

Research Paper

The Immediate Effect of Visual Feedback and Taping on Kinematic Risk Factors of Male Athletes With Dynamic Knee Valgus



Nadia Babamiri Vazneh¹ , Narmin Ghani Zadeh Hesar¹ , *Hadi Abbaszadeh Ghanati² , Mohamad Reza Hatefi³

1. Department of Exercise Physiology and Corrective Exercise, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Department of Biomechanics and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Department of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.



Citation Babamiri Vazneh N, Ghani Zadeh Hesar N, Abbaszadeh Ghanati H, Hatefi MR. [The Immediate Effect of Visual Feedback and Taping on Kinematic Risk Factors of Male Athletes With Dynamic Knee Valgus (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(2):302-317. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.2.3337>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.2.3337>

ABSTRACT

Background and Aims Dynamic knee valgus is recognized as one of the most significant risk factors for anterior cruciate ligament (ACL) injuries. Common strategies to prevent dynamic knee valgus and ACL injuries include taping and visual feedback techniques. This study aimed to compare the immediate effects of taping and visual feedback methods on kinematic risk factors in male athletes exhibiting dynamic knee valgus.

Methods This study was quasi-experimental. 34 athletes aged 20-25 years with dynamic knee valgus were purposefully selected and randomly assigned to taping and visual feedback groups. Kinovea software was utilized to screen for dynamic knee valgus during a 32-cm drop landing task. Both study groups performed double-leg squats, single-leg squats, forward step-downs, and lateral step-downs under taping and visual feedback conditions. In the taping method, an "I" shaped tape was applied from the tibial tuberosity to the medial and lateral femoral condyles to restrict anterior tibial translation. Participants in the visual feedback group stood in front of a full-length mirror. They were instructed to prevent their knees from moving towards the midline of their body while visually monitoring their alignment. Knee and hip flexion angles, knee valgus, and ankle dorsiflexion angles were measured using an IMU system before and after the exercise intervention. A two-way repeated measures analysis of variance was employed to analyze the data at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results The results of this study indicated a significant increase in peak knee ($P=0.001$) and hip ($p=0.004$) flexion angles from the pre-test to post-test in the visual feedback group. Furthermore, the visual feedback group ($P=0.001$) and the taping group ($P=0.001$) showed a significant decrease in peak knee valgus angle from pre-test to post-test phase. In between-group comparisons, the visual feedback group compared to the taping group showed a significant increase in peak knee flexion ($P=0.001$) and hip flexion ($P=0.039$) angles and a significant decrease in peak knee valgus angle ($P=0.001$).

Conclusion Both visual feedback and taping interventions positively reduced kinematic risk factors for ACL injury. However, the visual feedback group demonstrated a larger effect size on most variables than the taping group. This study's findings support visual feedback's effectiveness in controlling knee valgus and mitigating kinematic risk factors for ACL injury. Therefore, visual feedback is recommended for athletes seeking to reduce their risk of ACL injury.

Keywords Taping, Visual feedback, Kinematics, Dynamic knee valgus

Received: 24 Jan 2025

Accepted: 15 Feb 2025

Available Online: 22 May 2025

* Corresponding Author:

Hadi Abbaszadeh Ghanati, PhD.

Address: Department of Biomechanics and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran.

Tel: +98 (919) 0984964

E-Mail: h.abbaszade3343@gmail.com



Copyright © 2025 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

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are highly prevalent in sports, with approximately 91% occurring during athletic activities. Dynamic knee valgus (DKV) is a significant risk factor for ACL injuries. DKV is a lower extremity movement pattern characterized by a combination of hip adduction and internal rotation, knee abduction, anterior tibial translation, tibial external rotation, and foot inversion. This movement pattern predisposes individuals to both acute and chronic injuries, including non-contact ACL tears.

Injury prevention strategies should focus on increasing knee flexion angle and decreasing knee valgus angle during landing. Taping is a common strategy to prevent DKV and, subsequently, ACL injuries. One taping technique is ACL taping, which is applied to the tibia in an anteroposterior direction to prevent ACL injuries. Another effective strategy for preventing lower extremity injuries, particularly ACL injuries, and improving lower extremity alignment, especially knee valgus and flexion angles, is using motor control strategies and feedback-based training instructions. Visual feedback has been employed to target neuromuscular changes in real-time or post-task. Real-time feedback allows individuals to observe their movements and make immediate biomechanical adjustments.

Neuromuscular training programs have been shown to reduce ACL injury risk by up to 50% in men and 67% in women. However, there is still no consensus on the optimal approach. Since these programs typically last 6 to 8 weeks, developing quicker intervention methods for ACL injury prevention is a crucial step. Since taping and visual feedback have been proposed as rapid and effective methods for preventing ACL injuries, a direct comparison of these approaches can help us select the best strategy for injury prevention and optimize injury prevention programs. Based on the above, the present study aimed to compare the immediate effects of visual feedback and taping on kinematic risk factors in male athletes with DKV.

Methods

This quasi-experimental study employed a pre-test-post-test design to evaluate the effects of the intervention. The study population consisted of male recreational athletes (aged 20-25 years) participating in jumping sports (handball, basketball, and volleyball). Sample size calculation was performed using G*Power software, version 3.1.9.2

based on a two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) with an effect size of 0.25, alpha level of 0.05, power of 0.80, and three measurement points, resulting in a required sample size of 28 participants. Considering a 20% dropout rate, 34 participants were recruited and randomly assigned to two groups: taping (n=17) and visual feedback (n=17).

Kinovea software (Bordeaux, France, version 0.8.15) was used to screen for DKV during a 32-cm drop landing. Individuals with a DKV angle greater than 10 degrees were considered at risk for ACL injury. An IMU system, APEX brand, manufactured in Iran, was employed to collect kinematic data at a sampling frequency of 250 Hz during a drop jump task. Peak knee valgus and flexion, hip flexion, and ankle dorsiflexion angles were measured.

All participants in both groups performed a pre-test of the single-leg vertical drop jump (SL-VDJ) task while wearing the IMU sensors. After three successful and acceptable trials of the SL-DVJ task, the pre-test data for both groups were recorded. Subsequently, participants in both groups (visual feedback and taping) immediately performed four exercise tasks: Bilateral squats, unilateral squats, unilateral step-downs, and lateral step-downs. Participants repeated each exercise ten times. The visual feedback group participants performed all four exercises before a full-length mirror. A corrective exercise specialist instructed them to prevent their knees from moving towards the body's midline by visually monitoring their knee valgus alignment [39]. Participants in the taping group performed the four aforementioned exercises with the applied taping. A standardized ACL taping technique was applied to the participants' knees. A 5-cm wide kinesio tex (Japan) elastic tape, cut in an "I" shape (30 cm long), was applied with 75% tension from the tibial tuberosity to the medial and lateral femoral condyles to prevent anterior tibial translation [31]. After completing the exercise sets, both the visual feedback and taping groups performed a post-test under the same conditions as the pre-test, completing three successful trials of the SL-VDJ task. In the data processing procedure, we used Excel 2019 and MATLAB software, version 8.4, 2014b. Statistical indicators were examined at a significant level of 0.05 using SPSS software, version 22.

Results

A significant group×time interaction was found for peak knee flexion angle ($F_{(2,33)}=17.310$, $P=0.001$) and peak knee valgus angle ($F_{(2,33)}=5.076$, $P=0.031$). The main effects of the group were significant for peak knee flexion angle ($F_{(2,33)}=5.966$, $P=0.020$) and peak knee valgus angle ($F_{(2,33)}$

$=9.021$, $P=0.005$). The main effects of time were significant for peak knee flexion ($F_{(2,33)}=32.139$, $P=0.001$), hip flexion ($F_{(2,33)}=7.427$, $P=0.010$), and knee valgus ($F_{(2,33)}=90.201$, $P=0.001$) angles. Significant differences were found between the taping and visual feedback groups in peak knee flexion angle ($P=0.001$), hip flexion angle ($P=0.039$), and knee valgus angle ($P=0.001$). Post hoc Bonferroni tests revealed that the visual feedback group significantly increased peak knee flexion angle ($P=0.001$) and hip flexion angle ($P=0.001$). The visual feedback group ($P=0.001$) and the taping group ($P=0.001$) showed a significant decrease in peak knee valgus angle. The largest effect sizes were observed for peak knee flexion and valgus angles, with a large effect size (>0.14). There were no significant differences between the visual feedback and taping groups or between the pre-test and post-test for peak ankle dorsiflexion angle.

Conclusion

Both visual feedback and taping interventions positively reduced kinematic risk factors for ACL injury. However, the visual feedback group demonstrated a larger effect size on most variables than the taping group. This study's findings support visual feedback's effectiveness in controlling knee valgus and mitigating kinematic risk factors for ACL injury. Therefore, visual feedback is recommended for athletes seeking to reduce their risk of ACL injury.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of [Urmia University](#), Urmia, Iran (Code: IR.URMIA.REC.1403.031). Written informed consent was obtained from all participants.

Funding

This article was extracted from the Master's thesis of Nadia Babamiri, at the Department of Exercise Physiology and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, [Urmia University](#), Urmia, Iran. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the athletes who participated in this study for their cooperation.



تأثیر آنی فیدبک بصری و تیپینگ بر عوامل خطر کینماتیکی مردان ورزشکار با والگوس داینامیک زانو

نادیا بابامیری وزنه^۱، نرمین غنی‌زاده حصار^۱، *هادی عباس‌زاده قناتی^۲، محمدرضا هاتفی^۳

۱. گروه فیزیولوژی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

۳. گروه حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.



Citation Babamiri Vazneh N, Ghani Zadeh Hesar N, Abbaszadeh Ghanati H, Hatefi MR. [The Immediate Effect of Visual Feedback and Taping on Kinematic Risk Factors of Male Athletes With Dynamic Knee Valgus (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(2):302-317. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.2.3337>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.2.3337>

چکیده

مقدمه و اهداف یکی از مهم‌ترین عوامل خطر آسیب رباط صلیبی قدامی، والگوس داینامیک زانو است. از استراتژی‌های رایج جلوگیری از والگوس داینامیک زانو و متعاقباً پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی، روش تیپینگ و روش فیدبک بصری است. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه تأثیر آنی روش تیپینگ و روش فیدبک بصری بر عوامل خطر کینماتیکی مردان ورزشکار با والگوس داینامیک زانو بود.

مواد و روش‌ها تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود. در پژوهش حاضر ۳۴ ورزشکار با والگوس داینامیک زانو با دامنه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی به ۲ گروه تیپینگ تقسیم شدند. از نرم‌افزار کینووا جهت غربالگری والگوس داینامیک زانو طی فرود از سکوی ۳۲ سانتی‌متری استفاده شد. هر دو گروه مورد مطالعه تکالیف اسکات ۲، پا، اسکات تک‌پا، استپ داون تک‌پا و لترال استپ داون را در شرایط اعمال تیپینگ و فیدبک بصری انجام دادند. در روش تیپینگ، نواری به شکل حرف انگلیسی A از برجستگی تیپال تا روی کوندیل داخلی و خارجی استخوان ران چسبانده شد تا از حرکت قدامی تیپیا جلوگیری کند. در روش فیدبک بصری نیز فرد روبه‌روی آینه قدی می‌ایستاد و هم‌زمان با نگاه کردن به آینه از حرکت زانو‌ها به سمت خط میانی بدن جلوگیری می‌کرد. قبل و بعد از مداخله تمرینی زوایای فلکشن زانو و هیپ، والگوس زانو و دورسی فلکشن مچ پا بوسیله دستگاه IMU اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، روش آماری آنوای دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر در سطح معنی‌داری ($P \leq 0.05$) مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها نتایج مطالعه حاضر حاکی از افزایش مقادیر مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون در حداکثر زوایای فلکشن زانو ($P=0.001$) و فلکشن هیپ ($P=0.004$) در گروه فیدبک بصری بود. همچنین گروه فیدبک بصری ($P=0.001$) و گروه تیپینگ ($P=0.001$) کاهش معناداری در حداکثر زاویه والگوس زانو در مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون نشان دادند. در مقایسه بین گروهی، گروه فیدبک بصری نسبت به گروه تیپینگ افزایش معناداری در مقادیر حداکثر زوایای فلکشن زانو ($P=0.001$) و فلکشن هیپ ($P=0.039$) و کاهش معناداری در حداکثر زاویه والگوس زانو ($P=0.001$) نشان داد.

نتیجه‌گیری روش فیدبک بصری و تیپینگ به‌طور مثبتی عوامل خطر کینماتیکی آسیب ACL را کاهش دادند. با این وجود، اندازه اثر بدست آمده در اکثر متغیرها برای گروه فیدبک بصری بزرگتر از گروه تیپینگ بود. طبق نتایج مطالعه حاضر روش فیدبک بصری و نقش آن در کنترل والگوس زانو و کاهش عوامل خطر کینماتیکی آسیب رباط صلیبی قدامی مؤثر است و برای بهره‌مندی بیشتر ورزشکاران، روش فیدبک بصری پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها تیپینگ، فیدبک بصری، کینماتیک، والگوس داینامیک زانو

تاریخ دریافت: ۰۵ بهمن ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲۷ بهمن ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر هادی عباس‌زاده قناتی

نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی.

تلفن: ۰۹۸۴۹۶۴ (۹۱۹) ۹۸

رایانامه: h.abbaszade3343@gmail.com



Copyright © 2025 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

تک پا رخ می‌دهد. همچنین حرکات تک پا نسبت به حرکات ۲ پا حرکات چالش برانگیزتری هستند که شناسایی افراد با ریسک بالاتر آسیب را آسان تر می‌کند [۹]. در نهایت، بررسی والگوس داینامیک زانو طی حرکات تک پا به منظور مشخص بودن و کاربرد عملی بهتر در نظر گرفته می‌شود.

مطالعات متعددی به منظور شناسایی عوامل خطرناک آناتومیک، فیزیولوژیک، بیومکانیکی و عصبی عضلانی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی انجام شده است. این مطالعات بر بررسی مکانیسم‌های مختلفی که به طور بالقوه خطر آسیب را افزایش می‌دهند، تمرکز دارند [۱۰]. یک مطالعه موردی نشان می‌دهد آسیب رباط صلیبی قدامی ممکن است پس از فرود با زاویه فلکشن کم زانو و تغییرات سریع در زوایای چرخش و ابداکشن زانو در کمتر از ۴۰ میلی ثانیه در ابتدای فرود رخ دهد. این یافته بر اهمیت ثبات مناسب مفصل زانو در هنگام فرود تأکید می‌کند [۱۱]. از دیدگاه مکانیسم‌های آسیب، استراتژی‌های پیشگیری باید بر افزایش زاویه فلکشن و کاهش زاویه والگوس زانو در هنگام فرود تمرکز کنند. یکی از استراتژی‌های رایج جلوگیری از والگوس داینامیک زانو و متعاقباً پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی روش تیپینگ^۴ است. تیپینگ یک چسب نواری کشسان درمانی است که برای کمک به پیشگیری و درمان آسیب‌های ورزشی از طریق کاهش درد و افزایش حس عمقی، فعالیت عضلانی و دامنه حرکت فعال مفصل مفید در نظر گرفته شده است [۱۲]. یکی از روش‌های تیپینگ، تیپینگ رباط صلیبی قدامی است که برای جلوگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی با چسباندن نوار بر روی تیبیا در جهت قدامی خلفی به کار می‌رود [۱۳]. اخیراً تیپینگ برای جلوگیری از آسیب‌های زانوی مرتبط با نقص‌های بیومکانیکی پیشنهاد شده است [۱۴]. تیپینگ می‌تواند زاویه والگوس زانو را در طول فرود در ورزشکاران سالم کاهش دهد و قدرت عضلات کوادرسیپس ورزشکاران را افزایش دهد. قدرت بالای عضلات کوادرسیپس منجر به زاویه فلکشن زانوی بیشتر در هنگام فرود و نیروی عکس‌العمل زمین پایین تر می‌شود [۱۵]. احتمالاً روش تیپینگ به عنوان روشی برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی محسوب می‌شود.

روش دیگری که به طور مؤثری بر پیشگیری از آسیب اندام تحتانی، به خصوص آسیب رباط صلیبی قدامی تأثیر داشته و در اصلاح و بهبود راستای اندام تحتانی علی‌الخصوص زاویه والگوس و فلکشن زانو نتایج مثبتی ارائه کرده است استفاده از استراتژی‌های کنترل حرکتی و دستورالعمل‌های آموزش فیدبکی است [۱۶]. در یک مطالعه متاآنالیز از برنامه‌های عصبی عضلانی برای پیشگیری از آسیب، هوت و همکاران [۱۸] نتیجه گرفتند ترکیب بازخورد و تجزیه و تحلیل تکنیک در حین انجام وظایف عملکردی، خطر آسیب رباط صلیبی قدامی را کاهش می‌دهد، در حالی که

آسیب رباط صلیبی قدامی^۱ در ورزش بسیار شایع است، زیرا حدود ۹۱ درصد از این آسیب‌ها در فعالیت‌های ورزشی رخ می‌دهد [۱]. حداقل دوسوم پارگی‌های رباط صلیبی قدامی، آسیب‌های غیربرخوردی هستند که در حین پرش، کاتینگ یا چرخش با مکانیک فرود نامناسب برای ورزشکار اتفاق می‌افتد [۲]. در طول دهه گذشته، توسعه مدل‌های پیش‌بینی و ارزیابی آسیب رباط صلیبی قدامی درک ما از مکانیسم‌های آسیب مرتبط و شناسایی عوامل خطر آسیب رباط صلیبی قدامی را بهبود بخشیده است که منجر به توسعه برنامه‌های پیشگیری مؤثر از آسیب شده است [۳]. جنبه‌های عصبی عضلانی و بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی عوامل خطر قابل‌اصلاحی هستند که ممکن است با یک مداخله کاربردی برای کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی تنظیم شوند [۳]. اندازه‌گیری گشتاور و زاویه ابداکشن زانوی زیاد در حین پرش دراپ ورتیکال^۲، با حساسیت و ویژگی بالا آسیب رباط صلیبی قدامی را پیش‌بینی می‌کند و قابلیت اطمینان بالایی برای غربالگری آسیب اندام تحتانی دارد [۴]. بنابراین استفاده از ارزیابی بیومکانیکی پرش دراپ ورتیکال برای تعیین اثربخشی مداخله در آسیب‌های رباط صلیبی قدامی اقدامی مناسب است.

یکی از مهم‌ترین عوامل خطر آسیب رباط صلیبی قدامی والگوس داینامیک زانو^۳ است. والگوس داینامیک زانو یک الگوی حرکتی در اندام تحتانی است که به طور بالقوه ترکیبی از حرکات اداکشن و اینترنال روتیشن ران، ابداکشن زانو، جابه‌جایی قدامی تیبیا، اکسترنال روتیشن تیبیا و اورژن مچ پا است. این الگو یکی از عوامل مستعدکننده برای آسیب‌های حاد و مزمن، مانند آسیب رباط صلیبی قدامی غیربرخوردی و بروز سندرم درد پتلفومورال است [۵]. تحلیل ویدئویی ورزشکاران در طول بازی‌های همراه با آسیب و همچنین مطالعات روی اجساد [۶] بر مکانیسم والگوس زانو به عنوان مکانیسم آسیب رباط صلیبی قدامی تأکید می‌کنند. مطالعات روی اجساد نشان‌دهنده مکانیسم استرین رباط صلیبی قدامی در طول والگوس زانو با چرخش داخلی است [۶]. فرود تک پا و اسکوات تک پا برای ارزیابی بیومکانیک اندام تحتانی مرتبط با فشار بر رباط صلیبی قدامی استفاده می‌شود. یک مطالعه مروری صرفاً بر روی تحقیقات موجود بر روی حرکات تک پا علی‌الخصوص بر اسکوات تک پا و فرود تک پا تمرکز کرده است [۷]. این تمرکز به چند دلیل صورت گرفته است: اول اینکه، والگوس زانو در حالت ایستادن روی ۱ پا با از دست دادن تعادل، الگوی اصلی مشاهده شده در حین آسیب‌های اندام تحتانی است [۸]. دوم، اکثر موارد آسیب رباط صلیبی قدامی در حین فرود

1. Anterior Cruciate Ligament (ACL)
2. Drop Vertical Jump (DVJ)
3. Dynamic Knee Valgus (DKV)

4. Kinesio Taping

محققانی که بازخورد را در نظر نگرفتند، هیچ کاهش خطری را گزارش نکردند. مطالعات نشان داده‌اند عملکرد شناختی در انتقال حرکت آموخته‌شده از محیطی محدود به محیطی پویاتر نقش مهمی دارد [۱۹]. استفاده از بازخورد در جلسات تمرین یا توان‌بخشی، حل مسئله و یادگیری درونی را تقویت می‌کند و به‌طور مؤثری یادگیری الگوهای حرکتی جدید را بهبود می‌بخشد. بازخورد بصری برای هدف قرار دادن تغییرات عصبی‌عضلانی به‌صورت آنی یا پس از انجام تکلیف اجرا شده است [۲۰]. بازخورد لحظه‌ای به افراد این امکان را می‌دهد که حرکات خود را مشاهده کرده و تغییرات بیومکانیکی فوری ایجاد کنند. بنابراین این روش نسبت به روش‌های سنتی که در آن بازخورد پس از تکمیل کار ارائه می‌شود، ممکن است اثربخش‌تر باشد [۲۱].

برنامه‌های تمرینی مبتنی بر تقویت سیستم عصبی‌عضلانی توانسته‌اند تا ۵۰ درصد در مردان و ۶۷ درصد در زنان خطر آسیب رباط صلیبی قدامی را کاهش دهند [۲۲]. با این حال، هنوز توافق کاملی در مورد بهترین رویکرد وجود ندارد. از آنجایی که برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی معمولاً در یک دوره ۶ تا ۸ هفته‌ای انجام شده‌اند، یافتن روشی مؤثر برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی با اثرگذاری فوری می‌تواند رویکردی جدید و ارزشمند باشد. باتوجه به اینکه هم تیپینگ و هم روش فیدبک بصری به‌عنوان روش‌های سریع و مؤثر برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مطرح شده‌اند، مقایسه دقیق این دو روش می‌تواند به ما کمک کند تا بهترین رویکرد برای پیشگیری از این آسیب را انتخاب کنیم و برنامه‌های پیشگیری از آسیب را بهینه کنیم. باتوجه به مطالب مذکور هدف از مطالعه حاضر مقایسه تأثیر آنی فیدبک بصری و تیپینگ بر عوامل خطر کینماتیکی مردان ورزشکار با والگوس داینامیک زانو بود.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و تأثیرسنجی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری مطالعه حاضر مردان ورزشکار تفریحی رشته‌های پرشی (هندبال، بسکتبال و والیبال) در محدوده سنی ۲۰ تا ۲۵ سال بودند. حجم نمونه تحقیق، براساس معیارهای ورود به تحقیق به‌صورت هدفمند، توسط نرم افزار جی پاور نسخه ۳/۱/۹/۲ و براساس آزمون آماری آنوای دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر با فرض اندازه اثر ۰/۲۵ و آلفای ۰/۰۵، پاور ۰/۸۰ و با تعداد ۳ اندازه‌گیری ۲۸ نفر بود که با احتساب ۲۰ درصد ریزش احتمالی، ۳۴ نفر برآورد شد. بعد از هماهنگی‌های لازم با نمونه‌های تحقیق (مردان ورزشکار تفریحی رشته‌های پرشی والیبال، بسکتبال و هندبال) مرحله اول تحقیق، یعنی غربالگری والگوس داینامیک زانوی بیشتر از ۱۰ درجه والگوس زانو انجام شد که یکی از معیارهای مهم ورود به تحقیق حاضر بود. اندازه‌گیری‌های غربالگری در سالن سرپوشیده

که فقط یک در ورود داشت و بدون دید بود و دارای نور مناسب و دمای مناسب بود گرفته شد. تخصیص تصادفی افراد در گروه‌ها به این صورت بود: افراد با استفاده از وب‌سایت **رندومایز** در یکی از ۲ گروه فیدبک بصری ($n=17$) و گروه تیپینگ ($n=17$) قرار گرفتند. تخصیص پنهان با استفاده از جدول اعداد تصادفی بلوکی تولیدشده توسط کامپیوتر انجام شد (۱= گروه فیدبک بصری، ۲= گروه تیپینگ). قبل از شروع، جمع‌آوری اطلاعات توسط محقق انجام شد که در فراخوانی یا اجرای مداخلات شرکت نداشت. پس از آن، توالی عددی تصادفی در پاکت‌های غیرشفاف و مهروموم‌شده قرار گرفت. مطالعه حاضر دوسوکور بود. علاوه بر اینکه آزمودنی‌ها نسبت به تقسیم‌بندی گروه‌ها نابینا و کور بودند، ۲ محقق نیز نابینا از ارزیابی اولیه، هرکدام یک پاکت را باز کردند و مطابق با تعیین تکلیف گروه (۲ گروه آزمایش)، تمرینات را ارائه کردند. یک ارزیابی‌کننده مستقل که فرضیه و روش‌های مطالعه را نمی‌دانست، نتایج قبل و بعد از مداخلات را ارزیابی کرد.

معیارهای ورود به تحقیق: افراد ورزشکار رشته‌های پرشی (هندبال، بسکتبال و والیبال)، والگوس داینامیک زانو بیش از ۱۰ درجه طی فرود تک‌پا [۲۳]، عدم وجود آسیب در تنه و اندام تحتانی طی ۶ ماه گذشته، گروه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال، شاخص توده بدنی نرمال در محدوده ۱۸/۵ تا ۲۵. معیارهای خروج از تحقیق: وجود ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی، سابقه شکستگی یا دررفتگی ران، زانو و مچ پا، سابقه کمردرد در ۱ سال گذشته، آسیب‌دیدگی و استیوولار و لیگامانی در اندام تحتانی، شرکت در برنامه تمرینی یادگیری حرکتی در ۱ سال گذشته [۱۶].

آزمون فرود تک‌پا

از نرم‌افزار کینوویا نسخه ۰/۸/۱۵ (Bordeaux, France) جهت غربالگری والگوس داینامیک زانو طی فرود از سکوی ۳۲ سانتی‌متری استفاده شد. افراد با والگوس داینامیک زانوی بالاتر از ۱۰ درجه به‌عنوان افراد مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی در نظر گرفته شدند [۲۳]. زاویه والگوس زانو به‌عنوان زاویه بین خطی که از برجستگی خاصره‌ای قدامی فوقانی به مرکز بین کندیل‌ها (نه مرکز کشکک زانو) و خطی که از مرکز بین کندیل‌ها به مچ پا امتداد می‌یابد، تعریف و اندازه‌گیری شد. زاویه والگوس داینامیک زانو به‌عنوان تفاوت بین فریم استاتیک روی پلتفرم و فریم در لحظه انتهای تکلیف فرود ارزیابی شد که با استفاده از فیلم‌برداری دوبعدی و نرم‌افزار کینوویا انجام شد.

دستگاه آنالیز حرکت

از سیستم واحد اندازه‌گیری اینرسی یا حسگرهای اینرسی^۵ (IMU) جهت آنالیز حرکت با فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز و برند APEX، ساخت کشور ایران جهت جمع‌آوری اطلاعات

5. Inertial Movement Unit (IMV)

اجرای موفق و قابل قبول تکلیف پرش فرود عمودی تک پا داده‌های پیش‌آزمون ثبت و رکورد شد. سپس افراد روبه‌روی یک آینه قدی قرار گرفتند و با نگاه کردن به آینه، ۱۰ مرتبه هر کدام از ۴ تکلیف تمرینی اسکات ۲ پا، اسکات تک‌پا، استپ داون تک‌پا و لترال استپ داون را اجرا کردند. به‌طوری‌که توسط متخصص حرکات اصلاحی شرح داده شد که از نزدیک شدن حرکت زانوها به سمت خط میانی بدن جلوگیری شود (یعنی در راستای مستقیم باشد)؛ یعنی هم‌زمان با نگاه کردن به آینه والگوس داینامیک زانوها را کنترل کنند [۲۸]. افراد تمرینات تک‌پا را بر روی پای غالب (برای تعیین پای غالب افراد از آن‌ها سؤال شد که با کدام پا ترجیح می‌دهند بعد از یک پرش، فرود آیند) انجام دادند. بلافاصله بعد از اجرای تمرینات پس‌آزمون در شرایط پیش‌آزمون انجام شد. در طول تکلیف پرش فرود عمودی تک‌پا، هیچ باز خوردی به افراد داده نشد (تصویر شماره ۱).

روش تیپینگ

در این روش نیز آزمودنی‌ها پیش‌آزمون ۳ اجرای موفق و قابل قبول تکلیف پرش فرود عمودی تک‌پا را در شرایط نصب سنسورهای IMU بر روی اندام‌ها انجام دادند. افراد در گروه تیپینگ نیز بعد از اینکه روش تیپینگ بر روی آن‌ها اجرا شد، ۱۰ مرتبه هر کدام از ۴ تکلیف تمرینی اسکات ۲ پا، اسکات تک‌پا، استپ داون تک‌پا و لترال استپ داون را با وضعیت زانوی تیپ‌شده (برای پای غالب) اجرا کردند. روش تیپینگ به این صورت بود که یک روش استاندارد بانداژ تیپینگ (مناسب برای آسیب رباط صلیبی قدامی) روی پای افراد اعمال شد. نواری به عرض ۵ سانتی‌متر از کش تیپینگ (KinesioTex، ژاپن) به شکل حرف انگلیسی I (به طول ۳۰ سانتی‌متر) بریده شد و با کشش ۷۵ درصدی از برجستگی تیپال تا روی کوندیل داخلی و خارجی استخوان ران چسبانده شد تا از حرکت قدامی (جلو رفتن) تیپا جلوگیری کند [۲۰]. در آخر پس‌آزمون در شرایط پیش‌آزمون بدون هیچ باز خوردی در طول تکلیف پرش فرود عمودی تک‌پا، انجام شد (تصویر شماره ۱).

آنالیز آماری

به‌منظور بررسی، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های خام به‌دست‌آمده از تحقیق، از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. برای بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها از آزمون تی مستقل^۷ و جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. برای تعیین تفاوت‌های بین گروهی (گروه فیدبک بصری و گروه تیپینگ) و زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) از آزمون آماری آنوای دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد و سپس مقایسه از طریق آزمون تعقیبی (بونفرون) انجام شد. فاکتور درون گروهی

کینماتیکی افراد حین تکلیف پرش فرود استفاده شد [۲۴]. IMU از شتاب‌سنج‌ها، چرخش‌سنج‌ها و جاذبه‌سنج‌ها برای اندازه‌گیری شتاب و چرخش مفصل در ۳ صفحه حرکتی (سه‌می، جانب، عرضی) استفاده می‌کند [۲۵]. سنسورهای IMU هنگام اندازه‌گیری زوایای مفصل در حین حرکت چرخشی ساده، حرکت تنه، پریدن، اسکات و در حین تحلیل تکالیف راه رفتن معتبر هستند. IMU به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری معتبری برای اندازه‌گیری زوایای مفصلی در لگن، زانو و مچ پا در سطوح حرکتی ساجیتال، فرونتال و عرضی شناخته می‌شود. به‌آزمودنی‌ها سنسورهای IMU در لگن، ران، مچ پا و راست، ساق پای چپ و راست و قسمت پایینی مچ پا چپ و راست متصل شد. حسگرهای قسمت پایینی مچ پا، در قسمت پشتی و در ناحیه متاتارس پا، با فاصله مساوی بین سر متاتارس اول و پنجم با استفاده از سیستم لاستیکی محکم و وفق‌دهنده با کش قرار گرفتند. سنسورهای ساق پا مطابق با الگوی اتصال ساق پای خود دستگاه قرار گرفتند. الگوی مناسب استخوان درشت‌نی برای استاندارد کردن قرارگیری سنسور در بین شرکت‌کنندگان استفاده شد. سنسورهای ران، بین تروکانتر بزرگ و کندیل خارجی استخوان ران در قسمت خارجی ران قرار گرفت، درحالی‌که سنسور لگنی در قسمت خلفی و با فاصله مساوی بین برجستگی چپ و راست قسمت خلفی و فوقانی ایلیاک قرار گرفت. این پروتکل جاگذاری سنسورها در آزمایشگاه برای اطمینان از سازگاری قرار دادن سنسور ایجاد شد [۲۶].

تکلیف پرش فرود عمودی تک‌پا^۸

افراد پرش بعد از یک فرود عمودی را با پای غالب بر روی سطح زمین انجام دادند. برای تعیین پای غالب افراد از آن‌ها سؤال شد با کدام پا ترجیح می‌دهند بعد از یک پرش، فرود آیند. تکلیف پرش فرود عمودی تک‌پا شامل فرود از جعبه ۱۰ سانتی‌متری، فرود بر روی پای غالب، بلافاصله اجرای پرش عمودی حداکثری و دوباره فرود بود [۲۷]. زمانی که افراد پرش از روی جعبه را به‌جای فرود از آن انجام می‌دادند، پای مقابل به زمین برخورد می‌کرد، فرد به‌طور واضح تعادل خود را از دست می‌داد یا در طول تست می‌افتاد تست کنار گذاشته و تکرار می‌شد. در ضمن ۱ دقیقه استراحت بین هر تکرار برای جلوگیری از خستگی در نظر گرفته شده بود. متغیرهای حداکثر زوایای والگوس و فلکشن زانو، حداکثر زاویه فلکشن هیپ و حداکثر زاویه دورسی فلکشن مچ پا در طول این تکلیف توسط دستگاه IMU اندازه‌گیری شدند.

روش فیدبک بصری

در این روش آزمودنی‌ها پیش‌آزمون تکلیف پرش فرود عمودی تک‌پا (که قبلاً نحوه انجام آن توضیح داده شده است) را در شرایط نصب سنسورهای IMU بر روی اندام‌ها انجام دادند. بعد از انجام ۳

7. Independent T-test

6. Single Leg Vertical Drop Jump (SL-VDJ)



تصویر ۱. اجرای ۴ تکلیف تمرینی اسکات ۲ پا، اسکات تک پا، استپ داون تک پا و لترال استپ داون

طب توانبخشی

متغیرهای اندازه‌گیری نرمال است ($P > 0.05$) و همچنین از آزمون لون برای همگنی واریانس استفاده شد.

اثر متقابل گروه در زمان برای حداکثر زاویه فلکشن زانو ($F_{3,33} = 17.310$, $P = 0.001$) و حداکثر زاویه والگوس زانو ($F_{3,33} = 5.076$, $P = 0.031$) معنادار یافت شد ($P < 0.05$). اثر اصلی گروه برای حداکثر زاویه فلکشن زانو ($F_{3,33} = 5.966$, $P = 0.020$) و حداکثر زاویه والگوس زانو ($F_{3,33} = 9.021$, $P = 0.005$) معنادار یافت شد. اثر اصلی زمان برای حداکثر زوایای فلکشن زانو ($P = 0.001$), فلکشن هیپ ($F_{3,33} = 7.427$, $P = 0.010$) و والگوس زانو ($F_{3,33} = 9.021$, $P = 0.001$) معنادار شد ($P < 0.05$). در مقایسه بین گروهی، گروه فیدبک بصری نسبت به گروه تیپینگ افزایش معناداری در مقادیر حداکثر زوایای فلکشن زانو ($P = 0.001$) و فلکشن هیپ ($P = 0.039$) و کاهش معناداری در حداکثر زاویه والگوس زانو ($P = 0.001$) نشان داد. بیشترین مقدار اندازه اثر به دست آمده مربوط به حداکثر زاویه فلکشن و والگوس زانو است که با اندازه اثر بزرگ (بالتر از ۰/۱۴) در **جدول شماره ۲**

به عنوان اثر اصلی زمان و فاکتور بین گروهی به عنوان اثر اصلی گروه در نظر گرفته شد. همچنین ۹۵ درصد فاصله اطمینان ($CI_{95\%}$) براساس اختلاف میانگین گروه تعدیل شده محاسبه شد و مقادیر اندازه اثر به روش مجذور آتا^۱، ۰/۰۶، ۰/۱۴ و ۰/۰۱ به ترتیب به عنوان اندازه اثر بزرگ، متوسط و کوچک در نظر گرفته شد. داده‌های خام با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطح معناداری در تحقیق حاضر در سطح ۹۵ درصد با میزان آلفای کوچک تر و یا مساوی ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نشان داد در میانگین و انحراف معیار قد، وزن، سن و شاخص توده بدنی افراد بین ۲ گروه از نظر آماری تفاوت معناداری وجود ندارد ($P > 0.05$) (**جدول شماره ۱**). نتایج آزمون شاپیرو ویلک نشان داد توزیع داده‌ها در

8. Partial Eta Squared

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های ۲ گروه مورد مطالعه ($N = 17$)

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار		P
	تیپینگ	فیدبک بصری	
سن (سال)	۲۲/۲۵ $\pm$ ۱/۵۳	۲۲/۱۱ $\pm$ ۱/۸۶	۰/۶۹۱
وزن (کیلوگرم)	۷۵/۴۰ $\pm$ ۶/۳۷	۷۳/۱۶ $\pm$ ۵/۷۴	۰/۲۹۷
قد (سانتی‌متر)	۱۸۵/۲۳ $\pm$ ۵/۰۳	۱۸۳/۵۲ $\pm$ ۶/۳۴	۰/۳۸۲

طب توانبخشی

$P < 0.05$ اختلاف آماری معنی‌دار

جدول ۲. نتایج تغییرات کینماتیکی قبل و بعد از مداخلات تمرینی در ۲ گروه مورد مطالعه

متغیر	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار		اندازه اثر ⁺ (CI 95%)	سطح معناداری		
		پیش آزمون	پس آزمون		اثر اصلی زمان	اثر اصلی گروه	اثر متقابل گروه و زمان
حداکثر زاویه فلکشن زانو (زاویه)	تیپینگ	۴۸/۷۱ $\pm$ ۸۰/۴۰	۵۰/۶۱ $\pm$ ۶۷/۹۴	۰/۲۵ ^ε	F=۳۲/۱۳۹ P=۰/۰۰۱	F=۵/۹۶۶ P=۰/۰۲۰	F=۱۷/۳۱۰ P=۰/۰۰۱
	فیدبک بصری	۴۹/۶۱ $\pm$ ۳۴/۸۹	۶۱/۹۱ $\pm$ ۵۲/۳۰				
حداکثر زاویه فلکشن هیپ (زاویه)	تیپینگ	۳۹/۷۱ $\pm$ ۷۴/۸۷	۴۲/۸۱ $\pm$ ۴۹/۵۰	۰/۰۷	F=۷/۴۲۷ P=۰/۰۱۰	F=۰/۴۱۴ P=۰/۵۲۷	F=۲/۶۷۷ P=۰/۱۱۲
	فیدبک بصری	۳۸/۹۱ $\pm$ ۸۶/۲۸	۴۹/۱۱ $\pm$ ۸۴/۲۶				
حداکثر زاویه والگوس زانو (زاویه)	تیپینگ	۱۳/۲۱ $\pm$ ۵۰/۷۳	۸/۲۱ $\pm$ ۶۳/۰۲۳	۰/۲۲ ^ε	F=۹۰/۲۰۱ P=۰/۰۰۱	F=۹/۰۲۱ P=۰/۰۰۵	F=۵/۰۷۶ P=۰/۰۳۱
	فیدبک بصری	۱۲/۳۱ $\pm$ ۹۳/۴۹	۵/۲۱ $\pm$ ۰۲/۰۶۶				
حداکثر زاویه دورسی فلکشن مچ پا (زاویه)	تیپینگ	۱۷/۲۱ $\pm$ ۲۲/۸۹	۱۸/۲۱ $\pm$ ۰۱/۵۸	۰/۰۱	F=۰/۶۰۵ P=۰/۴۴۲	F=۲/۵۰۱ P=۰/۱۲۴	F=۰/۰۸۲ P=۰/۷۷۷
	فیدبک بصری	۱۸/۳۱ $\pm$ ۵۶/۱۷	۱۸/۳۱ $\pm$ ۹۲/۲۳				

طب توانبخشی

* اختلاف آماری معنادار ($P < ۰/۰۵$)، (P) اختلاف معنادار پیش آزمون به پس آزمون، ⁺ اندازه اثر (95% فاصله اطمینان)، ^ε اندازه اثر بزرگ partial eta squared (η^2) (۰/۱۴)

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده تغییرات موفقیت آمیز گروه فیدبک بصری در کاهش عوامل خطر کینماتیکی (فلکشن زانو و هیپ) بالقوه برای آسیب رباط صلیبی قدامی بود. در ارتباط با تغییرات مرحله پیش آزمون به پس آزمون حداکثر زوایای فلکشن زانو و هیپ در گروه فیدبک بصری به طور قابل ملاحظه ای بزرگ تر بود. در مقایسه بین گروه ها، گروه فیدبک بصری نسبت به گروه تیپینگ در زوایای فلکشن زانو و هیپ افزایش معناداری داشته است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات عباس زاده قناتی و همکاران [۱۷] و شمس و همکاران [۲۸] همخوانی دارد، ولی با نتایج مطالعه لویز و همکاران [۲۹] ناهمخوان بود.

نشان داده شده است. همچنین آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد گروه فیدبک بصری افزایش معناداری در حداکثر زوایای فلکشن زانو ($P = ۰/۰۰۱$) و فلکشن هیپ ($P = ۰/۰۰۴$) نشان داد. همچنین گروه فیدبک بصری ($P = ۰/۰۰۱$) و گروه تیپینگ ($P = ۰/۰۰۱$) کاهش معناداری در حداکثر زاویه والگوس زانو نشان دادند. در حداکثر زاویه دورسی فلکشن مچ پا بین ۲ گروه فیدبک بصری و تیپینگ تفاوت ها معنادار نبود. همچنین تفاوت ها در مرحله پیش آزمون به پس آزمون برای هیچ کدام از گروه ها معنادار نشد (جدول شماره ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

متغیر	زمان	گروه ۱	گروه ۲	سطح معناداری
حداکثر زاویه فلکشن زانو (زاویه)	پیش آزمون	تیپینگ	فیدبک بصری	۰/۸۲۶
	پس آزمون			۰/۰۰۱
حداکثر زاویه فلکشن هیپ (زاویه)	پیش آزمون			۰/۵۹۷
	پس آزمون			۰/۰۰۱
حداکثر زاویه والگوس زانو (زاویه)	پیش آزمون			۰/۷۶۷
	پس آزمون			۰/۰۹
حداکثر زاویه دورسی فلکشن مچ پا (زاویه)	پیش آزمون			۰/۲۱۰
	پس آزمون			۰/۳۷۰

طب توانبخشی

* اختلاف آماری معنادار بین گروه تیپینگ و گروه فیدبک بصری

در مقایسه بین گروه‌ها حداکثر زاویه فلکشن زانو و هیپ به نفع گروه فیدبک بصری افزایش معناداری را نشان داد. به‌طوری‌که اندازه اثر به‌دست‌آمده در حداکثر زاویه فلکشن زانو (۰/۳۵) به‌عنوان اندازه اثر بزرگ و برای حداکثر زاویه فلکشن هیپ (۰/۰۷) به‌عنوان اندازه اثر متوسط در نظر گرفته می‌شود. نتایج گویای تأثیرگذاری بهتر روش آنی فیدبک بصری نسبت به روش تیپینگ در افزایش زوایای فلکشن زانو و هیپ بود. از آنجایی‌که مطالعات پیشین نشان داده‌اند زوایای اندک فلکشن زانو و هیپ در صفحه ساجیتال، منجر به افزایش فشار ضربه‌ای وارده بر زانو و در نتیجه افزایش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی می‌شوند [۳۰].

[۳۱]. افزایش در زوایای مفاصل ذکر شده می‌تواند یافته ارزشمندی در راستای کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی تلقی شود. طبق مطالعه‌ای بین زاویه فلکشن زانو و هیپ در طول فاز فرود و نیروهای عکس‌العمل زمین، ارتباط مستقیمی وجود دارد [۳۲]. این یافته‌ها حاکی از آن است که تکنیک فرود نامناسب و کاهش فلکشن مفاصل تحتانی، یکی از عوامل مهم در افزایش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی به شمار می‌رود [۳۳].

مطالعات متعدد [۳۴، ۳۵] نشان داده‌اند در آموزش مهارت‌های حرکتی ورزشی، ارائه بازخورد با تمرکز توجه بیرونی (مانند تمرکز بر اثر حرکت) به جای تمرکز توجه درونی (مانند وضعیت خود اندام‌های فرد) نتایج بهتری در پی دارد. به‌عنوان مثال، یک ورزشکار به دستوری مانند «زانوی خود را به سمت مخروط هدایت کنید» بهتر از دستور «زانوی خود را بر روی پا حفظ کنید» پاسخ می‌دهد. این رویکرد می‌تواند در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی نیز مؤثر باشد، زیرا تمرکز بر نتیجه دلخواه باعث بهبود هماهنگی عضلانی و کاهش فشار بر مفاصل می‌شود. مکانیسم زیربنایی بازخورد با تمرکز توجه بیرونی، فرایندهای عصبی خودکار یا ناخودآگاه است [۳۶]. این فرایندها به افراد امکان می‌دهند منابع بیشتری را به سایر عناصر فعالیت اختصاص دهند (مانند شرایط زمین، سایر ورزشکاران) [۳۷]. در مقابل، بازخورد با تمرکز توجه درونی کنترل آگاهانه بیشتری را ترویج می‌کند که سیستم حرکتی را محدود کرده و با خودکارسازی آن تداخل ایجاد می‌کند [۳۶]. علاوه‌براین، اگرچه بازخورد پس از انجام تمرین در تغییر الگوهای حرکتی اندام تحتانی موفق بوده است [۳۸]. فرضیه بر این است که بازخورد آنی با ارائه یک یادآوری خارجی ثابت در حین انجام تمرین، این اثرات را تقویت می‌کند. این امر تمایل فرد به تمرکز بر حرکات خود (یعنی تمرکز داخلی) را کاهش می‌دهد [۳۹]. در مطالعه حاضر با اعمال روش آنی فیدبک بصری و به دنبال آن اصلاح راستای اندام تحتانی علی‌الخصوص والگوس داینامیک زانو، مفاصل اندام تحتانی (هیپ، زانو و مچ پا) در شرایط بیومکانیکی بهتری در طول حرکات عملکردی ایفای نقش کرده و موجب افزایش زوایای فلکشن هیپ و زانو می‌شوند [۱۶]. اصلاح راستای اندام تحتانی با دستورالعمل‌های آنی فیدبک بصری تأثیر معناداری بر کاهش ریسک فاکتورهای آسیب رباط صلیبی قدامی

داشته است. به‌طوری‌که تحقیق بنجامین و همکاران نشان داد دستورالعمل‌های با فیدبک بصری تأثیر بهتری نسبت به فیدبک کلامی و سایر روش‌های فیدبکی دارد [۴۰]. در مطالعه حاضر نیز روش فیدبک بصری به‌صورت دیداری از طریق آینه اعمال شد که تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش زوایای زانو و هیپ داشت.

طبق یک مقاله مروری در ارتباط با حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، مشخص نبوده چرا برنامه‌های پیشگیری از آسیب هیچ تأثیری در زنان و مردان نداشته است. شواهد فراوان نشان داده است فرود با فلکشن بیشتر زانو و ران، نیروی وارد بر مفصل را کاهش می‌دهد [۴۱]. باین‌حال برنامه‌های پیشگیری از آسیب علی‌رغم افزایش این فلکشن در زوایای اندام تحتانی، تأثیر قابل‌توجهی در کاهش حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین نداشته‌اند [۲۹]. برخی مطالعات کاهش اندکی در نیروی عکس‌العمل زمین را گزارش کرده‌اند [۴۲، ۴۳]. اگرچه اکثر برنامه‌های پیشگیری از آسیب تأثیر چندانی بر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین نداشته‌اند، ولی به‌نظر می‌رسد در آن دسته از مطالعاتی که برنامه‌های پیشگیری از آسیب شامل پرش و فرود بوده‌اند، بر بهبود مکانیک فرود تأکید داشتند [۱۶]. حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین کاهش یافته است. باین‌حال مشخص نیست آیا تمرکز بر مکانیک فرود به‌تنهایی برای کاهش حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و به دنبال آن کاهش آسیب کافی باشد، بنابراین نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه هست. باتوجه‌به اندازه اثر بالای گزارش شده برای زاویه فلکشن زانو و اندازه اثر متوسط برای زاویه فلکشن هیپ می‌توان نتیجه گرفت که تکلیف پرش فرود می‌تواند با نرمی و روانی بیشتری صورت گیرد که نهایتاً منجر به کاهش نیروهای وارده از سطح شود و به دنبال آن باعث کاهش نیروهای وارد بر زانو و رباط صلیبی قدامی شود.

همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد هر دو روش فیدبک بصری و تیپینگ موجب کاهش در مقادیر زاویه والگوس زانوی افراد شدند. به‌طوری‌که بیشترین کاهش درون گروهی به ترتیب مربوط به گروه فیدبک بصری و گروه تیپینگ بود. با وجود کاهش آماری معنادار در زاویه والگوس زانوی افراد گروه تیپینگ، کاهش آماری معناداری بین گروه فیدبک بصری و گروه تیپینگ در زاویه والگوس زانو مشاهده شد. این نشان‌دهنده این است که کاهش زاویه والگوس زانو در گروه فیدبک بصری به‌طور چشمگیری بیشتر بوده است. در تأیید این کاهش چشمگیر، اندازه اثر گزارش شده در زاویه والگوس زانو بزرگ (۰/۲۲) بود. نتایج مطالعه حاضر با نتایج تحقیقات عباس‌زاده قناتی و همکاران [۱۶] و مارشال و همکاران [۴۴] همسو بود، اما با تحقیق مقصودی و همکاران [۴۵] نا همسو بود. از دلایل ناهمسوئی می‌توان به تفاوت در جنسیت، تعداد نمونه و نوع جامعه آماری اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر کاهش عوامل خطر کینماتیکی آسیب رباط صلیبی قدامی با ۲ روش فیدبک بصری و تیپینگ بود. تغییرات درون‌گروهی در حداکثر زوایای فلکشن زانو و هیپ و حداکثر زاویه والگوس زانو در گروه فیدبک بصری به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای معنادار بود، اما در گروه تیپینگ تنها در حداکثر زاویه والگوس زانو معنادار یافت شد. همچنین گروه فیدبک بصری نسبت به گروه تیپینگ افزایش معناداری در حداکثر زوایای فلکشن زانو و هیپ و کاهش معناداری در حداکثر زاویه والگوس زانو نشان داد. باتوجه‌به اندازه اثر بزرگ گزارش‌شده برای روش فیدبک بصری، این روش موجب کاهش والگوس داینامیک زانو و افزایش زوایای فلکشن هیپ و زانو می‌شود. بنابراین به مربیان و ورزشکاران پیشنهاد می‌شود برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی از روش فیدبک بصری در طول جلسات تمرینی بهره ببرند.

این تحقیق دارای چندین محدودیت بود اول، مطالعه حاضر ادعایی برای تعمیم نتایج به تمام افراد جامعه ندارد. این مطالعه فقط شامل ورزشکاران مرد بود، بنابراین مطالعه بایستی بر روی زنان، نوجوانان، افراد تمرین‌نکرده و افراد با شاخص توده بالا و غیره مورد آزمایش قرار گیرد. نتایج مطالعه علی‌الخصوص بایستی بر روی زنان انجام شود؛ زیرا نشان داده شده است زنان به انواع مختلفی از استراتژی‌های فیدبکی و یادگیری حرکتی جهت پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی پاسخ متفاوتی داده‌اند. همچنین بررسی به روش تأثیر آنی و عدم وجود گروه کنترل به دلیل عدم دسترسی به تعداد نمونه‌های بالاتر از محدودیت‌های تحقیق حاضر بود که پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده تأثیر بلندمدت تمرینات را همراه با گروه کنترل بررسی کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق **دانشگاه ارومیه** در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.URMIA.REC.1403.031 دریافت شده است. قبل از اجرای آزمون فرم رضایت‌نامه آگاهانه مورد تأیید دانشگاه توسط شرکت‌کنندگان تکمیل شد.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نادیا بابامیری در گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشکده علوم ورزشی **دانشگاه ارومیه** است و هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مطالعات متعدد نشان داده‌اند گشتاور والگوس زانو به‌عنوان یکی از عوامل اصلی ایجاد کشش رباط صلیبی قدامی عمل می‌کند و در نتیجه نقش مهمی در مکانیسم آسیب این رباط ایفا می‌کند [۴۷، ۴۶]. همچنین، افراد دارای آسیب رباط صلیبی قدامی اغلب زاویه والگوس زانوی بیشتری نسبت به افراد سالم دارند [۴۸]. افزایش زاویه و گشتاور والگوس زانو به‌عنوان عوامل خطر برای آسیب رباط صلیبی قدامی شناخته شده‌اند [۴۹] و والگوس زانو به‌عنوان یک الگوی حرکتی نامطلوب در ارتباط با آسیب رباط صلیبی قدامی در نظر گرفته می‌شود [۵۰]. گشتاور والگوس زانو با ایجاد فشار بر بخش خارجی مفصل زانو و چرخش داخلی استخوان درشت‌نی، احتمال آسیب رباط صلیبی قدامی را افزایش می‌دهد [۵۱]. یک مکانیسم رایج برای آسیب رباط صلیبی قدامی، فروپاشی والگوس زانو است که در آن ترکیبی از حرکات، مانند پرونیشن مچ پا، ابداکشن زانو و چرخش داخلی ران و لترال فلکشن تنه به سمت پای متحمل وزن رخ می‌دهد [۴۷]. در این شرایط، گشتاور والگوس زانو باعث کشش بیشتر رباط صلیبی قدامی و افزایش فشار بر بخش خارجی مفصل می‌شود [۵۲]. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد روش‌های تمرینی، به‌ویژه روش فیدبک بصری، به‌طور مؤثری باعث کاهش حداکثر زاویه والگوس زانو می‌شوند. این کاهش می‌تواند از نظر بالینی حائز اهمیت باشد، چراکه گشتاور والگوس زانو به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کننده قوی برای آسیب رباط صلیبی قدامی شناخته شده است [۴۹].

تغییرات پیش‌آزمون به پس‌آزمون گروه تیپینگ نیز معنادار بود؛ یعنی با اعمال روش تیپینگ زاویه والگوس زانو در طول تکلیف عملکردی پرش دراپ ورتیکال بهبود یافت. مطالعات نشان داده‌اند زاویه والگوس زانو در زمان تماس اولیه پا و همچنین حداکثر زاویه والگوس زانو، با ترنسلیشن قدامی تیبیا در فرود ورزشکاران مرد ارتباط مستقیم دارد [۴۹]. مطالعات قبلی نتیجه‌گیری کرده‌اند برنامه‌های پیشگیری باید بر تکنیک فرود با فلکشن زانو و بدون بارگذاری والگوس زانو تمرکز داشته باشند [۱۱]. این نتایج نشان می‌دهند تیپ رباط صلیبی قدامی ممکن است رفتار و الگوی حرکتی فرود پرش عمودی دراپ ورتیکال را تغییر دهد و همچنین فرود پرش عمودی دارای حرکت بیشتر در صفحه فرونتال است [۵۳]. مکانیسم اصلی اثرگذاری تیپینگ، تحریک گیرنده‌های مکانیکی پوستی، از طریق محرک لامسه‌ای است که باعث بهبود حس عمقی، حس وضعیت مفصل و ادراک فرد برای جلوگیری از حرکات بیش‌ازحد می‌شود [۵۴]. باتوجه‌به مطالب ذکرشده کاهش زاویه والگوس زانو احتمالاً به دنبال تأثیرگذاری روش تیپینگ بر روی حرکات زانو باشد.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی ورزشکارانی که در این مطالعه شرکت کردند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

- [1] Paul JJ, Spindler KP, Andrich JT, Parker RD, Secic M, Bergfeld JA. Jumping versus nonjumping anterior cruciate ligament injuries: A comparison of pathology. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2003; 13(1):1-5. [DOI:10.1097/00042752-200301000-00001] [PMID]
- [2] Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the hunt valley II meeting, January 2005. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(9):1512-32. [DOI:10.1177/0363546506286866] [PMID]
- [3] Sugimoto D, Myer GD, Foss KD, Pepin MJ, Micheli LJ, Hewett TE. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: Meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2016; 50(20):1259-66. [DOI:10.1136/bjsports-2015-095596]
- [4] Malfait B, Sankey S, Firhad Raja Azidin RM, Deschamps K, Vannerterghem J, Robinson MA, Staes F, Verschueren S. How reliable are lower-limb kinematics and kinetics during a drop vertical jump? *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2014; 46(4):678-85. [DOI:10.1249/MSS.000000000000170] [PMID]
- [5] Holden S, Boreham C, Delahunt E. Sex differences in landing biomechanics and postural stability during adolescence: A systematic review with meta-analyses. *Sports Medicine*. 2016; 46(2):241-53. [DOI:10.1007/s40279-015-0416-6] [PMID]
- [6] Fukuda Y, Woo SL, Loh JC, Tsuda E, Tang P, McMahon PJ, et al. A quantitative analysis of valgus torque on the ACL: a human cadaveric study. *Journal of Orthopaedic Research*. 2003; 21(6):1107-12. [DOI:10.1016/S0736-0266(03)00084-6] [PMID]
- [7] Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic knee valgus in single-leg movement tasks. Potentially modifiable factors and exercise training options. A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(21):8208. [DOI:10.3390/ijerph17218208] [PMID] [PMCID]
- [8] Grassi A, Smiley SP, Roberti di Sarsina T, Signorelli C, Marchegiani Muccioli GM, et al. Mechanisms and situations of anterior cruciate ligament injuries in professional male soccer players: A YouTube-based video analysis. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2017; 27(7):967-81. [DOI:10.1007/s00590-017-1905-0] [PMID]
- [9] Mauntel TC, Frank BS, Begalle RL, Blackburn JT, Padua DA. Kinematic differences between those with and without medial knee displacement during a single-leg squat. *Journal of Applied Biomechanics*. 2014; 30(6):707-12. [DOI:10.1123/jab.2014-0003] [PMID]
- [10] Zebis MK, Aagaard P, Andersen LL, Hölmich P, Clausen MB, Brandt M, et al. First-time anterior cruciate ligament injury in adolescent female elite athletes: A prospective cohort study to identify modifiable risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2022; 30(4):1341-51. [DOI:10.1007/s00167-021-06595-8] [PMID] [PMCID]
- [11] Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: Knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010; 38(11):2218-25. [DOI:10.1177/0363546510373570] [PMID]
- [12] Parreira Pdo C, Costa Lda C, Hespanhol LC Jr, Lopes AD, Costa LO. Current evidence does not support the use of Kinesio Taping in clinical practice: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*. 2014; 60(1):31-9. [DOI:10.1016/j.jphys.2013.12.008] [PMID]
- [13] Sinsurin K, Vachalathiti R, Jalayondeja W, Limroongreungrat W. Altered peak knee valgus during jump-landing among various directions in basketball and volleyball athletes. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2013; 4(3):195-200. [DOI:10.5812/asjsm.34258] [PMID] [PMCID]
- [14] Limroongreungrat W, Boonkerd C. Immediate effect of ACL kinesio taping technique on knee joint biomechanics during a drop vertical jump: A randomized crossover controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*. 2019; 11:32. [DOI:10.1186/s13102-019-0144-6] [PMID] [PMCID]
- [15] Ward SH, Blackburn JT, Padua DA, Stanley LE, Harkey MS, Luc-Harkey BA, et al. Quadriceps neuromuscular function and jump-landing sagittal-plane knee biomechanics after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*. 2018; 53(2):135-43. [DOI:10.4085/1062-6050-306-16] [PMID] [PMCID]
- [16] Ghanati HA, Letafatkar A, Almonroeder TG, Rabiei P. Examining the influence of attentional focus on the effects of a neuromuscular training program in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022; 36(6):1568-75. [DOI:10.1519/JSC.0000000000003681] [PMID]
- [17] Ghanati HA, Letafatkar A, Shojaedin S, Hadadnezhad M, Schöllhorn WI. Comparing the effects of differential learning, self-controlled feedback, and external focus of attention training on biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament (ACL) in athletes: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(16):10052. [DOI:10.3390/ijerph191610052] [PMID] [PMCID]
- [18] Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(3):490-8. [DOI:10.1177/0363546505282619] [PMID]
- [19] Bennett R. Injury prevention and rehabilitation in sport. Ramsbury: Crowood Press; 2015. [link]
- [20] Ford KR, DiCesare CA, Myer GD, Hewett TE. Real-time biofeedback to target risk of anterior cruciate ligament injury: A technical report for injury prevention and rehabilitation. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2015; 24(2):2013-0138. [DOI:10.1123/jsr.2013-0138] [PMID]
- [21] Winstein CJ. Knowledge of results and motor learning--implications for physical therapy. *Physical Therapy*. 1991; 71(2):140-9. [DOI:10.1093/ptj/71.2.140] [PMID]

- [22] Fevre A, Moriceau J, Almazán-Polo J, García-Pérez-de-Sevilla G. Immediate effect of a kinesiotape bandage on knee mechanics during functional tests in female rugby and football athletes: A pilot study. *Applied Sciences*. 2024; 14(7):2839. [DOI:10.3390/app14072839]
- [23] Richardson MC, Wilkinson A, Chesterton P, Evans W. Effect of sand on landing knee valgus during single-leg land and drop jump tasks: Possible implications for ACL injury prevention and rehabilitation. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2020; 30(1):97-104. [DOI:10.1123/jsr.2019-0306] [PMID]
- [24] Amin Mohammadian M, Mozayyany H, Bagheri Koudakani S, Maloney SJ. Validity and reliability of torso- versus waist-worn inertial measurement units in the assessment of vertical jumps. *Journal of Biomechanics*. 2024; 176:112338. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2024.112338] [PMID]
- [25] Carmona-Pérez C, Garrido-Castro JL, Torres Vidal F, Alcaraz-Clariana S, García-Luque L, Alburquerque-Sendín F, et al. Concurrent validity and reliability of an inertial measurement unit for the assessment of craniocervical range of motion in subjects with cerebral palsy. *Diagnostics*. 2020; 10(2):80. [DOI:10.3390/diagnostics10020080] [PMID] [PMCID]
- [26] Thomas JM, Kollock RO. The Reliability of Three-Dimensional Inertial Measurement Units in Capturing Lower-Body Joint Kinematics during Single-Leg Landing Tasks. *International Journal of Exercise Science*. 2022; 15(1):1306. [DOI:10.70252/TSEW4342]
- [27] Stensrud S, Myklebust G, Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*. 2011; 45(7):589-95. [DOI:10.1136/bjsm.2010.078287] [PMID]
- [28] Shams F, Hadadnezhad M, Letafatkar A, Hogg J. Valgus control feedback and taping improves the effects of plyometric exercises in women with dynamic knee valgus. *Sports Health*. 2022; 14(5):747-57. [DOI:10.1177/19417381211049805] [PMID] [PMCID]
- [29] Lopes TJA, Simic M, Myer GD, Ford KR, Hewett TE, Pappas E. The effects of injury prevention programs on the biomechanics of landing tasks: A systematic review with meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*. 2018; 46(6):1492-9. [DOI:10.1177/0363546517716930] [PMID] [PMCID]
- [30] Zhang SN, Bates BT, Dufek JS. Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(4):812-9. [DOI:10.1097/00005768-200004000-00014] [PMID]
- [31] Yu B, Lin CF, Garrett WE. Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clinical Biomechanics*. 2006; 21(3):297-305. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.11.003] [PMID]
- [32] Aizawa J, Ohji S, Koga H, Masuda T, Yagishita K. Correlations between sagittal plane kinematics and landing impact force during single-leg lateral jump-landings. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(8):2316-21. [DOI:10.1589/jpts.28.2316] [PMID] [PMCID]
- [33] Zhou H, Ugbole UC. Is there a relationship between strike pattern and injury during running: A review. *Physical Activity and Health*. 2019; 3(1):127-34. [DOI:10.5334/paah.45]
- [34] Wulf G. Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2013; 6(1):77-104. [DOI:10.1080/1750984X.2012.723728]
- [35] Wulf G, McConnel N, Gärtner M, Schwarz A. Enhancing the learning of sport skills through external-focus feedback. *Journal of Motor Behavior*. 2002; 34(2):171-82. [DOI:10.1080/00222890209601939] [PMID]
- [36] Wulf G, McNevin N, Shea CH. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2001; 54(4):1143-54. [DOI:10.1080/02724980143000118]
- [37] Benjaminse A, Gokeler A, Dowling AV, Faigenbaum A, Ford KR, Hewett TE, et al. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: Novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2015; 45(3):170-82. [DOI:10.2519/jospt.2015.4986] [PMID]
- [38] Oñate JA, Guskiewicz KM, Marshall SW, Giuliani C, Yu B, Garrett WE. Instruction of jump-landing technique using videotape feedback: Altering lower extremity motion patterns. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(6):831-42. [DOI:10.1177/0363546504271499] [PMID]
- [39] Wulf G, Shea CH. Understanding the role of augmented feedback: The good, the bad and the ugly. In: Williams AM, Hodges NJ, editors. *Skill acquisition in sport*. Milton Park: Routledge; 2004. [Link]
- [40] Benjaminse A, Otten B, Gokeler A, Diercks RL, Lemmink KAPM. Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: A randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017; 25(8):2365-76. [DOI:10.1007/s00167-015-3727-0] [PMID] [PMCID]
- [41] Wernli K, Ng L, Phan X, Davey P, Grisbrook T. The relationship between landing sound, vertical ground reaction force, and kinematics of the lower limb during drop landings in healthy men. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2016; 46(3):194-9. [DOI:10.2519/jospt.2016.6041] [PMID]
- [42] Araujo S, Cohen D, Hayes L. Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: A pilot study. *Journal of Human Kinetics*. 2015; 45:27-37. [DOI:10.1515/hukin-2015-0004] [PMID] [PMCID]
- [43] Beaulieu ML, Palmieri-Smith RM. Real-time feedback on knee abduction moment does not improve frontal-plane knee mechanics during jump landings. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2014; 24(4):692-9. [DOI:10.1111/sms.12051] [PMID]
- [44] Marshall AN, Hertel J, Hart JM, Russell S, Saliba SA. Visual biofeedback and changes in lower extremity kinematics in individuals with medial knee displacement. *Journal of Athletic Training*. 2020; 55(3):255-64. [DOI:10.4085/1062-6050-383-18] [PMID] [PMCID]

- [45] Maqsood M, Vácz M. Immediate effects of quadriceps muscle kinesiology taping on joint position sense and force sense in healthy individuals. 2023; [Unpublished]. [\[DOI:10.20944/preprints202303.0188.v1\]](https://doi.org/10.20944/preprints202303.0188.v1)
- [46] Bates NA, Nesbitt RJ, Shearn JT, Myer GD, Hewett TE. Knee abduction affects greater magnitude of change in ACL and MCL strains than matched internal tibial rotation in vitro. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2017; 475(10):2385-96. [\[DOI:10.1007/s11999-017-5367-9\]](https://doi.org/10.1007/s11999-017-5367-9) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [47] Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Quatman CE, Wordeman SC, Goel VK, et al. Strain response of the anterior cruciate ligament to uniplanar and multiplanar loads during simulated landings: Implications for injury mechanism. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016; 44(8):2087-96. [\[DOI:10.1177/0363546516640499\]](https://doi.org/10.1177/0363546516640499) [\[PMID\]](#)
- [48] Markström JL, Tengman E, Häger CK. ACL-reconstructed and ACL-deficient individuals show differentiated trunk, hip, and knee kinematics during vertical hops more than 20 years post-injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2018; 26(2):358-67. [\[DOI:10.1007/s00167-017-4528-4\]](https://doi.org/10.1007/s00167-017-4528-4) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [49] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(4):492-501. [\[DOI:10.1177/0363546504269591\]](https://doi.org/10.1177/0363546504269591) [\[PMID\]](#)
- [50] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*. 2016; 34(11):1843-55. [\[DOI:10.1002/jor.23414\]](https://doi.org/10.1002/jor.23414) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [51] Navacchia A, Bates NA, Schilaty ND, Krych AJ, Hewett TE. Knee abduction and internal rotation moments increase acl force during landing through the posterior slope of the Tibia. *Journal of Orthopaedic Research*. 2019; 37(8):1730-1742. [\[DOI:10.1002/jor.24313\]](https://doi.org/10.1002/jor.24313) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [52] Kiapour AM, Kiapour A, Goel VK, Quatman CE, Wordeman SC, Hewett TE, Demetropoulos CK. Uni-directional coupling between tibiofemoral frontal and axial plane rotation supports valgus collapse mechanism of ACL injury. *Journal of Biomechanics*. 2015; 48(10):1745-51. [\[DOI:10.1016/j.jbiomech.2015.05.017\]](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.05.017) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [53] Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2003; 35(10):1745-50. [\[DOI:10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9\]](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9) [\[PMID\]](#)
- [54] Kase K, Wallis J, Kase T. Clinical therapeutic applications of the Kinesio taping method. Albuquerque: Kinesio Taping Association International; 2013. [\[Link\]](#)

This Page Intentionally Left Blank