقه فعالیت و نوع فعالیت انجام شده توسط آزمودنی‌ها قرار دارد [۱۹-۲۱]، به نظر می‌رسد نتایج این پژوهش نمی‌تواند دلیل محکمی از رد یا اثبات نقش سفتی در ایجاد آسیب باشد و این امر مستلزم انجام تحقیقات آینده‌نگر بیشتری است. در زمینه رابطه بین سفتی مفاصل و سندرم درد کشککی رانی تاکنون یک پژوهش انجام شده که گزارش می‌کند بین سفتی مفصل غیرفعال زانو در افراد دارای سندرم درد کشککی رانی و افراد سالم تفاوت قابل توجهی وجود ندارد [۲۲]. در این پژوهش سفتی غیرفعال مفصل زانو در حین مهارت نشستن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تاکنون تحقیقی در زمینه رابطه سفتی عملکردی مفاصل اندام تحتانی و سندرم درد کشککی رانی انجام نشده است. سفتی عملکردی مربوط به متغیرهایی مثل سفتی مفصل می‌شود که حین اجرای مهارت اندازه‌گیری می‌شوند [۹، ۲۳]. به همین دلیل بررسی رابطه آن‌ها با آسیب‌های مرتبط با اجرای مهارت، مثل سندرم درد کشککی رانی دو چندان است. از سوی دیگر در رابطه با سندرم درد کشککی رانی و سفتی مفاصل اندام تحتانی تاکنون تحقیقی انجام نشده تا نقش میزان سفتی مفاصل اندام تحتانی را در بروز آسیب مورد بررسی قرار دهد. با توجه به اهمیت شناخت عوامل خطرزا در ایجاد سندرم درد کشککی رانی و ضرورت انجام پژوهش‌های آینده‌نگر در این زمینه هدف تحقیق حاضر این است که بتواند با بررسی نقش سفتی مفاصل زانو و مچ پا در پیش‌بینی وقوع سندرم درد کشککی رانی گام مهمی در کاهش شیوع این سندرم و بهبود روش‌های درمانی بردارد.

سندرم درد کشککی رانی^۱ یکی از شایع‌ترین آسیب‌های زانو است که شیوع آن در کل افراد جامعه ۲۲/۷ درصد گزارش شده است [۱]. از هر ۲ فرد مبتلا به این سندرم ۱ نفر پس از گذشت ۵ تا ۸ سال بعد از تشخیص بیماری و گذراندن دوره درمان همچنان علائمی مانند درد دائم یا درد با انجام فعالیت‌های بدنی و کاهش دامنه حرکتی دارند که این مسئله می‌تواند میزان فعالیت بدنی و کیفیت زندگی این افراد را تحت تأثیر قرار دهد [۲]. از سوی دیگر افراد دارای سندرم درد کشککی رانی مزمن مستعد استئوآرتریت مفصل کشککی رانی هستند [۳]. با وجود این تا کنون عوامل خطرزا در ایجاد سندرم درد کشککی رانی و مکانیسم وقوع این آسیب به درستی شناخته نشده که می‌تواند به دلیل چندعامله بودن این سندرم و محدود بودن تحقیقات آینده‌نگر در این زمینه باشد [۱، ۴، ۵]. بدین دلیل برای کاهش شیوع این آسیب و ارائه راهکارهای درمانی مؤثر، انجام تحقیقات آینده‌نگر به منظور شناسایی پارامترهای بیومکانیکی خطرزا در ایجاد این سندرم که خود تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل خطرزا و قابل دستکاری هستند، ضروری به نظر می‌رسد [۶، ۷]. یکی از این پارامترهای بیومکانیکی سفتی^۲ است [۶، ۸].

سفتی اثر متقابل بین متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی بوده و ترکیبی از ویژگی‌های مکانیکی عضلات، تاندون‌ها، رباط‌ها، غضروف و کپسول مفصلی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی سفتی، توانایی مقاومت بدن به تغییر شکل در مقابل نیرو یا گشتاور اعمال شده به بدن است [۹]. سفتی در سطوح مختلفی از سیستم عضلانی اسکلتی بدن از قبیل مفاصل بدن، سفتی اندام و سفتی کل بدن قابل محاسبه است. سفتی مفصل^۳ مقاومت به تغییر، جابه‌جایی زاویه‌ای بعد از اعمال گشتاور به مفصل است و طبق ادبیات تحقیق با وقوع آسیب‌های پایین‌تنه رابطه دارد [۹-۱۱]. اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه سفتی مفصل و وقوع آسیب گذشته‌نگر هستند. نتایج تحقیقات گذشته‌نگر حاکی از آن است که افراد دارای درد ساق پا، شکستگی استرسی درشت‌نی و استئوآرتریت زانو سفتی مفصل زانوی بیشتری نسبت به افراد سالم داشتند [۱۲-۱۴]. در حالی که در افراد دارای آسیب تاندون آشیل و ناپایداری مزمن مچ پا، سفتی مفصل مچ پا نسبت به افراد سالم کمتر است [۱۵، ۱۶]. علاوه بر این افرادی که کف پای گود دارند سفتی زانو و مچ پای بیشتری نسبت به افراد سالم دارند. در صورتی که افراد دارای کف پای صاف سفتی مفاصل زانو و مچ پای کمتری نسبت به افراد نرمال داشتند که میزان سفتی در این افراد می‌تواند شیوع آسیب بافت سخت را در افراد دارای کف پای گود و آسیب بافت نرم را در افراد دارای کف پای صاف توجیه

1. Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS)
2. Stiffness
3. Joint stiffness

جدول ۱. برنامه هفتگی فعالیت بدنی آزمودنی‌ها در دانشگاه

نوع فعالیت بدنی	تعداد ساعات تمرین در جلسه تمرینی	تعداد جلسات در هر هفته	تعداد جلسات در ترم تحصیلی
آمادگی جسمانی (۲ واحد)	۲ ساعت	۲ جلسه	۳۲ جلسه
والیبال (۲ واحد)	۲ ساعت	۲ جلسه	۳۲ جلسه
دو میدانی (۲ واحد)	۲ ساعت	۲ جلسه	۳۲ جلسه

طب توانبخشی

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع نیمه‌تجربی و آینده‌نگر بود ۸۰ نفر (۳۰ مرد و ۵۰ زن) از دانشجویان رشته تربیت‌بدنی در آن شرکت داشتند. نمونه‌ها به‌صورت غیرتصادفی و به شیوه دردسترس انتخاب شدند. حجم نمونه براساس مطالعات مشابه در این زمینه برآورد شد [۲۴-۲۶]. تحقیق در آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه مازندران انجام شد. همه آزمودنی‌ها اطلاعات شخصی و رضایت خود را برای شرکت در این آزمون در فرمی که قبل از اجرای آزمون به آن‌ها ارائه شد، ثبت کردند. همچنین پژوهش توسط هیئت بررسی دانشگاه مازندران بر اساس اصول اخلاق انسانی مورد تأیید قرار گرفت (کد اخلاق: Ir.UMZ.rEC.1397.009). معیارهای ورود به مطالعه شامل دانشجویان ترم اول رشته تربیت‌بدنی، محدوده سنی بین ۱۹ تا ۲۵ سال و شاخص توده بدنی بین ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع بود [۶]. وجود هرگونه مشکلات وضعیتی و اسکلتی‌عضلانی، مانند پیچ‌خوردگی مزمن مچ پا [۲۷]، شکستگی در اندام تحتانی، پیچ‌خوردگی در مفاصل اندام تحتانی [۶، ۲۷]، بیماری‌هایی مانند شکستگی استرسی [۱۲]، استئوآرتریت [۱۴]، شین اسپلینت، دردهای ساق پا و پا [۱۳، ۱۵] طی ۶ ماه قبل از آزمون و بدشکلی‌های پایین‌تنه مثل صافی و گودی کف پا و زانوی ضربدری و پرنتری [۱۶]، به‌عنوان دسته اول معیارهای خروج از آزمون در نظر گرفته شد. بدین منظور، قبل از شروع آزمون همه افراد توسط ارتوپد متخصص مورد ارزیابی قرار گرفتند تا سلامت جسمانی آن‌ها در زمان آزمون‌گیری و نداشتن سابقه هرگونه آسیب در پایین‌تنه این افراد مورد تأیید قرار گیرد. تشخیص صافی و گودی کف پا از طریق اندازه‌گیری شاخص افتادگی ناوی انجام شد و افرادی که شاخص افتادگی آن‌ها در دامنه طبیعی بود، انتخاب شدند. میزان افتادگی ناوی با استفاده از روش برودی ارزیابی شد [۲۸]. کلیه آزمودنی‌ها دارای شاخص افتادگی ناوی طبیعی بودند. در این روش، ارتفاع برجستگی ناوی از زمین در ۲ حالت ایستاده و نشسته اندازه‌گیری شد و میزان ۵ تا ۹ میلی‌متر به‌عنوان محدوده شاخص قوس کف پای طبیعی در نظر گرفته شد

که سابقه فعالیت آن‌ها در یک سطح بود؛ به‌گونه‌ای که هیچ‌یک از آن‌ها در هر نوع تمرین یا برنامه تمرینی منظمی طی ۱ سال قبل از آزمون شرکت نداشتند. آزمودنی‌های انتخاب‌شده باتوجه‌به معیارهای ورود و خروج وارد روند آزمون‌گیری و جلسات تمرینی شدند. میزان فعالیت بدنی آزمودنی‌ها در طول مدت آزمون‌گیری طبق برنامه درسی دانشگاه بود که در جدول شماره ۱ ارائه شده است. در مدت‌زمان آزمون، فعالیت خارج از برنامه کلاسی آزمودنی‌ها ثبت شد و هیچ‌یک از آن‌ها در برنامه منظم تمرینی خارج از برنامه کلاسی دانشگاه در طول روند آزمون شرکت نداشتند. همه آزمودنی‌ها از تجهیزات ورزشی مشابهی استفاده کردند. برای مثال، کفش مورداستفاده توسط این آزمودنی‌ها از نوع معمولی بود و کفش زمان تمرین و زمان آزمون‌گیری یکسان بود [۶، ۲۶]. پس از اتمام هر جلسه تمرین، آزمودنی‌ها کنترل شدند و در صورت وجود هرگونه درد و ورم در اندام تحتانی، آزمودنی به مرکز درمانی منتقل شد و در آنجا توسط ارتوپد متخصص معاینه و همه علائم فرد، تاریخچه و نحوه بروز درد، ثبت شد و نوع آسیب با استفاده از تست‌های بالینی تشخیص داده شد. همه اطلاعات مربوط به علائم و نوع آسیب در پرونده آزمودنی به‌صورت کتبی ثبت شد. افرادی که هرگونه آسیبی غیر از سندرم درد کشکی رانی داشتند از روند آزمون حذف شدند. بنابراین در انتهای ترم تحصیلی آزمودنی‌ها به ۲ گروه آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده تقسیم شدند.

روند اجرای آزمون این‌گونه بود که ابتدا زمانی که همه سالم بودند و قبل از شروع برنامه‌های تمرینی در ترم تحصیلی جدید برای اندازه‌گیری سفتی در آزمایشگاه بیومکانیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. جمع‌آوری داده‌های کینتیکی و کینماتیک موردنیاز به صورت سه‌بعدی بوده که توسط برنامه آنالیز حرکت^۴ ثبت و استخراج شد. بدین منظور از ۶ دوربین (Japan, Yokohama, Kistler Winterthor, Swit-) (JVC-9X0)، یک تخته نیروسنج (zerland, Qualisys)، ۱۴ نشانگر منعکس‌کننده نور (Sweden, Go-) (thenburg, Qualisys) و ۲ نشانگر خوشه‌ای (thenburg, Qualisys) استفاده شد که هرکدام از نشانگرهای خوشه‌ای حاوی ۴ نشانگر منعکس‌کننده نور هستند. روند اجرای پژوهش بدین صورت بود که ۶ دوربین در ۲ طرف تخته نیروسنج به‌گونه‌ای چیده شدند که دوربین‌ها اشراف کامل بر همه نشانگرهای متصل بر روی لندهارک‌های پای چپ و راست داشته

دسته دوم از معیارهای خروج از آزمون مربوط به سابقه فعالیت افراد بود؛ چراکه طبق پژوهش‌های پیشین، سابقه فعالیت افراد بر میزان سفتی تأثیرگذار است [۱۹]. بنابراین افرادی انتخاب شدند

4. Simi reality Motion Unterschleissheim, Germany

جدول ۲. اطلاعات جمعیت‌شناختی افراد آسیب‌دیده و آسیب‌نندیده (انحراف معیار ± میانگین)

گروه‌ها	تعداد	سن (سال)	قد (متر)	جرم (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (کیلوگرم / مترمربع)
آسیب‌دیده	۱۲	۲۰/۱۷±۱/۱۱	۱/۶۵±۰/۰۵	۶۱/۸۸±۵/۷۵	۲۲/۱۶±۲/۲۹
آسیب‌نندیده	۲۶	۱۹/۸±۰/۸	۱/۶۹±۰/۰۸	۶۴/۸۱±۱۰/۳۲	۲۲±۲/۹۶

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخشی

سرعت و تنظیم گام داده شد. آزمودنی‌ها برای گرم کردن فقط از دوییدن آرام استفاده کرده و هیچ‌گونه حرکت کششی انجام ندادند، زیرا انجام حرکات کششی ممکن است بر میزان سفتی اثرگذار باشد. بین هر قسمت‌های آزمون به افراد ۱۰ دقیقه استراحت داده شد. در انتهای آزمون اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. قد آزمودنی‌ها با قدسنج دیجیتال (Ger- many, Kevelaer, Vogel&Halke) و وزن آن‌ها با استفاده از تخته نیروسنج اندازه‌گیری شد. قبل از محاسبه متغیرها از داده‌های خام به‌دست‌آمده، ابتدا داده‌های کینماتیکی و کینتیکی توسط فیلتر باترورث سطح ۴ و با فرکانس برشی ۱۰ هر تز و ۵۰ هر تز به ترتیب هموار شدند.

برای محاسبه سفتی مفاصل اندام تحتانی طبق فرمول شماره ۱، از جابه‌جایی زاویه‌ای (θ) برحسب درجه و گشتاور مفاصل (M) برحسب نیوتن متر بر کیلوگرم در نیمه اول فاز تماس با زمین (از تماس پاشنه با زمین تا فاز میانی تماس) استفاده شد. جابه‌جایی زاویه‌ای در صفحه ساجیتال با استفاده از داده‌های دوربین‌ها و نشانگرها محاسبه و گشتاور مفاصل از طریق اینورس دینامیک به دست آمد. در نهایت برای حذف اثر تفاوت فردی، گشتاور به‌دست‌آمده به جرم افراد نرمالایز شد [۱۶، ۶]. محاسبه متغیرها در محیط نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

$$1. k_{\text{joint}} = \Delta M / \Delta \theta$$

زاویه مفصل زانو به‌صورت سه‌بعدی و ماتریس چرخشی مفاصل بر طبق توالی کاردان محاسبه شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد و نتایج آن نشان داد توزیع کلیه متغیرهای موردبررسی طبیعی است (سفتی مفصل زانو: $r=0/883$ ، جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو: $r=0/475$ ، گشتاور مفصل زانو: $r=1/009$ ، سفتی مفصل مچ پا: $r=0/231$ ، جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل مچ پا: $r=0/615$ ، گشتاور مفصل مچ پا: $r=0/696$). علاوه‌براین همگنی واریانس‌ها در آزمون لون محرز شد. باتوجه‌به برقرار شدن فرض‌های لازم، از آزمون پارامتریک برای تحلیل

باشند. سفتی پا طی مهارت دوییدن با میانگین سرعت $4 \pm 0/2$ اندازه‌گیری شد [۶، ۷]. از آنجایی که مشخص نبود کدام پا مورد آسیب‌دیدگی قرار می‌گیرد برای همه آزمودنی‌ها سفتی پا در هر دو پای چپ و راست در یک روز یکسان مورد ارزیابی قرار گرفت. برای کنترل میانگین سرعت دوییدن از کرنومتر دستی (Japan, Tokyo, Q&Q) استفاده شد. بدین منظور فاصله مشخصی (۴ متر) بین نقطه شروع حرکت تا مرکز صفحه نیروسنج در نظر گرفته شد. آزمودنی‌ها باید این فاصله معین را در زمان تعیین شده طی می‌کردند. ۲ نفر به‌طور هم‌زمان با استفاده از کرنومتر دستی زمان حرکت را ثبت کرده و در صورت تأیید هر دو نفر، تلاش آزمودنی ثبت می‌شد. با تقسیم مسافت نقطه شروع تا صفحه نیرو (۴ متر) بر زمان جابه‌جایی، سرعت آزمودنی مشخص و کنترل شد [۲۹]. جهت ثبت داده‌های کینماتیکی به‌صورت سه‌بعدی ابتدا همه نشانگرها بر روی لندمارک‌های خار خاصه‌ای قدامی فوقانی راست و چپ، خار خاصه‌ای خلفی چپ و راست، تروکانتر بزرگ ران راست و چپ، اپی‌کندیدل خارجی و داخلی ران، قوزک خارجی و داخلی، برجستگی پاشنه، انتهای استخوان پنجم کف پای، انتهای استخوان اول کف پای و سر دیستال انگشت دوم و ۲ نشانگر خوشه‌ای بر روی ران و ساق قرار گرفتند. در ادامه، کوشش ایستا در حالی ثبت شد که فرد برای چند ثانیه در وضعیت آناتومیک قرار داشت. سپس نشانگرهایی که برای ثبت کوشش ایستا لازم بود، برداشته شد و در حالی که فقط نشانگرهای رهگیری روی خار خاصه‌ای قدامی فوقانی راست و چپ، خار خاصه‌ای خلفی چپ و راست، تروکانتر بزرگ ران راست و چپ، برجستگی پاشنه، انتهای استخوان پنجم کف پای، انتهای استخوان اول کف پای، سر دیستال انگشت دوم و دو نشانگر خوشه‌ای بر روی ران و ساق متصل بودند [۲۱، ۳۰]. کوشش‌های دوییدن برای پای چپ و راست ثبت شد. این روند اجرای تست برای پای چپ و راست به‌صورت جداگانه انجام شد. از هر آزمودنی در هر شرایط ۳ تلاش صحیح ثبت و از میانگین تلاش‌های مربوطه در تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. به آزمودنی‌ها در ابتدای اجرای هر آزمون و بین ۲ شرایط فرصت کافی برای گرم کردن، تنظیم

جدول ۳. مقایسه میانگین سفتی پا و متغیرهای وابسته به آن بین پای چپ و راست افراد آسیب‌نندیده (انحراف معیار ± میانگین)

گروه‌ها	سفتی مفصل مچ پا (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)	سفتی مفصل زانو (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)	سفتی مفصل مچ پا (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)
آسیب‌نندیده (پای چپ)	۰/۱۱۱±۰/۰۰۹	۰/۰۹۱±۰/۰۲۱	۰/۰۹۱±۰/۰۲۱
آسیب‌نندیده (پای راست)	۰/۱۰۹±۰/۰۱۱	۰/۰۹۲±۰/۰۱۹	۰/۱۰۹±۰/۰۱۱

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخشی

جدول ۴. مقایسه سفتی مفاصل و متغیرهای مربوط به آن بین دو گروه آسیب دیده و آسیب ندیده (انحراف معیار ± میانگین)

گروه‌ها	سفتی مفصل زانو (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)	سفتی مفصل مچ پا (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)	حداکثر گشتاور عضلانی مفصل زانو (نیوتن متر / کیلوگرم)	حداکثر گشتاور عضلانی مفصل مچ پا (نیوتن متر / کیلوگرم)	جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل مچ پا (درجه)	جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (درجه)
آسیب‌دیده	۰/۰۸±۰/۱۵	۰/۱۲±۰/۰۱	۲/۳۶±۰/۰۹	۲/۴۷±۰/۰۷۸	۲۸/۶۹±۲/۴	۱۶/۶۷±۰/۱۷۶
آسیب‌ندیده	۰/۰۹±۰/۰۱	۰/۱±۰/۰۱*	۲/۲۹±۰/۱۰	۲/۴۴±۰/۱۱	۲۷/۹۸±۵/۶۸	۱۷/۳±۰/۶۲*

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخش

جدول شماره ۴ میانگین و انحراف معیار سفتی مفصل زانو و مچ پا و هریک از متغیرهای مهم در سفتی این دو مفصل را در افراد آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده نشان می‌دهد. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه بین افراد آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده استفاده شد. در نهایت برای بررسی نقش سفتی پا در پیش‌بینی آسیب از رگرسیون لجستیک دو حالت استفاده شد. همه آزمون‌های آماری ذکر شده در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و با سطح معناداری $P=0/05$ انجام شد.

یافته‌ها

استفاده شد. برای مقایسه متغیرهای مورد نظر بین پای راست و چپ افراد آسیب‌ندیده آزمون تی وابسته انجام شد. از آزمون تی مستقل برای مقایسه بین افراد آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده استفاده شد. در نهایت برای بررسی نقش سفتی پا در پیش‌بینی آسیب از رگرسیون لجستیک دو حالت استفاده شد. همه آزمون‌های آماری ذکر شده در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و با سطح معناداری $P=0/05$ انجام شد.

اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در **جدول شماره ۲** گزارش شده است. نتایج مقایسه اطلاعات جمعیت‌شناختی بین ۲ گروه آسیب‌دیده و آسیب‌ندیده نشان داد در میانگین سن، قد و وزن بین ۲ گروه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. (سن: $P=0/871$ ، قد: $P=0/285$ ، جرم: $P=0/08$ ، شاخص توده بدن: $P=0/406$). نتایج نشان داد در ۴ ماه جلسات تمرینی از بین ۸۰ نفر آزمودنی که ابتدا سفتی آنها اندازه‌گیری شد ۳۴ نفر آسیب دیدند که از این تعداد ۱۲ نفر به سندرم درد کشکی رانی و بقیه به آسیب‌های دیگر از قبیل اسپرین مچ پا، آسیب مینیسک و شین اسپلینت دچار و از روند آزمون حذف شدند.

همان‌طور که قبلاً گزارش شد به دلیل اینکه مشخص نبود کدام پا آسیب می‌بیند، سفتی مفاصل پای چپ و راست همه آزمودنی‌ها محاسبه شد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد هیچ تفاوت معنی‌داری بین سفتی مفصل زانو ($P=0/209$) و مچ پا ($P=0/1$) در پای چپ و راست افراد آسیب‌ندیده وجود ندارد (**جدول شماره ۳**). بنابراین برای مقایسه افراد ۲ گروه و دیگر آزمون‌های آماری ذکر شده از میانگین سفتی پای راست و چپ افراد آسیب‌دیده و پای آسیب‌دیده در افراد مبتلا به سندرم درد کشکی رانی استفاده شد.

نتایج رگرسیون لجستیک دو حالت نشان داد میزان سفتی مفصل مچ پا می‌تواند وقوع آسیب سندرم درد کشکی رانی را پیش‌بینی کند ($\text{chi-square} = 1/97, df=1, P=0/01$). سفتی مچ پا توانست بین ۱۷ تا ۲۹ درصد از تغییرات ابتلا به آسیب سندرم درد کشکی رانی را پیش‌بینی کند ($\text{Cox \& Snell } r = 0/17$) و $\text{Nagelkerke } r \text{ Square} = 0/30$ در مورد سفتی مفصل زانو نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد میزان سفتی مفصل زانو نمی‌تواند وقوع آسیب سندرم درد کشکی رانی را پیش‌بینی کند ($P=0/104$). به‌طور کلی این مدل توانست ۹۳/۵ درصد از افراد آسیب‌ندیده و ۲۳/۸ درصد از افراد آسیب‌دیده را به‌درستی پیش‌بینی کند. به‌طور کلی این مدل توانست ۷۹/۵ درصد افراد را به‌درستی شناسایی کند. همان‌طور که در **جدول شماره ۵** مشاهده می‌شود به‌ازای افزایش یک واحد سفتی مفصل مچ پا احتمال ابتلا به آسیب سندرم درد کشکی رانی ۳/۶۸ برابر افزایش می‌یابد.

جدول ۵. گزارش نتایج رگرسیون لجستیک دو حالت

P	Beta	(CI%۹۵) OR	متغیرهای پیش‌بینی‌کننده
۰/۰۱۰	۱/۱۹	۳/۶۸(۱/۶۲-۱۱/۶۵)	سفتی مفصل مچ پا (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)
۰/۱۰۴	-۰/۸۱	۰/۴۴(۰/۱۶-۱/۱۸)	سفتی مفصل زانو (نیوتن متر / کیلوگرم / درجه)

OR: نسبت شانس، CI: فاصله اطمینان، Beta: ضریب رگرسیون، * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخش

بحث

بررسی نتایج پژوهش‌های گذشته‌نگر نشان می‌دهد افراد دارای کف پای گود، سفتی مفاصل زانو و مچ پایشان بیشتر از افراد سالم بوده که می‌تواند دلیلی بر میزان شیوع آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد در این افراد باشد [۱۷]. از سوی دیگر کمتر بودن سفتی مفصل مچ پا در افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد سالم می‌تواند این افراد را در معرض آسیب بافت نرم مثل اسپرین مچ پا قرار دهد [۱۷]. همچنین افراد دارای استئوآرتریت زانو، سفتی مفصل زانو و مچ پایشان بیشتر از افراد نرمال است [۱۴، ۳۱]. با توجه به نتایج این تحقیقات و مشاهده بالا بودن و پایین بودن میزان سفتی در افراد آسیب‌دیده، می‌توان به اهمیت نقش سفتی در ایجاد آسیب پی برد، اما برای اثبات این مسئله نیاز به تحقیقات آینده‌نگر است که بتواند رابطه علت و معلولی بین میزان سفتی و آسیب را به اثبات برساند [۵، ۸، ۳۲]. بررسی‌ها نشان داد نتایج برخی از پژوهش‌های آینده‌نگر مانند لوریمر و همکاران [۶] و واتسفورد و همکاران [۲۵] موافق با نتایج پژوهش حاضر بوده است که گزارش کردند سطح بالای سفتی پا می‌تواند عامل مهمی در وقوع آسیب تاندون آشیل و استرین عضله همسترینگ باشد، بنابراین سفتی می‌تواند در ایجاد آسیب نقش مهمی داشته باشد. در مقابل گروه دیگری از این پژوهش‌ها بیان کردند هیچ رابطه‌ای بین سفتی اندام تحتانی و آسیب اندام تحتانی وجود ندارد [۸، ۳۳، ۳۴] که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش همخوانی ندارد.

عدم همخوانی نتایج پژوهش حاضر با این دسته از مطالعات ممکن است به دلیل تفاوت در نوع متغیر سفتی و مهارت مورداستفاده برای محاسبه سفتی باشد. سفتی متغیری مکانیکی است که در سطوح مختلفی از سیستم عضلانی-اسکلتی بدن از قبیل مفاصل بدن، سفتی اندام و سفتی کل بدن قابل محاسبه است و طی مهارت‌های مختلف و باروش‌های متفاوت اندازه‌گیری می‌شود. سرپل و همکاران سفتی عمودی را مورد بررسی قرار دادند که با متغیر سفتی پژوهش حاضر متفاوت است [۳۴]. پروین و همکاران نقش سفتی پا را در ایجاد آسیب همسترینگ مورد بررسی قرار داده و از مهارت پرش و فرود متوالی^۵ برای اندازه‌گیری سفتی پا استفاده کردند [۳۳]. سفتی پا که به‌عنوان سفتی کل اندام تحتانی نیز معرفی می‌شود، ممکن است تحت تأثیر میزان سفتی مفاصل باشد، اما همیشه به‌عنوان متغیری مجزا مورد بررسی قرار گرفته است. از سوی دیگر در پژوهش پروین و همکاران به دلیل استفاده از مهارت پرش و فرود متوالی آن‌ها سفتی عمودی را با سفتی پا برابر فرض کرده و نتایج خود را با عنوان سفتی پا گزارش کردند. درواقع آن‌ها سفتی عمودی را اندازه‌گیری کردند و ارتباط آن را با وقوع آسیب سنجیده‌اند [۳۳]. این در حالی است که مطالعات اخیر نشان می‌دهد سفتی پا و سفتی عمودی در همه مهارت‌ها با هم متفاوت بوده و نباید یکسان در نظر گرفته شوند [۳۵، ۳۶].

5. Hopping

هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش سفتی مفاصل مچ پا و زانو در پیش‌بینی سندرم درد کشککی رانی به‌منظور بررسی رابطه بین متغیرهای مکانیکی، مثل سفتی مفاصل و شیوع آسیب در افراد فعال بود. این مطالعه اولین تحقیق آینده‌نگری بود که به بررسی نقش سفتی مفاصل مچ پا و زانو در بروز آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد، مانند سندرم درد کشککی رانی پرداخته است. میانگین سفتی مفصل زانو و مچ پا در این پژوهش تفاوت قابل‌توجهی با میانگین سفتی مفاصل زانو و مچ پا در اکثر پژوهش‌های مشابه از قبیل ویلیامز و همکاران [۱۷]، پاول و همکاران [۲۱] و لوریمر و همکاران [۶] نداشت، اما نسبت به پژوهش همیل و همکاران [۳۰] و داویس و همکاران [۸] مقدار میانگین سفتی این مفاصل بیشتر بود که این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در ابزار مورداستفاده و شرایط اجرای آزمون باشد. زیرا همیل و همکاران سفتی را در دویدن روی تردمیل اندازه‌گیری کردند، درحالی‌که پژوهش حاضر سفتی اندام تحتانی را طی دویدن روی زمین اندازه‌گیری کرده است. از سوی دیگر در پژوهش داویس و همکاران شرایط سنی آزمودنی‌ها و سرعت دویدن در محاسبه سفتی مفاصل با پژوهش حاضر متفاوت بوده که می‌تواند دلیل محکمی بر وجود اختلاف بین مقادیر سفتی مفاصل بین دو پژوهش باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد سفتی مفصل مچ پای قبل از وقوع آسیب در افراد مبتلا به سندرم درد کشککی رانی ۱۰ درصد بیشتر از سفتی مچ پای افراد آسیب‌ندیده بود که از نظر آماری این اختلاف قابل‌توجه است. درمورد سفتی مفصل زانو نتایج حاکی از آن است که سفتی مفصل زانو قبل از وقوع آسیب در افراد دارای سندرم درد کشککی رانی کمتر از سفتی مفصل زانوی افراد آسیب‌ندیده بود، ولی از لحاظ آماری این تفاوت معنادار نبود. از طرف دیگر نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد سفتی مفصل مچ پا می‌تواند بروز آسیب سندرم درد کشککی رانی را پیش‌بینی کند. به‌گونه‌ای که به ازای افزایش یک واحد سفتی مفصل مچ پا احتمال ابتلا به سندرم درد کشککی رانی ۳/۶۸ برابر افزایش می‌یابد. بنابراین بالا بودن سفتی مفصل مچ پا ممکن است یکی از فاکتورهای خطرزا در ایجاد آسیب سندرم درد کشککی رانی باشد. این نتایج می‌تواند فرضیه مطرح‌شده توسط بوتلر و همکاران در زمینه سفتی و آسیب را مورد تأیید قرار دهد. بوتلر و همکاران با توجه به تحقیقات گذشته‌نگر انجام‌شده پیشنهاد کردند دامنه نرمالی برای سفتی وجود دارد که میزان کمتر و بیشتر از این دامنه احتمال وقوع آسیب را افزایش می‌دهد [۱۰]. تاکنون به دلیل اینکه اکثریت تحقیقات انجام‌شده در زمینه سفتی و آسیب گذشته‌نگر بوده [۹، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۲۲، ۲۷] و تحقیقات آینده‌نگر محدودی در این زمینه انجام شده است، همچنان تأیید یا رد فرضیه بوتلر و همکاران مهم و در نتیجه شناخت نقش سفتی در ایجاد آسیب ناشناخته مانده است.

پرونیشن در ابتدای فاز تماس با زمین یک حرکت حمایتی بوده که نقش مهمی در جذب شوک یا نیروی اعمال شده به بدن دارد [۳۷-۳۹]. چرخش استخوان تالوس در صفحه عرضی با چرخش داخلی درشتنی همراه است [۳۷-۳۹]. چرخش داخلی درشتنی باعث حرکت استخوان کشکک و تیلت آن به سمت داخل می‌شود. ساختارهای خارجی متصل به کشکک مانع حرکت کشکک به سمت داخل شده که همین مقاومت آن‌ها باعث افزایش فشار اعمال شده به رویه خارجی استخوان کشکک می‌شود [۳۷-۳۹]. حال اگر میزان دورسی فلکشن مچ پا کمتر از میزان طبیعی باشد، یا برای جذب نیرو نیاز به حرکات جبرانی در صفحات دیگر مفصل مچ پا و دیگر مفاصل موجود در ناحیه پا دارد. طبق تحقیقات قبلی کاهش میزان دورسی فلکشن مچ پا باعث افزایش اورشن بخش عقب پا و در نتیجه باعث افزایش میزان پرونیشن مچ پا می‌شود. این حرکت جبرانی باعث افزایش چرخش داخلی درشتنی و افزایش والگوس زانو شده که خود از عوامل خطرزا در بروز سندرم درد کشککی رانی محسوب می‌شوند [۳۷-۳۹]. از طرف دیگر همان‌طور که قبلاً ذکر شد میزان جابه‌جایی مفصل زانو قبل از آسیب در افراد دارای سندرم درد کشککی رانی بیشتر از افراد سالم است. اگرچه این تفاوت معنادار نبود، اما افزایش چرخش داخلی درشتنی چون با افزایش میزان خم شدن مفصل زانو در این افراد همراه است، باعث افزایش بار اعمال شده به مفصل کشککی رانی می‌شود؛ در نتیجه احتمال وقوع سندرم درد کشککی رانی افزایش می‌یابد [۳۷-۳۹].

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد افراد فعالی که سفتی مچ پای بالاتری داشته باشند مستعد آسیب‌های ناشی از به‌کارگیری بیش‌ازحد هستند؛ بنابراین سفتی مچ پا می‌تواند یک متغیر مناسب برای غربالگری افراد فعال و شناسایی افراد در معرض آسیب باشد. از طرف دیگر سفتی مچ پا یک متغیر مکانیکی تغییرپذیر است، بنابراین شناخت فاکتورهای خطرزای تغییرپذیر مثل سفتی مچ پا می‌تواند کمک بسزایی در بهبود طراحی برنامه‌های تمرینی برای جلوگیری از آسیب کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش حاضر ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق **دانشگاه مازندران** در نظر گرفته شده است و کد اخلاق به شماره Ir.UMZ.REC.1397.009 دریافت شده است.

۲۰۲۱ طی یک پژوهش آینده‌نگر به بررسی نقش سفتی مفاصل در ایجاد آسیب‌های مرتبط با دویدن پرداخته‌اند. آن‌ها گزارش کردند بین سفتی مفاصل و ایجاد آسیب‌های مرتبط با دویدن هیچ رابطه‌ای وجود ندارد که با نتایج پژوهش حاضر تناقض دارد [۸]. علت این تناقض می‌تواند به این دلیل باشد که داویس و همکاران از آزمودنی‌هایی با دامنه سنی ۱۵ تا ۶۵ سال استفاده کردند که این تفاوت سن می‌تواند بر نتیجه آزمون اثرگذار باشد. از سوی دیگر در این پژوهش سابقه فعالیت آزمودنی‌ها و میزان و نوع فعالیتی که آزمودنی‌ها طی زمان پژوهش انجام می‌دادند کنترل نشد. باتوجه به ادبیات تحقیق عدم کنترل هریک از این موارد می‌تواند میزان سفتی را تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه نهایی پژوهش اثرگذار باشد. بنابراین باتوجه به نتایج تحقیق حاضر و مطابق با پژوهش‌های پیشین می‌توان گفت میزان سفتی مچ پا یک عامل اصلی خطرزا در بسیاری از آسیب‌های پایین‌تنه است.

سفتی مچ پا اثر متقابل بین گشتاور پلانتر فلکسورها و دامنه حرکتی مفصل مچ پا از ابتدای تماس پا تا فاز میانی تماس با زمین است؛ در نتیجه ۲ فاکتور اثرگذار بر میزان سفتی مچ پا محسوب می‌شوند [۲۵]. نتایج بررسی‌ها نشان داد اوج گشتاور پلانتر فلکسورها قبل از آسیب در افراد دارای سندرم درد کشککی رانی تفاوت قابل توجهی با افراد سالم نداشت. از طرف دیگر جابه‌جایی زاویه مفصل مچ پا در گروه آسیب‌دیده کمتر از افراد آسیب‌ندیده بود که این تفاوت از نظر آماری قابل توجه است. بنابراین می‌توان گفت تفاوت سفتی مچ پا قبل از آسیب در افراد دارای سندرم درد کشککی رانی بیشتر به تفاوت در دامنه حرکتی مفصل مرتبط است. کاهش دامنه حرکتی مفصل مچ پا و بالا بودن سفتی مچ پای قبل از آسیب در افراد دارای سندرم درد کشککی رانی خود عامل دیگری است که باعث افزایش بار اعمال شده به اندام تحتانی و افزایش سرعت اعمال بار می‌شود [۳۷]. سندرم درد کشککی رانی جزو آسیب‌های ناشی از به‌کارگیری بیش‌ازحد بوده و چندین فاکتور خطرزا در وقوع آن نقش دارد. به دلیل پیچیده بودن سندرم درد کشککی رانی و وسعت فاکتورهای دخیل در وقوع این آسیب تاکنون مکانیسم و عوامل خطرزا در ایجاد این دو ناشناخته مانده است [۱، ۴، ۵]. تحقیق حاضر با بررسی متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی به دست آمده در دویدن این افراد قبل از وقوع آسیب گزارش کرد بالا بودن سفتی مچ پا که خود اثر متقابل بین متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی است احتمال وقوع این سندرم را افزایش می‌دهد.

یکی از فاکتورهای خطرزا در وقوع این سندرم فاکتورهای مربوط به اندام‌های دیستال مثل پا است [۶، ۳۷]. طبق تحقیقات قبلی پرونیشن بیش‌ازحد مفصل زیر قاپی جزو عوامل خطرزا در بروز این آسیب است [۳۷، ۳۸]. پرونیشن مفصل زیرقاپی یک حرکت ترکیبی در ۳ صفحه حرکتی است. در واقع ترکیب سه حرکت دورسی فلکشن مچ پا در صفحه ساجیتال، ابداکشن پا در صفحه هوریزانتال و اورشن مچ پا در صفحه فرونتال است. حرکت

حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری خانم عفت حسین‌زاده در گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی **دانشگاه مازندران** است.

مشارکت‌نویسندگان

تحقیق و بررسی اولیه، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، کار با نرم‌افزارها، نگارش مقاله، ویراستاری و نهایی‌سازی: عفت حسین‌زاده؛ مفهوم‌سازی: عفت حسین‌زاده، منصور اسلامی؛ روش‌شناسی: عفت حسین‌زاده، محمد تقی‌پور؛ تحلیل داده‌ها، نظارت و مدیریت پروژه: منصور اسلامی؛ اعتبارسنجی، ویراستاری: محمد تقی‌پور.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مسئولین آزمایشگاه بیومکانیک دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران جهت در اختیار گذاشتن آزمایشگاه کمال قدردانی و تشکر را دارند.

References

- [1] Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2019; 53(5):270-81. [DOI:10.1136/bjsports-2017-098890] [PMID]
- [2] Hansen R, Brushøj C, Rathleff MS, Magnusson SP, Henriksen M. Quadriceps or hip exercises for patellofemoral pain? A randomised controlled equivalence trial. *British Journal of Sports Medicine*. 2023; 57(20):1287-94. [DOI:10.1136/bjsports-2022-106197] [PMID]
- [3] Neal BS, Bartholomew C, Barton CJ, Morrissey D, Lack SD. Six treatments have positive effects at 3 months for people with patellofemoral pain: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2022; 52(11):750-68. [DOI:10.2519/jospt.2022.11359] [PMID]
- [4] Alrayani H, Herrington L, Liu A, Jones R. Frontal plane projection angle predicts patellofemoral pain: Prospective study in male military cadets. *Physical Therapy in Sport*. 2023; 59:73-9. [DOI:10.1016/j.ptspt.2022.12.004] [PMID]
- [5] Kayll SA, Hinman RS, Bryant AL, Bennell KL, Rowe PL, Paterson KL. Do biomechanical foot-based interventions reduce patellofemoral joint loads in adults with and without patellofemoral pain or osteoarthritis? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2023; 57(13):872-81. [DOI:10.1136/bjsports-2022-106542] [PMID]
- [6] Lorimer AV. Evaluating stiffness of the lower limb 'springs' as a multifactorial measure of achilles tendon injury risk in triathletes. Auckland: Auckland University of Technology; 2014. [Link]
- [7] Willson JD, Sharpee R, Meardon SA, Kernozek TW. Effects of step length on patellofemoral joint stress in female runners with and without patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*. 2014; 29(3):243-7. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2013.12.016] [PMID]
- [8] Davis JJ 4th, Gruber AH. Leg stiffness, joint stiffness, and running-related injury: Evidence from a prospective cohort study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2021; 9(5):23259671211011213. [DOI:10.1177/23259671211011213] [PMID]
- [9] Brazier J, Maloney S, Bishop C, Read PJ, Turner AN. Lower extremity stiffness: Considerations for testing, performance enhancement, and injury risk. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019; 33(4):1156-66. [DOI:10.1519/JSC.0000000000002283] [PMID]
- [10] Butler RJ, Crowell HP 3rd, Davis IM. Lower extremity stiffness: Implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*. 2003; 18(6):511-7. [DOI:10.1016/S0268-0033(03)00071-8] [PMID]
- [11] Messier SP, Martin DF, Mihalko SL, Ip E, DeVita P, Cannon DW, et al. A 2-year prospective cohort study of overuse running injuries: The runners and injury longitudinal study (trails). *The American Journal of Sports Medicine*. 2018; 46(9):2211-21. [DOI:10.1177/0363546518773755] [PMID]
- [12] Milner CE, Hamill J, Davis I. Are knee mechanics during early stance related to tibial stress fracture in runners? *Clinical Biomechanics*. 2007; 22(6):697-703. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2007.03.003] [PMID]
- [13] Thomson A. The relationship between musculoskeletal stiffness and lower limb injury in athletes: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2014; 48(7):665. [DOI:10.1136/bjsports-2014-093494.280]
- [14] Zeni JA Jr, Higginson JS. Dynamic knee joint stiffness in subjects with a progressive increase in severity of knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*. 2009; 24(4):366-71. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2009.01.005] [PMID]
- [15] Maquirriain J. Leg stiffness changes in athletes with Achilles tendinopathy. *International Journal of Sports Medicine*. 2012; 33(7):567-71. [DOI:10.1055/s-0032-1304644] [PMID]
- [16] Sung PS. Kinematic analysis of ankle stiffness in subjects with and without flat foot. *Foot*. 2016; 26:58-63. [DOI:10.1016/j.foot.2015.11.003] [PMID]
- [17] Williams DS 3rd, Davis IM, Scholz JP, Hamill J, Buchanan TS. High-arched runners exhibit increased leg stiffness compared to low-arched runners. *Gait & Posture*. 2004; 19(3):263-9. [DOI:10.1016/S0966-6362(03)00087-0] [PMID]
- [18] McMahon JJ, Comfort P, Pearson S. Lower limb stiffness: Effect on performance and training considerations. *Strength & Conditioning Journal*. 2012; 34(6):94-101. [DOI:10.1519/SSC.0b013e3182781b4e]
- [19] Hobara H, Kimura K, Omuro K, Gomi K, Muraoka T, Sakamoto M, et al. Differences in lower extremity stiffness between endurance-trained athletes and untrained subjects. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010; 13(1):106-11. [DOI:10.1016/j.jsams.2008.08.002] [PMID]
- [20] Hobara H, Kobayashi Y, Yoshida E, Mochimaru M. Leg stiffness of older and younger individuals over a range of hopping frequencies. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015; 25(2):305-9. [DOI:10.1016/j.jelekin.2015.02.004] [PMID]
- [21] Powell DW, Williams DSB. Changes in vertical and joint stiffness in runners with advancing age. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2018; 32(12):3416-22. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001869] [PMID]
- [22] Hamstra-Wright KL, Swanik CB, Ennis TY, Swanik KA. Joint stiffness and pain in individuals with patellofemoral syndrome. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2005; 35(8):495-501. [DOI:10.2519/jospt.2005.35.8.495] [PMID]
- [23] Brughelli M, Cronin J. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: Methodology and implications. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2008; 18(4):417-26. [DOI:10.1111/j.1600-0838.2008.00769.x] [PMID]
- [24] Thijs Y, Van Tiggelen D, Roosen P, De Clercq D, Witvrouw E. A prospective study on gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2007; 17(6):437-45. [DOI:10.1097/JSM.0b013e31815ac44f] [PMID]

- [25] Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, Bryant AL, Cameron ML, Crossley KM, Makdissi M. A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010; 38(10):2058-64. [DOI:10.1177/0363546510370197] [PMID]
- [26] Willems TM, De Clercq D, Delbaere K, Vanderstraeten G, De Cock A, Witvrouw E. A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain. *Gait & Posture*. 2006; 23(1):91-8. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2004.12.004] [PMID]
- [27] Lin CF, Chen CY, Lin CW. Dynamic ankle control in athletes with ankle instability during sports maneuvers. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011; 39(9):2007-15. [DOI:10.1177/0363546511406868] [PMID]
- [28] Tazike-Lemeski Z, Eslami M, Habibi-Tirtashi F. The effect of shoe insole stiffness on leg stiffness during stance phase of running in two different speeds among active men. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2016; 12(1):34-41. [DOI:10.22122/jrrs.v12i1.2548]
- [29] Habibi Tirtashi F, Eslami M. Immediate effects of shoe insoles on the frequency components of ground reaction force during the stance phase of running. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2014; 10(3):359-71. [DOI:10.22122/jrrs.v10i3.1418]
- [30] Hamill J, Moses M, Seay J. Lower extremity joint stiffness in runners with low back pain. *Research in Sports Medicine*. 2009; 17(4):260-73. [DOI:10.1080/15438620903352057] [PMID]
- [31] Uritani D, Koda H, Yasuura Y, Kusumoto A. Factors associated with subjective knee joint stiffness in people with knee osteoarthritis: A systematic review. *International Journal of Rheumatic Diseases*. 2023; 26(3):425-36. [DOI:10.1111/1756-185X.14536] [PMID]
- [32] Aleixo P, Atalaia T, Abrantes J. Dynamic joint stiffness: A critical review. In: Berhardt LV, editor. *Advances in Medicine and Biology*. Hauppauge: Nova Medicine and Health; 2021. [Link]
- [33] Pruyne EC, Watsford ML, Murphy AJ, Pine MJ, Spurrs RW, Cameron ML, et al. Relationship between leg stiffness and lower body injuries in professional Australian football. *Journal of Sports Sciences*. 2012; 30(1):71-8. [DOI:10.1080/02640414.2011.624540] [PMID]
- [34] Serpell BG, Scarvell JM, Ball NB, Smith PN. Vertical stiffness and muscle strain in professional Australian football. *Journal of Sports Sciences*. 2014; 32(20):1924-30. [DOI:10.1080/02640414.2014.942681] [PMID]
- [35] Beerse M, Wu J. Comparison of whole-body vertical stiffness and leg stiffness during single-leg hopping in place in children and adults. *Journal of Biomechanics*. 2017; 56:71-5. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2017.03.001] [PMID]
- [36] Beerse M, Wu J. Lower limb joint functions during single-leg hopping in-place in children and adults. *Journal of Motor Behavior*. 2022; 54(5):577-87. [DOI:10.1080/00222895.2021.2025333] [PMID]
- [37] Luz BC, Dos Santos AF, de Souza MC, de Oliveira Sato T, Nawoczinski DA, Serrão FV. Relationship between rearfoot, tibia and femur kinematics in runners with and without patellofemoral pain. *Gait & Posture*. 2018; 61:416-22. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2018.02.008] [PMID]
- [38] Schacht ES. Effect of ankle dorsiflexion range of motion on knee biomechanics: Implications for patellofemoral pain syndrome [master thesis]. Greensboro: The University of North Carolina; 2014. [Link]
- [39] Hassan KA, Youssef RSE, Mahmoud NF, Eltagy H, El-Desouky MA. The relationship between ankle dorsiflexion range of motion, frontal plane projection angle and patellofemoral pain syndrome. *Foot and Ankle Surgery*. 2022; 28(8):1427-32. [DOI:10.1016/j.fas.2022.08.003] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank