

Review Paper

Investigating the Immediate Effect of Feedback on the Performance of People With Abnormal Lower Extremity Movement Patterns: A Review



Aliasghar Norasteh¹, *Mohadeseh Ashrafizadeh²

1. Department of Physiotherapy, Faculty of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.

2. Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.



Citation Norasteh A, Ashrafizadeh M. [Investigating the Immediate Effect of Feedback on the Performance of People With Abnormal Lower Extremity Movement Patterns: A Review (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(5):802-815. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.12>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.12>



ABSTRACT

Background and Aims Faulty movement patterns can lead to dysfunctional and uncoordinated mobility. A proper pattern can cause better movement. In fact, an efficient movement provides more energy for endurance and power with less effort and more mobility and agility. Many studies have reported the effect of feedback on improving faulty movement patterns as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. This study aims to investigate whether feedback can affect the performance of people with abnormal lower extremity movement patterns or not.

Methods This is a systematic review study. Related articles published from 2000 to 2020 were found by searching in international (Google Scholar, PubMed, ScienceDirect) and national (MagIran, IranDoc) databases using the keyword videotape augmented feedback, augmented feedback, feedback, jump-landing, immediate effect.

Results Out of 10 reviewed studies, two were systematic review studies, one was a systematic meta-analysis study, and seven were interventional studies. In all studies, feedback methods had a positive effect on the biomechanics of the lower limb. Three studies examined the impact of feedback on performance, of which two studies stated that feedback caused a decrease in performance, while one study stated that feedback did not affect performance.

Conclusion In many studies, feedback methods improved movement patterns, but further studies are needed to understand the effect of feedback on the performance of people with abnormal lower extremity movement patterns.

Keywords Videotape augmented feedback, Augmented feedback, Feedback, Jump landing and immediate effect

Received: 27 Jun 2021

Accepted: 02 Nov 2021

Available Online: 23 Nov 2023

*** Corresponding Author:**

Mohadeseh Ashrafizadeh, PhD.

Address: Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Tel: +98 (919) 8456108

E-Mail: ashrafizadeh.m1994@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Faulty movement patterns can lead to dysfunctional and uncoordinated mobility. A proper movement pattern can cause better movement. In fact, an efficient movement provides more energy for endurance and power with less effort and more mobility and agility. Many studies have found that short-term feedback is effective in improving movement patterns but have ignored its effect on performance-related variables. The question is whether short-term feedback can reduce the performance or improve it. Sufficient feedback should be provided at an appropriate time. This study aims to investigate whether feedback methods can affect the performance of people with abnormal lower extremity movement patterns or not.

Materials and Methods

This is a systematic review study. A search was conducted in international databases such as [Google Scholar](#), [PubMed](#), [ScienceDirect](#), and national databases including [MagIran](#) and [IranDoc](#) using the keywords videotape augmented feedback, augmented feedback, Feedback, jump landing, and immediate effect to find the related studies published from 2000 to 2020. The studies that examined the effect of feedback on healthy individuals with abnormal lower extremity movement patterns were included. Exclusion criteria were the study on injured people and the use of long-term feedback. There were no restrictions for selecting studies based on their design. The full texts of all articles were read, and relevant data were extracted, considering the purpose of this research. A total of 239 articles were found by the initial search. Duplicate and irrelevant articles were removed by reviewing the titles and abstracts in the screening phase. In this regard, 45 articles remained. After reading the full texts, 10 eligible articles were entered into the study.

Results

Out of 10 reviewed studies, two were systematic review studies, one was a systematic meta-analysis study, and seven were interventional studies. In all studies, feedback had a positive effect on the biomechanics of the lower limb. Three studies examined the impact of feedback method on performance, of which two studies stated that feedback method caused a decrease in performance, while one study stated that feedback did not affect performance.

Conclusion

In many studies, feedback method improved movement patterns, but further studies are needed to understand the effect of feedback on the performance of people with abnormal lower extremity movement patterns.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This is a systematic review study with no human or animal sample. There were no ethical principles to be considered in this research.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

This Page Intentionally Left Blank



مقاله مروری

بررسی اثر آنی بازخورد بر عملکرد ورزشکاران با نقص‌های الگوهای حرکتی اندام تحتانی

علی اصغر نورسته^۱، *محدثه اشرفی‌زاده^۲

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشکده پزشکی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲. گروه آسیب‌های ورزشی و تمرینات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Norasteh A, Ashrafizadeh M. [Investigating the Immediate Effect of Feedback on the Performance of People With Abnormal Lower Extremity Movement Patterns: A Review (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(5):802-815. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.12>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.12>

چکیده



مقدمه و اهداف وقتی الگوهای حرکتی با نقص همراه باشند، حرکت ناکارآمد، ناهماهنگ و دشوار است. از نظر عملکرد و اجراء الگوی حرکتی مناسب به معنای حرکت بهتر است. در واقع حرکت کارآمدتر به معنی انرژی بیشتر در دسترس برای استقامت، قدرت بیشتر با تلاش کمتر، تحرک و چابکی بیشتر است. مطالعات زیادی اثر بازخورد بر بهبود نقص‌های الگوهای حرکتی به‌عنوان عوامل خطرزا برای رباط صلیبی قدامی را گزارش کردند. هدف از این مطالعه یافتن پاسخ این سؤال است که آیا بازخورد بر روی اجرای افراد هم تأثیر می‌گذارد یا خیر.

مواد و روش‌ها این پژوهش یک مطالعه مروری نظام‌مند است که در آن تمامی مقالات منتشرشده در ارتباط با مطالعه حاضر با جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی خارجی از جمله، گوگل اسکالر، پابمد، ساینس دایرکت و پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی از جمله مگیران، ایرانداک با کلیدواژه‌های «Videotape augmented feedback»، «Augmented feedback»، «Feedback»، «Jump landing»، «Immediate effect» بررسی شدند. سال‌های ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ بررسی شدند.

یافته‌ها پس از بررسی متن کامل ۴۵ مقاله در نهایت ۱۰ مقاله مطابق باهدف پژوهش انتخاب شدند. از این ۱۰ مطالعه ۲ مقاله مرور نظام‌مند، یک مقاله مرور نظام‌مند و فراتحلیل و ۷ مطالعه مداخله‌ای بودند. در همه مطالعات انجام‌شده بازخورد تأثیر مثبتی بر روی بیومکانیک اندام تحتانی داشت. ۳ مطالعه تأثیر بازخورد بر اجرا را بررسی کردند که از این ۳ مطالعه، ۲ مطالعه بیان کرده بود که بازخورد باعث افت اجرا می‌شود. مطالعه دیگری بیان کرده بود بازخورد بر اجرا تأثیری نداشته است.

نتیجه‌گیری در تمام مطالعات بررسی‌شده این مقاله، بازخورد باعث بهبود نقص‌های الگوهای حرکتی به‌عنوان عوامل خطرزا برای رباط صلیبی قدامی می‌شود، اما برای یافتن پاسخ این سؤال که آیا بازخورد بر روی اجرای افراد هم تأثیر می‌گذارد یا خیر، به مطالعات بیشتری در آینده نیاز است.

کلیدواژه‌ها بازخورد تکمیلی، بازخورد تکمیلی، بازخورد، فرود پرش و تأثیر فوری

تاریخ دریافت: ۰۶ تیر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۱ آبان ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ آبان ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

دکتر محدثه اشرفی‌زاده

نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب‌های ورزشی و تمرینات اصلاحی.

تلفن: +۹۸ (۹۱۹) ۸۴۵۶۱۰۸

رایانامه: ashrafizadeh.m1994@gmail.com

مقدمه

کنترل عصبی-عضلانی نامطلوب به عنوان یک عامل مؤثر در آسیب اندام تحتانی شناخته شده است. معمولاً در افراد با آسیب‌های غیربرخوردی^۱ زانو، تغییر در متغیرهای حرکتی اندام تحتانی در حین انجام وظایف عملکردی دیده می‌شود. به طور خاص، افزایش حرکت زانو در صفحه فرونتال^۲ حین انجام وظایف عملکردی، معروف به جابه‌جایی داخلی^۳ زانو، پیش‌بینی‌کننده آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی و درد پاتولوفاورال^۴ است [۱].

الگوهای حرکتی تغییر یافته که مفصل زانو را در موقعیت آسیب‌پذیر قرار می‌دهند، فرد را در معرض خطر بیشتری قرار می‌دهند که باعث می‌شود مفصل خارج از محدوده حرکتی طبیعی خود حرکت کند. به عنوان مثال، والگوس زانو اغلب مشاهده می‌شود و به عنوان یک نقص در الگوی حرکتی که با شدت آسیب به رباط صلیبی قدامی در ارتباط است، بسیار مورد تحقیق قرار می‌گیرد. والگوس پویای زانو در هنگام فرود با افزایش خطر آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی همراه است [۲]. راستای پویای غلط در حین فعالیت‌های فرود، یا والگوس کولاپس^۵ عملکردی، به عنوان یکی از سازوکارهای مرتبط با آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی توصیف شده است [۳، ۴].

والگوس کولاپس عملکردی، با افزایش اداکشن^۶ و چرخش داخلی^۷ مفصل ران همراه است. والگوس زانو و چرخش داخلی یا خارجی^۸، در زنان بیشتر از مردان در حین انجام فعالیت‌های فرود مشاهده شده است [۵، ۶]. زنان نسبت به مردان حرکات بیشتری را در صفحات فرونتال و عرضی در طول فعالیت‌های پویا نشان می‌دهند که به طور بالقوه رباط صلیبی قدامی را بیشتر در معرض خطر قرار می‌دهد. تفاوت در راستای ایستای اندام تحتانی، یک عامل خطر درونی برای آسیب رباط صلیبی قدامی است [۴، ۷]. سالانه ۲۵۰ هزار آسیب دیدگی^۹ رباط صلیبی قدامی در ایالات متحده آمریکا رخ می‌دهد. تقریباً ۸۰ درصد از آسیب‌های رباط صلیبی قدامی از سازوکارها غیربرخوردی حاصل می‌شود که نشان می‌دهد اصلاح الگوی حرکتی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی می‌تواند از آسیب دیدگی در آینده جلوگیری کند. میزان بالای آسیب‌های غیربرخورد رباط صلیبی قدامی باعث ایجاد برنامه‌های پیشگیری برای کاهش خطر آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی شده است [۸، ۹].

1. Noncontact
2. Frontal
3. Internal displacement
4. Patellofemoral
5. Collapses
6. Adduction
7. Internal rotation
8. External rotation

برنامه‌های آموزش عصبی-عضلانی بسیاری برای تغییر این الگوهای حرکتی در زنان به منظور کاهش میزان آسیب رباط صلیبی قدامی اجرا شده است. یکی از مؤلفه‌های مهم از این برنامه‌های آموزشی عصبی-عضلانی، بازخورد است که مشخص شده است میزان آسیب رباط صلیبی قدامی را در مقایسه با عدم بازخورد کاهش می‌دهد. این مفهوم که بازخورد می‌تواند اوج نیروهای عکس‌العمل عمودی زمین را تغییر دهد، حاکی از آن است که آموزش مکانیک فرود و پرش ممکن است تأثیر مثبتی در کینماتیک‌های^۹ فرودپرش داشته باشد. برنامه‌های اخیر پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی از نوارهای ویدئویی^{۱۰} به عنوان یک مدل تخصصی برای دستورالعمل پرش-فرود به عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی در برنامه‌های مداخله استفاده کرده است تا افراد را در مورد تکنیک‌های مناسب پرش-فرود به منظور کاهش نیروهای بالقوه آسیب‌رسان آموزش دهد. تصور این است که مفهوم یک مدل تخصصی^{۱۱} با استفاده از تکنیک مناسب هنگام فرود از یک پرش، علاوه بر اطلاعات کلامی^{۱۲} در مورد تکنیک مناسب، بر توانایی یادگیری حرکتی فرد تأثیر مثبت می‌گذارد [۱۰].

از بازخورد معمولاً برای اصلاح بیومکانیک بالقوه آسیب‌زا در حین حرکات خاص استفاده می‌شود. به عنوان مثال، نشان داده شده است که آموزش بازخورد، بیومکانیک جهش-فرود را تغییر می‌دهد. استفاده از دستورالعمل‌ها یا بازخورد در ارتقای یادگیری الگوهای حرکتی جدید، مانند تکنیک‌های پرش و فرود مؤثر است [۱۱، ۱۲]. انواع مختلف بازخورد برای یادگیری مؤثر الگوهای حرکتی جدید پیشنهاد شده است [۱۳]. بازخورد به ۲ دسته تقسیم می‌شود که بازخورد درونی یا حسی^{۱۳} و بازخورد خارجی را شامل می‌شود. بازخورد تکمیلی اطلاعات بیشتری را برای بازخورد درونی فراهم می‌کند. بازخوردهای کلامی و دیداری از دیگر انواع بازخورد تکمیلی هستند [۱۴].

دستورالعمل‌های بازخورد داخلی در درجه اول نحوه انجام کار فرود را هدف قرار می‌دهند (زانوها را خم کنید)، در حالی که دستورالعمل‌های بازخورد خارجی توجه شرکت‌کننده را به اثر حرکت معطوف می‌کند (به آرامی فرود بیایید) [۱۵]. بیشتر برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی در درجه اول از دستورالعمل‌های بازخورد داخلی برای آموزش الگوهای فرود مطلوب استفاده کرده‌اند [۱۵-۱۷]. علی‌رغم موفقیت این برنامه‌ها، یک بازخورد داخلی ممکن است در خودکار بودن کار حرکتی اختلال ایجاد کند و آگاهی آگاهانه از حرکات را افزایش دهد [۱۸]. این می‌تواند به افزایش اعتماد به کنترل بازخورد قشر و بینایی حرکت منجر شود. در نتیجه بر واکنش ورزشکار به تغییرات

9. Kinematic
10. Video tapes
11. Specialized model
12. Verbal
13. Sensory feedback

ایراندک^{۱۹} با کلیدواژه‌های مانند Videotape augmented feedback، Augmented feedback، Feedback، Jump landing Immediate effect، از ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ بررسی شده‌اند. معیارهای ورود به این پژوهش تمامی مطالعاتی بود که تأثیر بازخورد بر افراد سالم دارای نقص الگوی حرکتی اندام تحتانی را بررسی کرده بودند. معیار خروج مطالعات، افراد آسیب‌دیده و ارائه بازخورد در بلندمدت بود. هیچ نوع محدودیتی برای ورود مطالعات براساس طراحی مطالعات انجام‌شده، وجود نداشت. متن کامل همه مقاله‌ها مطالعه شد و با در نظر گرفتن هدف پژوهش، داده‌های مرتبط استخراج شدند. در جست‌وجوی اولیه با جست‌وجوی کلیدواژه‌ها و استفاده ترکیبی از آن‌ها با استفاده از کلمه AND مجموعاً ۲۳۹ مقاله پیدا شد. در بررسی اولیه با بررسی عناوین و چکیده مقالات در مرحله غربالگری، مقالات تکراری و غیرمرتبط حذف شدند. ۴۵ مقاله وارد مرحله انتخاب شدند که بعد از مطالعه متن کامل، ۱۰ مقاله به‌دلیل تطابق کامل با معیارهای ورود و اهداف مطالعه وارد پژوهش شدند. بقیه مقالات به‌دلیل عدم تطابق با معیارهای ورود، تکراری بودن، ارائه خلاصه چکیده در همایش‌ها و دسترسی نداشتن به متن کامل مقاله از مطالعه حذف شدند (تصویر شماره ۱).

یافته‌ها

پس از بررسی متن کامل ۴۵ مقاله درنهایت ۱۰ مقاله مطابق با هدف پژوهش انتخاب شد. از این ۱۰ مطالعه ۲ مقاله مرور نظام‌مند، یک مقاله مرور نظام‌مند و فراتحلیل و ۷ مطالعه مداخله‌ای بودند (جدول شماره ۱). بیشتر مطالعات بر روی زنان انجام شده بود. اکثر مطالعات برای انتخاب نمونه‌های پژوهشی از شیوه نمونه‌گیری تصادفی استفاده کرده بودند. در همه مطالعات انجام‌شده بازخورد تأثیر مثبتی بر روی بیومکانیک اندام تحتانی (ازجمله افزایش فلکشن ران و زانو و کاهش نیروی عمودی عکس‌العملی زمین) داشت. اکثر مطالعات به بررسی تأثیر بازخورد بر اجرا نپرداخته بودند. در مطالعه بنجامین و همکاران طی بررسی تأثیر بازخورد بر متغیرهای مربوط به اجرا بعضی متغیرها ثابت ماندند و برخی دیگر کاهش یافتند که در دقت شوت و ارتفاع پرش عمودی تفاوتی بین گروه‌ها دیده نشده بود. [۲۳]

در مطالعه دیگری هم مونرو و همکاران بیان کرده بودند که بازخورد باعث افت اجرا می‌شود؛ در این مطالعه یکی از متغیرهای اجرا که شامل ارتفاع پرش بود بررسی شد که ارتفاع پرش پس از ارائه بازخورد کاهش یافت [۲۴]. در مطالعه دیگری هم ارل و همکاران بیان کردند که طی بازخورد متغیرهای مربوط به اجرا ثابت است. ارتفاع پرش عمودی به‌عنوان یکی از متغیرهای مربوط به اجرا یکسان بود [۲۵].

محیط و توانایی انجام حرکات غیرمنتظره تأثیر می‌گذارد [۱۹]. بازخورد خارجی فرایندهای یادگیری خودکار را تحریک می‌کند که می‌تواند پس از یک جلسه آموزش باعث انتقال الگوهای صحیح فرود شود.

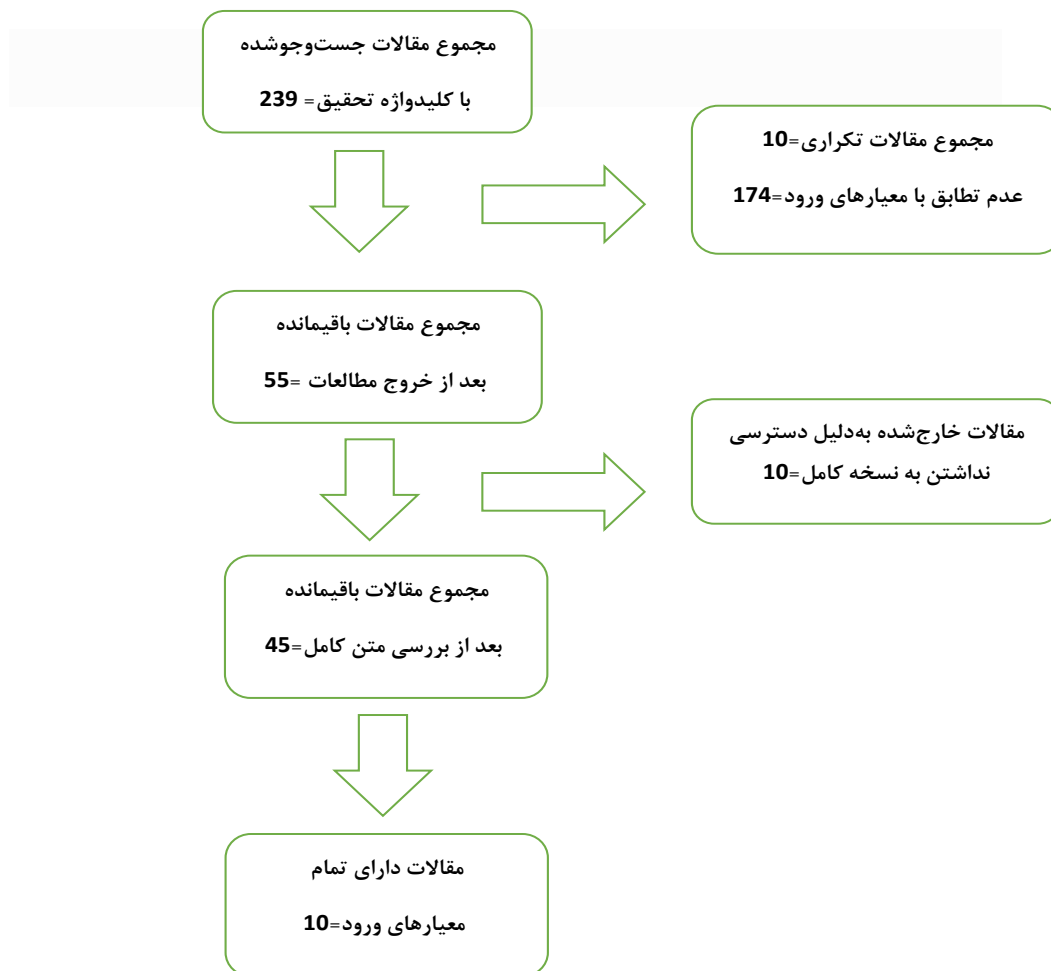
حالت‌های مختلفی برای ارائه دستورالعمل‌ها با بازخورد خارجی وجود دارد که ویدئو^{۱۴} یکی از این موارد است [۲۰]. بازخورد ویدئویی توجه خود را به الگوی حرکتی هدف متمرکز می‌کند، با هدف تمرکز خارجی بر حرکات کل بدن و نه اجزای خاص آن [۲۱]. تحقیقات قبلی با استفاده از بازخورد ویدئویی برای بهبود روش فرود، نتایج فوری مثبت را از نظر افزایش زاویه خم شدن زانو و ران، کاهش اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و والگوس پویای زانو را گزارش کرده‌اند [۲۲]. یک مطالعه مروری نظام‌مند اخیراً نتیجه گرفت که ترکیبی از حالت‌های ارائه‌شده توسط متخصص و خود بازخورد ممکن است بیشترین تأثیر را در کاهش نیروی واکنش زمین در طی پرش فرود داشته باشد. باین‌حال، هنوز حالت بهینه یا ترکیبی از حالت‌های بازخورد برای کاهش میزان آسیب رباط صلیبی‌قدامی به‌طور کامل ثابت نشده است. محققان زیادی تأثیرات بازخورد اطلاعات بر عملکرد و یادگیری مهارت‌های حرکتی را ارزیابی کرده‌اند.

ارائه بازخورد بیرونی به افراد درمورد حرکت آن‌ها، فرایند بازخوردی و آگاهی از اجراست که به‌عنوان ارائه اطلاعات تکمیلی برای یک فرد، بالاتر و فراتر از اطلاعات ذاتی است و به‌طور طبیعی در دسترس فرد قرار دارد. استفاده از مربی با استفاده از بازخورد تقویت‌شده نوار ویدئویی در موارد مختلف ورزشی (به‌عنوان مثال گلف یا تنیس) امری عادی است، اما استفاده از آن در پزشکی ورزشی به مقدار زیادی نادیده گرفته شده است. مطالعات زیادی بازخورد در کوتاه‌مدت را در بهبود الگوهای حرکتی مؤثر دانسته‌اند و تأثیر آن بر متغیرهای مربوط به اجرا را نادیده گرفته‌اند، اما سؤالی که در این مطالعه مطرح است این است که آیا بازخورد در کوتاه‌مدت باعث افت اجرا می‌شود یا باعث بهبود آن و در صورت افت اجرا بازخورد باید در زمان مناسب (خارج از فصل مسابقات) و به اندازه کافی ارائه شود؟ درواقع هدف از این مطالعه یافتن پاسخ این سؤال است: آیا بازخورد بر روی اجرای افراد هم تأثیر می‌گذارد یا خیر؟

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه مروری نظام‌مند است که در آن تمامی مقالات منتشرشده در ارتباط با مطالعه حاضر با جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی خارجی ازجمله **گوگل اسکالر**^{۱۵}، **پابمد**^{۱۶}، **ساینس دایرکت**^{۱۷} و پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی ازجمله **مگیران**^{۱۸}،

14. Video feedback
15. Google Scholar
16. PubMed
17. ScienceDirect
18. MagIran



طبتوانبخش

تصویر ۱. شیوه انتخاب مطالعات

بحث

عبارت‌اند از: وظیفه پرش فرود، نحوه ارائه بازخورد تکمیلی و ابزاری که برای گرفتن یا ارزیابی وظیفه پرش فرود، نتایج اندازه‌گیری شده (متغیرهای کینتیک و کینماتیک یا هر دو) و یافته‌های کلیدی مورد استفاده قرار گرفت. شواهد نشان داد بازخورد تکمیلی می‌تواند برای بهبود قابل توجه شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط متقاطع قدامی و تقویت برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی هم‌زمان استفاده شود و نشان داده شد که ترکیب بازخورد داخلی و خارجی بیشترین اثر ماندگاری را دارد. با این حال در این مطالعه اثر بازخورد بر اجرا ذکر نشده است [۲۴].

در مطالعه دیگری بنجامین و همکاران در سال ۲۰۱۷ اثر بازخورد ویدئویی بر روی ورزشکاران زن نخبه هندبال را بررسی کردند. زاویه مچ پا، زانو و مفصل ران در صفحه سهمی در تماس اولیه و اوج خم شدن، دامنه حرکت و امتیازات سیستم امتیازدهی به خطای فرود اندازه‌گیری شد. گروه ویدئویی در تماس اولیه و اوج خم شدن و دامنه حرکت، خم شدن مفصل زانو و ران را بهبود بخشید. علاوه بر این،

لئونارد و همکاران در سال ۲۰۲۱ تحقیقی را باهدف مقایسه بازخورد دیداد و بازخورد متخصص بر روی ورزشکاران زن بسکتبالیست و والیبالیست انجام دادند. اگر بازخورد دیداد بتواند مکانیک خطر آسیب را به همان اندازه متخصصان بهبود بخشد، این ممکن است اجرا و مطابقت برنامه‌های پیشگیری از صدمه را تقویت کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بازخورد تخصصی توسط متخصصانی که در زمان واقعی بازخورد می‌دهند، باعث بهبود حرکت و کینماتیک ورزشکاران زن شد، در حالی که بازخورد دیداد فقط کینماتیک را بهبود می‌بخشد. با این حال در این مطالعه اثر بازخورد بر اجرا ذکر نشده است [۲۶].

آرمیتانو و همکاران در سال ۲۰۱۸ مطالعه مرور نظام‌مندی را در ارتباط با اثر بازخورد تکمیلی بر کاهش ریسک آسیب لیگامنت متقاطع قدامی در فعالیت‌های پرش فرود انجام دادند. ۳۵۳ مقاله جمع‌آوری شد که در نهایت بعد از غربالگری‌های انجام شده ۱۸ مقاله باقی ماند. یافته‌های اصلی از مقاله‌ها استخراج شدند که

جدول ۱. تحلیل مقالات مرتبط با اثر آبی بازخورد بر عملکرد ورزشکاران با نقص‌های الگوهای حرکتی اندام تحتانی

ردیف	نویسندگان و سال	کشور	عنوان	نوع مطالعه	نمونه‌ها	نتایج
۱	اریکسون و همکاران ۲۰۱۵ [۱۰]	ایالات متحده آمریکا	Immediate Effects of Real-Time Feedback on Jump-Landing Kinematics	Randomized controlled trial	۳۶ زن سالم به صورت تصادفی انتخاب شدند و در ۳ گروه قرار گرفتند: ۱. گروه بازخورد ترکیبی (بازخورد در زمان واقعی و بازخورد پس از پاسخ)، ۲. گروه بازخورد پس از پاسخ به تنهایی، ۳. گروه کنترل بدون پاسخ.	هر دو گروه بازخورد (بازخورد در زمان واقعی به علاوه بازخورد پس از پاسخ و گروه بازخورد پس از پاسخ به تنهایی) پیشرفت‌های مشابهی را در خم شدن مفصل ران و زانو نشان دادند و نیروهای عمودی عکس‌العمل زمین را در مقایسه با گروه کنترل کاهش دادند. با این حال در این مطالعه اثر بازخورد بر روی اجرا بررسی نشده است.
۲	بنجامین و همکاران ۲۰۱۷ [۱۳]	هلند	Video Feedback and 2-Dimensional Landing Kinematics in Elite Female Handball Players	Controlled laboratory study	۱۶ زن ورزشکار نخبه در این مطالعه شرکت کردند. ۸ نفر در گروه کنترل و ۸ نفر در گروه بازخورد ویدئویی.	بازخورد ویدئویی، یک روش مؤثر برای بهبود کینماتیک‌های فرود در هنگام شوت پرشی مخصوص ورزش بود. در این مطالعه اثر بازخورد بر اجرا در نظر گرفته شده که در دقت شوت و ارتفاع پرش عمودی تفاوتی بین گروه‌ها دیده نشده بود.
۴	آرمیتانو و همکاران ۲۰۱۸ [۱۳]	ایالات متحده آمریکا	The Use of Augmented Information for Reducing Anterior Cruciate Ligament Injury Risk During Jump Landings	Systematic Review	۳۵۳ مقاله جمع‌آوری شد که در نهایت بعد از غربالگری‌های انجام‌شده ۱۸ مقاله باقی ماند.	شواهد نشان می‌دهد که بازخورد تکمیلی می‌تواند برای بهبود قابل توجه شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط متقاطع قدامی و تقویت برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی هم‌زمان استفاده شود. ترکیب بازخورد داخلی و خارجی بیشترین اثر ماندگاری را دارد. با این حال در این مطالعه اثر بازخورد بر اجرا ذکر نشده است.
۵	آریل داولینگ و همکاران ۲۰۱۲ [۲۵]	ایالات متحده آمریکا	Inertial Sensor-Based Feedback Can Reduce Key Risk Metrics for Anterior Cruciate Ligament Injury during Jump Landings	Controlled laboratory study	۱۷ مرد در این مطالعه شرکت داشتند. شامل ۲ گروه: ۱. گروه بازخورد ۲. گروه کنترل	در کل در این مطالعه متغیرهای مربوط به الگوهای حرکتی غلط که منجر به آسیب رباط صلیبی قدامی می‌شود بهبود یافت و ارتفاع پرش عمودی به عنوان یکی از متغیرهای مربوط به اجرا یکسان بود.
۶	لئونارد و همکاران ۲۰۲۱ [۲۶]	ایالات متحده آمریکا	The Immediate Effects of Expert and Dyad External Focus Feedback on Drop Landing Biomechanics in Female Athletes: An Instrumented Field Study	Original Research	۳۳ زن شامل: ۱۳ بسکتبال (گروه با بازخورد متخصص) و ۱۱ والیبالیست (گروه با بازخورد دیاد)	نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بازخورد متخصص توسط متخصصانی که در زمان واقعی بازخورد می‌دهند، باعث بهبود حرکت و کینماتیک ورزشکاران زن شد، در حالی که بازخورد دیاد فقط کینماتیک را بهبود می‌بخشد. از نظر میزان فلکشن بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با این حال در این مطالعه اثر بازخورد بر اجرا ذکر نشده است.
۷	مونرو و همکاران ۲۰۱۴ [۲۷]	انگلیس	The effect of videotape augmented feedback on drop jump landing strategy: implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury prevention	Randomized controlled trial	یک گروه مداخله‌ای ۲۰ نفری شامل ۸ مرد و ۱۲ زن. یک گروه کنترل ۸ نفری شامل ۴ مرد و ۴ زن	در کل بازخورد تکمیلی به کاهش قابل توجهی در نیروی عکس‌العمل زمین و والکوس پویای زانو منجر می‌شود که ممکن است به کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی و مفصل کشککی‌رانی کمک کند. در این مطالعه یکی از متغیرهای اجرا که شامل ارتفاع پرش بود بررسی شد که ارتفاع پرش پس از ارائه بازخورد کاهش یافت.

ردیف	نویسندگان و سال	کشور	عنوان	نوع مطالعه	نمونه ها	نتایج
۸	نیلسون و همکاران ۲۰۱۹ [۲۸]	نیوزلند	Effects of Augmented Feedback on Training Jump Landing Tasks for ACL Injury Prevention: A Systematic Review and Meta-Analysis	Systematic Review and Meta-Analysis	۹۳۵ مقاله از پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف جمع‌آوری شد که پس از غربالگری‌های انجام‌شده در نهایت ۱۱ مقاله باقی ماند.	آموزش فروپرش همراه با بازخورد مجازی در کاهش متغیرهای آسیب رباط صلیبی قدامی مربوط به اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، میزان فلکشن زانو و میزان خم شدن ران مفید بود، اما تأثیر کمی در بیومکانیک صفحه فروتنال داشت. این مطالعه به متغیرهای اجرا نپرداخته است.
۹	ابن محمود و فوک لی ۲۰۱۷ [۲۹]	مالزی	Effects of augmented feedback on landing force from jumps	Randomized controlled trial	۲۸ زن فوتبالیست سالم در این مطالعه شرکت کردند شامل ۳ گروه: بازخورد بصری، کلامی و کنترل. فعالیت پرش - فرود را ۱ بار با بازخورد و بار دیگر بدون بازخورد انجام دادند.	در نهایت تفاوت قابل توجهی بین گروه‌های بازخورد دیده نشد. بازخورد می‌تواند در کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین مؤثر باشد اما ممکن است به مدت طولانی تمرین با بازخورد برای ارزیابی اثربخشی آن در اصلاح رفتارها نیاز داشته باشد. این مطالعه به متغیرهای مربوط به اجرا نپرداخته است.
۱۰	اریکسون و همکاران ۲۰۱۳ [۳۰]	ایالات متحده آمریکا	Different Modes of Feedback and Peak Vertical Ground Reaction Force During Jump Landing: A Systematic Review	Systematic Review	۷۳۱ مقاله از منابع مختلف به دست آمد که در نهایت ۷ مقاله به‌طور کامل مورد بررسی قرار گرفت.	همه انواع بازخورد (خارجی، داخلی و ترکیبی) دارای تأثیر همگن در کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین است. به نظر می‌رسد بازخورد ترکیبی بیشترین کاهش در اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را هنگام انجام یک کار پرش-فرود ایجاد می‌کند این مطالعه به متغیرهای مربوط به اجرا نپرداخته است.
۱۱	جیمز و همکاران ۲۰۰۱ [۳۱]	کارولینای شمالی	Augmented Feedback Reduces Jump Landing Forces	Randomized controlled trial	۶۳ داوطلب بین ۱۸ تا ۲۵ سال. افراد در گروه‌های کنترل، بازخورد تقویت‌شده و بازخورد حسی تقسیم شدند.	به نظر می‌رسد تأثیر بازخورد افزایش‌یافته (تکمیلی) در کاهش نیروهای فرود پرش نشان می‌دهد که اطلاعات خارجی که به فرد ارائه می‌شود، می‌تواند بلافاصله پس از بازخورد در کاهش نیروهای اوج ضربه مفید باشد و هنوز هم مزایای آن وجود دارد. با این حال در این مطالعه از تأثیر بازخورد بر متغیرهای اجرا صحبت نشده است.

طب توانبخش

بدون پاسخ بلافاصله پس از دوره مداخله، کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را نشان دادند. پس از یک دستورالعمل ساده فرود آرام، هیچ تغییری در کینماتیک زانو در صفحه فروتنال بین گروه‌های بازخورد پس از آموزش مشاهده نشد. علاوه بر این گروه بازخورد ترکیبی به تغییرات قابل توجهی در حرکت‌شناسی پرش فرود در مقایسه با بازخورد پس از پاسخ به تنهایی منجر نشد. با این حال در این مطالعه اثر بازخورد بر روی اجرا بررسی نشده است [۱۰].

مونرو و همکاران در سال ۲۰۱۴ مطالعه‌ای را با هدف تأثیر بازخورد تکمیلی (بازخورد تقویت‌شده) بر روی تکنیک پرش-فرود انجام دادند. در این مطالعه، نیروی عمودی عکس‌العمل زمینی، والگوس پویای زانو، زمان تماس و ارتفاع پرش در حین پرش - فرود قبل و بعد از مداخله بازخورد تقویت‌شده (بازخورد تکمیلی) اندازه‌گیری شد. هیچ تغییری در گروه کنترل از ابتدا نسبت به آزمون تکرار در هیچ‌یک از متغیرهای اندازه‌گیری‌شده مشاهده

میانگین اوج خم شدن مچ پا و نمره خطای امتیازدهی فرود بهبود یافت. وقتی متغیرهای اجرا در نظر گرفته شد، هیچ تفاوتی بین گروه‌ها در دقت شوت یا ارتفاع پرش عمودی مشاهده نشد، در حالی که فاصله پرش افقی در گروه بازخورد ویدئویی با گذشت زمان افزایش یافت. به‌طوری‌که فاصله پرش افقی در گروه کنترل کاهش یافته و در گروه بازخورد در تمام آزمایشات افزایش یافته است. تغییر بین گروه‌های کنترل و فیلم متفاوت بود. بازخورد ویدئویی، یک روش مؤثر برای بهبود کینماتیک‌های فرود در هنگام شوت پرشی مخصوص ورزش بود که از این نظر با مطالعات بالا همسو بود، با این حال در این مطالعه ذکر شده است که تحقیقات بیشتر برای تعیین اثرات طولانی‌مدت و انتقال به شرایط تمرین و بازی ضروری است [۲۳].

در سال ۲۰۱۵ اریکسون و همکاران مطالعه‌ای را تحت عنوان «تأثیر بازخورد در زمان واقعی بر روی کینماتیک‌های پرش فرود ورزشکاران زن» انجام دادند. گروه‌های بازخورد نسبت به گروه کنترل

نشد. به‌طور کلی بازخورد منجر شد تا فرود نرم‌تر باشد و باعث کاهش والگوس پویای زانو شد که می‌تواند به کاهش خطر آسیب به رباط متقاطع قدامی و مفصل کشککی‌رانی کمک کند که از این نظر با مطالعات یادشده همسو بود. در مقابل با وجود کاهش نیروی عکس‌العمل زمین و افزایش زمان تماس، ارتفاع پرش پس از بازخورد تغییری نکرد. بنابراین مشخص نیست که آیا این تغییرات به کاهش اجرا منجر می‌شود یا خیر.

در کل بازخورد تکمیلی به کاهش قابل‌توجهی در نیروی عکس‌العمل زمین و والگوس پویای زانو منجر می‌شود که ممکن است به کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی و مفصل کشککی‌رانی کمک کند. باین‌حال، این تغییرات ممکن است به کاهش اجرا منجر شود. به‌هرحال این مطالعه فقط محدود به افرادی بود که ورزش را به‌صورت تفریحی انجام می‌دادند و درباره ورزشکاران نخبه به مطالعه بیشتری نیاز است و اینکه نتایج مثبتی که در تکنیک افراد در کوتاه‌مدت ایجاد شده آیا در بلندمدت هم حفظ می‌شود یا خیر، به بررسی بیشتر نیاز دارد [۲۷].

ویکتوریا نلسون و همکاران در سال ۲۰۱۹ مطالعه مرور نظام‌مندی را با عنوان «تأثیر بازخورد مجازی بر روی فعالیت فرود» انجام دادند. در این مطالعه ذکر شده است که کارهای آینده باید بررسی کند که چگونه انواع مختلف بازخورد مجازی می‌تواند بر شرکت‌کنندگان مختلف تأثیر بگذارد. استراتژی‌های بازخورد شفاهی^{۲۱} و بصری می‌توانند یادگیری روش‌های ایمن انجام حرکات پرخطر را بهبود بخشند و حفظ مهارت و انتقال مهارت را افزایش دهند. استفاده از بازخورد مجازی برای سایر پارامترهای آسیب صفحه سهمی به بهبود طولانی‌مدت منجر نمی‌شود. متغیرهای صفحه فرونتال به‌دلیل ناهماهنگی اندازه‌گیری بی‌اثر بود. این مطالعه به متغیرهای مربوط به اجرا نپرداخته است [۲۸].

در مطالعه دیگری ابن محمود و فوک لی در سال ۲۰۱۷ تأثیر بازخورد مجازی بر روی نیروی حاصل از فرود را بررسی کردند. به‌طور دقیق‌تر این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر بازخورد دیداری و کلامی در کاهش نیروی فرود بود. در نهایت تفاوت قابل‌توجهی بین گروه‌های بازخورد دیده نشد. در نتیجه، بازخورد می‌تواند در کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین مؤثر باشد، اما ممکن است به‌مدت طولانی تمرین با بازخورد، برای ارزیابی اثربخشی آن در اصلاح رفتارها نیاز داشته باشد. این مطالعه به متغیرهای مربوط به اجرا نپرداخته است [۲۹].

اریکسون و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطالعه مروری نظام‌مندی را در ارتباط با تأثیر حالت‌های مختلف بازخورد بر روی نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در کار پرش - فرود انجام دادند. هدف از این مطالعه ارزیابی نظام‌مند، برای تعیین میزان تأثیرات فوری و تأخیری بازخورد داخلی، بازخورد خارجی و مداخلات

بازخورد ترکیبی در کاهش اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در حین انجام یک کار پرش‌فرود در افراد سالم بود. به نظر می‌رسد بازخورد ترکیبی بیشترین کاهش در اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را هنگام انجام یک کار پرش‌فرود ایجاد می‌کند، زیرا از طریق ورودی از طیف گسترده‌ای از محرک‌ها بر الگوهای کنترل عصبی-عضلانی تأثیر می‌گذارد. این ممکن است به شرکت‌کنندگان این امکان را بدهد که به‌طور جداگانه تأثیرگذارترین محرک‌ها یا ترکیبی از محرک‌ها را برای تغییر بهتر بیومکانیک خود انتخاب کنند که از این نظر با مطالعه کلی و همکاران در مطالعه اول همسو بود. باین‌حال این مطالعه به متغیرهای مربوط به اجرا نپرداخته است [۳۰].

در سال ۲۰۰۱ جیمز و همکاران مطالعه‌ای را با در جهت تأثیر انواع مختلف بازخورد بر نیروهای پرش‌فرود انجام دادند. هدف از این تحقیق تجزیه و تحلیل اثرات اشکال مختلف بازخورد بر نیروهای پرش‌فرود بود. در این مطالعه فرض شده است که گروه بازخورد تکمیلی (از انواع بازخورد خارجی) هنگام فرود از یک پرش، نسبت به گروه بازخورد حسی و گروه‌های کنترل در کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین برتر خواهند بود. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد بازخورد تکمیلی در هر ۲ شرایط فوری (۲ دقیقه) و تأخیری (۱ هفته)، نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را کاهش می‌دهد. نتایج این تحقیق فرضیه اصلی را پشتیبانی می‌کند که به نظر می‌رسد بازخورد تقویت‌شده کاهش بیشتری از نیروهای پرش‌فرود را نسبت به بازخورد حسی یا عدم بازخورد فراهم می‌کند. نتایج همچنین فرضیه ثانویه را پشتیبانی می‌کند، زیرا میزان تمرین پرش تفاوت معنی‌داری در کاهش نیروهای پرش‌فرود بین ۲ گروه کنترل نشان نمی‌دهد. به نظر می‌رسد تأثیر بازخورد افزایش‌یافته در کاهش نیروهای پرش‌فرود نشان می‌دهد اطلاعات خارجی که به فرد ارائه می‌شود، می‌تواند بلافاصله پس از بازخورد در کاهش نیروهای اوج ضربه مفید باشد و هنوز هم مزایای آن وجود دارد. در ادامه بیان شده است که به نظر می‌رسد بازخورد تقویت‌شده می‌تواند نیروهای ضربه پرش‌فرود را کاهش دهد. باین‌حال در این مطالعه تأثیر بازخورد بر متغیرهای اجرا بررسی نشده است [۳۱].

در سال ۲۰۱۲ آریل داوولینگ و همکاران مطالعه دیگری انجام دادند. هدف از این مطالعه آزمایش این فرضیه بود که می‌توان از بازخورد فوری براساس اندازه‌گیری‌ها (زاویه خم شدن زانو، خم شدن تنه و سرعت زاویه‌ای صفحه فرونتال ران) از یک سیستم مبتنی بر سنسور اینرسی^{۲۲} ساده برای تغییر معیارهای خاص آسیب رباط صلیبی قدامی (زانو زاویه خم شدن، خم شدن تنه، لحظه ابداکشن زانو) هنگام پرش‌فرود استفاده کرد. این مطالعه همچنین ارتباط بین تغییر در سرعت زاویه‌ای فرونتال ران (به‌دست‌آمده از سیستم مبتنی بر سنسور اینرسی) و تغییر در لحظه ابداکشن زانو (به‌دست‌آمده از یک سیستم آزمایشگاهی) را

ارزیابی کرده است.

نتیجه‌گیری

در تمام مطالعات بررسی‌شده این مقاله بازخورد باعث بهبود نقص‌های الگوهای حرکتی به‌عنوان عوامل خطرزا برای رباط صلیبی‌قدامی می‌شود، اما برای یافتن پاسخ این سؤال که آیا بازخورد بر روی اجرای افراد هم تأثیر می‌گذارد یا خیر به مطالعات بیشتری در آینده نیاز است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله یک مقاله مروری سیستماتیک است و هیچ نمونه انسانی و حیوانی ندارد. بنابراین هیچ ملاحظات اخلاقی‌ای در نظر گرفته نشده است.

حامی مالی

این مقاله هیچ کمک مالی‌ای از هیچ سازمانی دریافت نکرده است.

مشارکت‌نویسندگان

جمع‌آوری و ترکیب داده‌ها: محدثه اشرفی‌زاده؛ مفهوم‌سازی، ایده‌سازی، طراحی مطالعه و ویرایش: همه نویسندگان.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

این مطالعه نشان داد بازخورد حاصل از یک دستگاه ساده می‌تواند برای آموزش مداخله‌ای با هدف کاهش خطر آسیب رباط صلیبی‌قدامی استفاده شود. آزمودنی‌ها به‌طور مؤثر در یک فصل آموزش به بازخورد پاسخ دادند و معیارهای اصلی خطر آسیب رباط صلیبی‌قدامی را کاهش دادند. بازخورد فوری و کمی ارزشمند است، زیرا به‌طور مداوم نشان می‌دهد که چه تغییرات حرکتی برای فرد موردنظر بیشترین تأثیر را دارند. افراد پس از آموزش بازخورد زاویه خم شدن زانو و خم شدن تنه را افزایش دادند. آن‌ها همچنین سرعت زاویه‌ای فرونتال ران خود را تغییر و لحظه ابداکشن زانوی خود را کاهش دادند. همچنین بین تغییر در سرعت زاویه‌ای فرونتال ران و تغییر در لحظه ابداکشن زانو رابطه معنی‌داری وجود داشت. در کل در این مطالعه متغیرهای مربوط به الگوهای حرکتی غلط که منجر به آسیب رباط صلیبی‌قدامی می‌شود، بهبود یافت و ارتفاع پرش عمودی به‌عنوان یکی از متغیرهای مربوط به اجرا یکسان بود. هرچند باید در نظر داشت دوره بازخورد در این مطالعه یک فصل بوده است و تأثیرات آن تحت عنوان «تأثیرات فوری بازخورد» مطرح شده است [۲۵] که این در تضاد با مطالعه آریل است که تأثیرات بازخورد در یک فصل را تأثیرات فوری می‌داند. به نظر اثر بازخورد در زمان واقعی مناسب‌تر است. وقتی الگوهای حرکتی با نقص همراه باشند، حرکت ناکارآمد، ناهماهنگ و دشوار است. از نظر عملکرد و اجرا، الگوی حرکتی مناسب به معنای حرکت بهتر است. درواقع حرکت کارآمدتر به معنی انرژی بیشتر در دسترس برای استقامت، قدرت بیشتر با تلاش کمتر، تحرک و چابکی بیشتر است [۲۴].

همان‌طور که گفته شد در تمام مطالعات پیش‌گفت بازخورد باعث بهبود نقص‌های الگوهای حرکتی به‌عنوان عوامل خطرزا برای رباط صلیبی‌قدامی می‌شود و تحقیقات زیادی اثرات مثبت آن را بر کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، کاهش نیروی داینامیک و الگوس زانو، کاهش ابداکشن ران، افزایش فلکشن زانو و غیره بیان کرده‌اند. این مهم است که پس از اصلاح الگوی حرکتی ناقص این اصلاح در اجرای افراد هم دیده شود. بنابراین یکی از سؤالاتی که این مطالعه بیان می‌کند این است که ارائه بازخورد که نقص‌های الگوی حرکتی افراد در یک حرکت خاص را (پرش - فرود) بهبود می‌دهد آیا باعث بهبود اجرای افراد هم می‌شود یا خیر؟ و آیا باید بازخورد را در زمان خاصی اعمال کرد تا در صورت تأثیر مثبت بر افراد باعث اثربخشی بیشتر آن شود و در صورت تأثیر منفی بر افراد از تأثیرات منفی در آن زمان جلوگیری کرد؟

برای یافتن پاسخ این سؤالات به مطالعات بیشتری در آینده نیاز است، زیرا اکثر مطالعات تحقیق حاضر اثر بازخورد بر اجرا را نادیده گرفته بودند. بنابراین برای یافتن سؤالات مطرح‌شده در این مطالعه باید تحقیقات بیشتری در زمینه تأثیر بازخورد بر اجرا صورت گیرد.

References

- [1] Tamura A, Akasaka K, Otsudo T, Shiozawa J, Toda Y, Yamada K. Dynamic knee valgus alignment influences impact attenuation in the lower extremity during the deceleration phase of a single-leg landing. *PLoS One*. 2017; 12(6):e0179810. [DOI:10.1371/journal.pone.0179810] [PMID]
- [2] Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for Anterior Cruciate Ligament injuries in team handball: A systematic video analysis. *The American Journal of Sports Medicine*. 2004; 32(4):1002-12. [DOI:10.1177%2F0363546503261724] [PMID]
- [3] Ireland ML. Anterior Cruciate Ligament injury in female athletes: Epidemiology. *Journal of Athletic Training*. 1999; 34(2):150-4. [PMID]
- [4] Shultz SJ, Schmitz RJ. Effects of transverse and frontal plane knee laxity on hip and knee neuromechanics during drop landings. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009; 37(9):1821-30. [DOI:10.1177%2F0363546509334225] [PMID]
- [5] Lephart SM, Ferris CM, Riemann BL, Myers JB, Fu FH. Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2002; (401):162-9. [DOI:10.1097/00003086-200208000-00019] [PMID]
- [6] McLean SG, Fellin RE, Suedekum N, Calabrese G, Passerallo A, Joy S. Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2007; 39(3):502-14. [DOI:10.1249/mss.0b013e3180d47f0] [PMID]
- [7] Sigward SM, Powers CM. The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2006; 21(1):41-8. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.08.001] [PMID]
- [8] Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L, Strand T, Solheim E. Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 1997; 7(5):289-92. [DOI:10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x] [PMID]
- [9] Myklebust G, Maehlum S, Holm I, Bahr R. A prospective cohort study of Anterior Cruciate Ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 1998; 8(3):149-53. [DOI:10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x] [PMID]
- [10] Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Doebel SC, Pietrosimone BG. Immediate effects of real-time feedback on jump-landing kinematics. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2015; 45(2):112-8. [DOI:10.2519/jospt.2015.4997] [PMID]
- [11] 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%2F0363546504271499] [PMID]
- [12] Herman DC, Oñate JA, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, et al. The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009; 37(7):1301-8. [DOI:10.1177%2F0363546509332253] [PMID]
- [13] Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior Cruciate Ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(2):299-311. [DOI:10.1177%2F0363546505284183] [PMID]
- [14] Buccino G, Binkofski F, Riggio L. The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language*. 2004; 89(2):370-6. [DOI:10.1016/S0093-934X(03)00356-0] [PMID]
- [15] Sugimoto D, Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Karlsson J, Myer GD. Biomechanical and neuromuscular characteristics of male athletes: Implications for the development of Anterior Cruciate Ligament injury prevention programs. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2015; 45(6):809-22. [DOI:10.1007/s40279-015-0311-1] [PMID]
- [16] 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]
- [17] Benjaminse A, Welling W, Otten B, Gokeler A. Novel methods of instruction in ACL injury prevention programs, a systematic review. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*. 2015; 16(2):176-86. [DOI:10.1016/j.ptsp.2014.06.003] [PMID]
- [18] Benoit DL, Ramsey DK, Lamontagne M, Xu L, Wretenberg P, Renström P. Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo. *Gait & Posture*. 2006; 24(2):152-64. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2005.04.012] [PMID]
- [19] Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjøberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament injuries in female team handball players: A prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2003; 13(2):71-8. [DOI:10.1097/00042752-200303000-00002] [PMID]
- [20] Chappell JD, Limpisvasti O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008; 36(6):1081-6. [DOI:10.1177%2F0363546508314425] [PMID]
- [21] Welling W, Benjaminse A, Gokeler A, Otten B. Retention of movement technique: Implications for primary prevention of ACL injuries. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2017; 12(6):908-20. [PMID]
- [22] Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. Prevalence of Jumper's knee among nonelite athletes from different sports: A cross-sectional survey. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011; 39(9):1984-8. [DOI:10.1177%2F0363546511413370] [PMID]

- [23] Benjaminse A, Postma W, Janssen I, Otten E. Video feedback and 2-dimensional landing kinematics in elite female handball players. *Journal of Athletic Training*. 2017; 52(11):993-1001. [DOI:10.4085/1062-6050-52.10.11] [PMID]
- [24] Armitano CN, Haeghele JA, Russell DM. The use of augmented information for reducing Anterior Cruciate Ligament injury risk during jump landings: A systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2018; 53(9):844-59. [DOI:10.4085/1062-6050-320-17] [PMID]
- [25] Dowling AV, Favre J, Andriacchi TP. Inertial sensor-based feedback can reduce key risk metrics for Anterior Cruciate Ligament injury during jump landings. *The American Journal of Sports Medicine*. 2012; 40(5):1075-83. [DOI:10.1177/2F0363546512437529] [PMID]
- [26] Leonard KA, Simon JE, Yom J, Grooms DR. The immediate effects of expert and dyad external focus feedback on drop landing biomechanics in female athletes: An instrumented field study. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2021; 16(1):96-105. [DOI:10.26603/001c.18717] [PMID]
- [27] Munro A, Herrington L. The effect of videotape augmented feedback on drop jump landing strategy: Implications for Anterior Cruciate Ligament and patellofemoral joint injury prevention. *The Knee*. 2014; 21(5):891-5. [DOI:10.1016/j.knee.2014.05.011] [PMID]
- [28] Neilson V, Ward S, Hume P, Lewis G, McDaid A. Effects of augmented feedback on training jump landing tasks for ACL injury prevention: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*. 2019; 39:126-35. [DOI:10.1016/j.ptsp.2019.07.004] [PMID]
- [29] Mahmod AK, Fook Lee JL. Effects of augmented feedback on landing force from jumps. *Jurnal Sains Sukan & Pendidikan Jasmani*. 2017; 6(2):1-9. [DOI:10.37134/jsspj.vol6.2.1.2017]
- [30] Ericksen HM, Gribble PA, Pfile KR, Pietrosimone BG. Different modes of feedback and peak vertical ground reaction force during jump landing: A systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48(5):685-95. [DOI:10.4085/1062-6050-48.3.02] [PMID]
- [31] Onate JA, Guskiewicz KM, Sullivan RJ. Augmented feedback reduces jump landing forces. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2001; 31(9):511-7. [DOI:10.2519/jospt.2001.31.9.511] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank