Research in Sport Medicine and Technology, Volume 12 - Issue 24 / 2022

Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

The Kinetics of Athletes with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Neuro-Cognitive Challenge Landing

Ghazal Mohammad Gholipour Aghdam [1]| Mohammad Hossein Alizadeh [2] | Hooman Minoonejad [3]| Elham Shirzad[4]

1. Ph.D Student, Tehran University, Tehran, Iran.
2. Ph.D, Tehran University, Tehran, Iran.
3. Ph.D, Tehran University, Tehran, Iran.
4. Ph.D, Tehran University, Tehran, Iran.

Corresponding Author: Mohammad Hossein Alizadeh; Alizadehm@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: November 1, 2022
Revised: February 17, 2023
Accepted: February 23, 2023

Keywords:
Neuro-cognition, Injury, Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Soccer

How to Cite:
Gholipour Aghdam, Alizadeh, Minoonejad, Shirzad. **The Kinetics of Athletes with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Neuro-Cognitive Challenge Landing.** *Research In Sport Medicine and Technology*, 2022: 12(24): 135-147

Abstract

Neurocognitive motor tasks have been shown to have an effective relationship with athletic performance and musculoskeletal injuries. Cognitive changes following anterior cruciate ligament reconstruction surgery may lead to adverse knee biomechanical changes and an increased risk of secondary injury. This study aimed to compare the kinetics of athletes with a history of ACL reconstruction and those without injuries. A total of 30 professional male soccer players, comprising 15 anterior cruciate ligament reconstruction athletes who had returned to the performance and 15 healthy athletes, participated in this study. The subjects performed at least 5 drop landings with cognitive intervention to decide the landing point on the force plate. The maximum ground reaction force, time to stability and center of pressure with length of path index were calculated at the moment of landing. The Mann-Whitney U test was used to compare the variables. The results indicated a significant difference in four variables: the maximum mean vertical ground reaction force in all landings ($p = 0.04$), the maximum mean vertical ground reaction force in the best landings ($p = 0.01$), the maximum average vertical ground reaction force in all landings ($p = 0.01$), and the maximum mean mediolateral ground reaction force in the best landings ($p = 0.03$). However, no statistical significance was observed in the variable of maximum time to stability in all landing classes ($p > 0.05$).The study findings suggest that impaired decision-making with cognitive interference during the flight phase may increase the risk of re-injury in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e: CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری

شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

کینتیک ورزشکاران با بازسازی رباط صلیبی قدامی در فرود با چالش عصبی–شناختی

غزال محمدقلی پور اقدم [۱] | محمدحسین علیزاده *[۲] | هومن مینونژاد [۳] | الهام شیرزاد [٤]

۱. دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران،تهران، ایران.

۲. استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳. دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

٤. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: محمدحسین علیزاده Alizadehm@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۴۰۱

تاریخ ویرایش: بهمن ماه ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۴۰۱

واژه‌های کلیدی:

عصبی–شناختی، آسیب، بازسازی رباط صلیبی قدامی، فوتبال

ارجاع:

محمدقلی پور اقدم، علیزاده، مینونژاد و شیرزاد. **کینتیک ورزشکاران با بازسازی رباط صلیبی قدامی در فرود با چالش عصبی–شناختی**. پژوهش در طب ورزشی وفناوری.۱۴۰۱،۱۲(۲٤): ۱۴۷-۱۳۵

چکیده

وظایف حرکتی عصبی–شناختی، ارتباط موثری بر هماهنگی عملکرد ورزشی و آسیب‌های اسکلتی عضلانی دارد. بقایای تغییرات شناختی پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی موجب تغییرات بیومکانیکی زانو شده و می‌تواند ریسک آسیب ثانویه را افزایش می‌دهد. هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی و مقایسه کینتیکی ورزشکاران با سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی و ورزشکاران بدون آسیب بود. در مطالعه‌ی پیش رو در مجموع ۳۰ فوتبالیست مرد حرفه‌ایشامل۱۵ ورزشکار با سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی بعد از بازگشت به بازی و ۱۵ ورزشکار سالم، شرکت کردند. آزمودنی‌ها حداقل ۵ فرود قطره‌ای با مداخله شناختی در تصمیم گیری نقطه فرود برروی صفحه نیرو انجام دادند. حداکثر نیروی عکس العمل زمین، زمان رسیدن به ثبات و مرکز فشار با شاخص طول مسیر در لحظه فرود محاسبه شد. برای مقایسه‌ی متغیرها از آزمون یو من ویتنی استفاده شد. ازنظر آماری ، تفاوت معناداری در چهار متغیر: میانگین حداکثر مسیر حرکت مرکز فشار ($p = ۰/۰٤$)، حداکثر میانگین نیروی عمودی عکس العمل زمین در بهترین فرودها ($p = ۰/۰۱$)، حداکثر میانگین نیروی عمودی عکس العمل زمین در کل فرودها ($p = ۰/۰۱$) و حداکثر میانگین نیروی داخلی–خارجی عکس العمل زمین در بهترین فرودها ($p = ۰/۰۳$) وجود داشت، اما در متغیر حداکثر زمان رسیدن به ثبات در همه کلاس‌های فرود ($p < ۰/۰۵$) از نظر آماری معناداری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد اختلال در تصمیم‌گیری با مداخله‌ی شناختی در طول مرحله پرواز، ریسک آسیب‌دیدگی مجدد را در افراد باسابقه بازسازی رباط صلیبی افزایش می‌دهد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

مقدمه:

آسیب رباط صلیبی قدامی (ACL) یکی از شایع‌ترین آسیب‌های اندام تحتانی در ورزشکاران بشمار می‌آید؛ به طوری که طبق آمار سالیانه ۲۰۰ هزار آسیب ACL به تنهایی در ایالات متحده آمریکا اتفاق می‌افتد(۱) و حدود ۹۰ درصد از بیماران، متقاضی بازسازی ACL می‌باشند(۲). علی رغم شیوع بالای جراحی بعد از آسیب ACL، نتایج در ادبیات گذشته بسیار متنوع می‌باشد. شواهد اخیر نشان داده‌اند که بیش از ۵۰ درصد از ورزشکاران بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR) در بازگشت به سطح عملکرد پیش از آسیب، ناتوان بوده‌اند و بین ۵۰ الی ۱۰۰ درصد پیشرفت استئوآرتریت زانو طی ۵ تا ۱۰ سال بعد از جراحی داشتند(۳). میزان آسیب ثانویه ACL در ورزشکاران جوان کمتر از ۲۵ سال پس از بازگشت به رقابت‌های ورزشی که شامل فعّالیّت‌های پرشی و برشی بودند، ۲۳٪ گزارش شده است، که این میزان در افرادی که دوره بازگشت سریع‌تری به ورزش داشتند، بیشتر بوده است(٤).

این آسیب می‌تواند عوارض کوتاه و بلند مدتی را بر جای بگذارد؛ از جمله عوارض کوتاه مدت آن می‌توان به درد، سفتی، تورم مفصلی و عوارض بلند مدت آن می‌توان به بی‌ثباتی مفصل، استئوآرتریت، آسیب‌های مینیسک و اختلالات عملکردی اشاره نمود(۵) و به همین نسبت درمان پیچیده و طولانی مدتی نیاز دارد. همچنین ورزشکار آسیب دیده را از میادین مسابقه و تمرین دور نگه می‌دارد، که این امر خود می‌تواند عوارض روحی متفاوتی بر آنان داشته باشد. از طرف دیگر درمان این آسیب خواه به صورت جراحی و خواه به صورت توانبخشی هزینه سنگینی را بر دوش فرد و جامعه می‌گذارد. آسیب ACL علاوه بر هزینه درمان سالیانه زیاد، موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی می‌شود(٦،٧).

بطور کلی تحقیقات انجام‌شده تاکنون مکانیسم‌های چندعاملی را برای آسیب ACL در دو گروه عوامل داخلی (آناتومیکی، هورمونی، عصبی–عضلانی و اختلافات بیومکانیکی در پوسچر بین زنان و مردان) و عوامل خارجی (اغتشاشات بدنی و بصری، آتل نوع کفش و سطح زمین) دسته‌بندی می‌کنند(۸).

از جمله ریسک فاکتورهای بیومکانیکی در آسیب رباط ACL، عوامل کینتیکی است که شامل نیروهای بزرگ عکس العمل عمودی و خلفی زمین می‌باشد. بیشتر آسیب‌های ACL در طی کاهش شدید شتاب یا به هنگام فرود از یک پرش اتفاق می‌افتد، که در مقایسه با یک فرود نرم، نیروهای عکس‌العمل زمین بیشتری تولید می‌شود. فرود با زاویه فلکشن زانوی کوچک، نیروهای وارده بر ACL را افزایش داده، بنابراین ریسک آسیب ACL را به طور بالقوه افزایش می‌دهد(۹). افزایش زاویه فلکشن زانو موجب جابجایی مرکز ثقل بیشتر و کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین در جهت عمودی و خلفی می‌شود که احتمالاً به دلیل قرار گرفتن عضلات در یک وضعیت کارآتر جهت جذب انرژی جنبشی می‌باشد. تبادل موفقیت‌آمیز این نیرو بین زمین و مفصل ورزشکار نیازمند استراتژی‌های کنترل عصبی–عضلانی پیچیده برای ثبات پویای مفصل است. کنترل عصبی–عضلانی تحت تأثیر اطلاعات حسی ناشی از حس عمقی، کینستتیک، منابع بصری، سمعی و همین‌طور دستورات حرکتی نخاع و قشر مغز می‌باشد(۱۰). شواهد اخیر نشان می‌دهند که استرین و آسیب ACL می‌تواند

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

موجب تحریک سیستم عصبی مرکزی شود. تحریک سیستم عصبی مرکزی نیز موجب تغییر فعّالیّت الکتریکی قشر مغز در الکتروانسفالوگرافی می‌شود. همچنین موجب تغییر سطح اکسیژن خون در قشر مغز شده که این نیز توسط فعّالیّت سیگنال‌ها در تصویربرداری رزونانس مغناطیسی-عملکردی مشخص شده است(۱۱). پس بطور کلی استرین رباط ACL علاوه بر مشکلات بیومکانیکی، عضلانی و عصبی موجب ایجاد تغییراتی در مغز می‌شود که می‌تواند تمام فعّالیّت‌های مرتبط با مغز را تحت تأثیر قرار دهد.

پویایی در طی حرکات پیچیده، سرعت بالای قشر مغز جهت اجرای شایسته و هماهنگی در کار، وظیفه پردازش فیدفورواردی برنامه حرکتی است. مکانیسم فیدبکی نیز وظیفه‌ی تنظیم پاسخ‌های رفلکسی به رویدادهای غیرقابل پیش بینی پس از تماس با زمین را برعهده دارند. اگرچه بسیاری از مسیرهای رفلکس محیطی و سگمانی وجود دارد، امّا در نهایت قشر مغز مسئولیت برنامه‌ریزی و تنظیم همه این پردازش‌های کنترل حرکتی را برعهده می‌گیرد(۱۰).

سواینیک و همکاران گزارش کرده‌اند که ورزشکاران دانشگاهی با توانایی‌های شناختی پایین، بیشتر مستعد آسیب غیربرخوردی ACL هستند(۱۷). این یافته‌ها حاکی از این هستند که نقص شناختی، با افزایش خطر آسیب ارتباط دارد. در مجموع، این مطالعات از ارتباط بالقوه بین توانایی شناختی و خطر آسیب اسکلتی-عضلانی حمایت می‌کنند. مطالعات اخیر گزارش کرده‌اند که بین توانایی شناختی و کنترل عصبی-عضلانی نیز رابطه وجود دارد. هرمان و بارت دریافتند سطح پایین توانایی شناختی، در طی یک پرش و فرود عمودی غیرقابل پیش‌بینی، با مکانیک‌های پرخطر مرتبط است(۱۲).

عملکرد مناسب در ابعاد عصبی-شناختی باعث می‌شود تا ورزشکار بتواند با موفقیت و اطمینان وظایف حرکتی خود را انجام دهد. این اقدامات حرکتی پاسخگو، می‌توانند در صورت دستیابی به نظارت و کنترل مهارت‌های حرکتی خوب، به شکلی پایدار و هماهنگ انجام شوند. در مقابل، نقص در ابعاد عصبی-شناختی ممکن است به ورزشکار اجازه ندهد که به درستی محیط و تحولات بازی را درک و نسبت به آن واکنش نشان دهد. همچنین موجب درگیری ورزشکار در اعمال حرکتی می‌شود که او را در معرض خطر آسیب قرار می‌دهد(۱۳).

با بررسی تحقیقات پیشین در محدوده‌ی حوزه مطالعاتی، پژوهشی که تاثیر مداخلات عصبی-شناختی هنگام فرود در ریسک فاکتورهای کینتیکی مرتبط با آسیب ثانویه رباط ACL را بسنجد، یافت نشد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر مداخله عصبی-شناختی با حداکثر نیروهای عکس‌العمل زمین در جهات عمودی ، زمان رسیدن به ثبات و نوسانات مرکز فشار با شاخص طول مسیر در حداکثر نیروی عکس العمل به هنگام اجرای تکلیف پرش-فرود در افراد با سابقه ACLR بود.

روش‌شناسی

پژوهش کنونی دارای کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه تهران به شماره (IR.UT.SPORT.REC.1400.041) دارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

در مطالعه‌ی حاضر ۱۵ فوتبالیست مرد با سابقه ACLR و ۱۵ فوتبالیست سالم بدون سابق آسیب وارد مطالعه شدند. نمونه‌گیری به صورت تصادفی کنترل شده بود.

تمامی شرکت کنندگان در مطالعه‌ی حاضر، ورزشکاران حرفه ای بودند و حداقل هفته‌ای سه بار و هر بار دست کم ۲ ساعت ورزش می‌کردند و امتیاز تگنر آن‌ها حداقل ۷ بود. از آنجایی که تحصیلات با توانمندی عصبی-شناختی رابطه‌ی مستقیم دارد، به علت جلوگیری از مخدوش شدن اطلاعات عصبی-شناختی، تمامی شرکت کنندگان دارای تحصیلات حداقل دیپلم بودند.

شرایط ورود به مطالعه سن ۲۰ تا ۲۵ سال، نداشتن آسیب‌های عضلانی اسکلتی اعم از هرنوع آسیب منیسک، غضروف و یا سایر لیگامان های زانو که با آسیب ACL همراه شود و گذشت حداقل دو سال از جراحی بازسازی رباط بود. عدم گزارش سابقه‌ی اختلالات قلبی عروقی، متابولیکی، عصبی، دهلیزی، بینایی و پوستی توسط خود شرکت‌کنندگان بود. در صورتی که آزمودنی‌ها مصرف نوشیدنی های محرک مانند قهوه ، الکل و نوشابه های گازدار پیش از جلسه ی آزمون داشتند، از مطالعه کنار گذاشته شدند.

هر یک از آزمودنی‌ها ابتدا فرم رضایتنامه‌ی آگاهانه را امضا نموده و سپس پرسشنامه اطلاعات شخصی را کامل نمودند و در ادامه قد و وزن این ورزشکاران اندازه‌گیری شد. کلیه‌ی مراحل تحقیق پیش رو به تایید کمیته اخلاق دانشگاه تهران رسید. تمامی آزمون‌ها در پژوهشگاه تربیت بدنی تهران انجام گرفت.

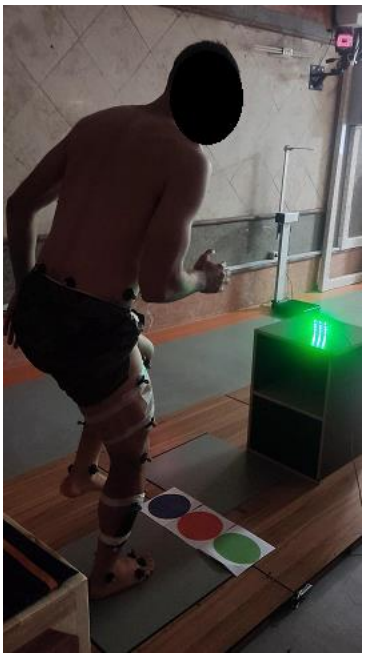
در این تحقیق جهت ارزیابی متغیرهای کینتیکی از تکلیف پرش و فرود از روی سکوی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری استفاده گردید. ابتدا نحوه انجام تکلیف و پرش فرود بر روی صفحه نیرو به آزمودنی‌ها آموزش داده شد.

پس از یک گرم کردن کوتاه، افراد دستان خود را روی ستیغ خاصره گذاشته و فرود تک پا را از روی جعبه ۳۰ سانتی‌متری بر روی صفحه نیرو با پای غیر برتر انجام دادند. بعد از تمرین تکلیف، افراد فرود قطره‌ای[1] از روی جعبه را با پروتکل تکلیف عصبی-شناختی انجام دادند. فوت سوویچ برروی جعبه قرار گرفت و لامپ‌های LED با فاصله ۳ متری و ارتفاع ۳۰ سانتی متری جعبه با کابل رابط به آن وصل شد.

مطابق با تصویر ۱ لامپ‌های LED بلافاصله بعد از جدا شدن پاشنه فرد از فوت سوویچ[2]، رنگی (قرمز، آبی و سبز) را نمایش می‌دادند. تکلیف زمانی موفقیت آمیز بود که فرد بر روی رنگ مورد نظر نمایشگر، بر روی صفحه نیرو، فرود می‌آمد و به میزان ۱۵ ثانیه برروی آن باقی می‌ماند. زمانی که شخص نمی‌توانست ۱۵ ثانیه برروی صفحه نیرو باقی بماند و زمین را با پای آزاد لمس می‌کرد، تکلیف دچار خطا می‌شد. توجه کامل شد که خستگی در پرش‌های متوالی با اعمال استراحت کافی به حداقل رسد. پس از اتمام کل پروتکل مذکور، میانگین حداقل ۵ کوشش، بعنوان متغیرهای کینتیکی افراد ثبت شد.

[1]. Drop landing
[2]. Footswitch

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]



تصویر۱. آزمون تصمیم گیری عصبی-شناختی

به منظور جمع‌آوری داده‌های کینتیکی حرکت از صفحه نیروی کیستلر ساخت کشور سوییس مدل AccGait در ابعاد۴۰*۶۰ جهت اندازه‌گیری حداکثر GRF، TTS و CoP با شاخص مسیر در لحظه فرود استفاده شد. فرکانس محاسبه متغیرهای کینتیکی توسط دستگاه صفحه نیرو ۱۰۰۰ هرتز بود. با استفاده از اطلاعات کسب شده از صفحه نیرو مولفه‌های حداکثر GRF با وزن آزمودنی‌ها نرمال شده و سپس میانگین داده‌های به دست آمده از حداقل ۵ فرود موفق برای محاسبه متغیرها مورد استفاده قرار گرفت و TTS نیز بر حسب میلی ثانیه گزارش شد. برای استفاده از داده های صفحه نیرو، پس از ارزیابی با استفاده از نرم افزار کورتکس۷، خروجی به فرمت فایل اکسل برای تجزیه و تحلیل کینتیک استخراج شد. داده‌های به دست آمده، همگی در سه کلاس: میانگین بهترین فرودها (MIN)، میانگین ضعیف‌ترین فرودها (MAX) و میانگین کل فرودها (MEAN) گزارش شده است.

جهت محاسبه داده‌های کینتیکی، پارامتر تعادل ورزشکاران ۵ ثانیه پس از فرود، از روش آنالیز خطی نوسان مرکز فشار بدن استفاده شد .آنالیز خطی نوسان مرکز فشار با شاخص طول مسیر به میلی‌متر گزارش شده است. معادله به قرار زیر است(۱۴).

$$CoP_{PL} = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\left(CoP_{AP(i+1)}\right) - \left(CoP_{AP(i)}\right)^2 + \left(CoP_{ML(i+1)}\right) + \left(CoP_{ML(i)}\right)^2}$$

برای محاسبه حداکثر نیرویی عکس العمل زمین از حداکثر مقدار سه مؤلفه عمودی(زمانی ثبت شد که از ۲۰ نیوتون فراتر رفت)، قدامی_ خلفی و داخلی_ خارجی نیروی عکس العمل زمین، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت(۲۱).

همچنین برای محاسبه زمان رسیدن به پایداری در سه جهت عمودی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی محاسبه و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

استخراج خواهد شد. برای یکسان سازی محاسبات نتایج آزمون، زمان ۱۵ ثانیه به عنوان مدت زمان حفظ تعادل آزمون شوندگان پس از اولین تماس با صفحه نیرو در نظر گرفته خواهد شد. محاسبات مربوط به زمان رسیدن به پایداری با استفاده از روش میانگین‌گیری متوالی برای هر لحظه مطابق روابط ۱ تا ۳ انجام خواهد شد.

$$۱)\text{SeqAvgx (n)}=\frac{\sum_1^n f_x}{n}$$

$$۲)\text{SeqAvgy (n)}=\frac{\sum_1^n f_y}{n}$$

$$۳)\text{SeqAvgz (n)}=\frac{\sum_1^n f_z}{n}$$

برای کاهش نویز اطلاعات داده‌های خام کنتیکی از فیلتر دیجیتال پایین گذر باترورث[3] مرتبه۴ و با فرکانس برش۲۰ استفاده شد.

برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۴ بکار گرفته شد . نرمال بودن داده‌ها ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف ارزیابی و سپس برای همگنی داده ها از آزمون لون و برای مقایسه‌ی متغیرهای دو گروه از آزمون یومن–ویتنی با سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های شرکت کننده در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که در جدول پیدا است، دو گروه از لحاظ مشخصات فردی باهم تفاوت معناداری نداشتند.

جدول ۱. میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی[4] و میزان فعالیت[5] آزمودنی‌های شرکت‌کننده در تحقیق

متغیر	گروه	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	آزمون تی مستقل
سن (سال)	ACLR	۲۲/۳۳	۲/۱۶	۲۰	۲۶	۰/۳۹۱
	سالم	۲۳/۵	۲/۳۴۵	۲۰	۲۶	
قد (سانتی‌متر)	ACLR	۱۷۴/۸۳	۵/۴۹۲	۱۶۹	۱۸۲	۰/۵۲۵
	سالم	۱۷۶/۶۷	۴/۰۳۳	۱۷۳	۱۸۳	
وزن (کیلوگرم)	ACLR	۷۰/۱۷	۵/۱۱۵	۶۴	۷۷	۰/۴۰۷
	سالم	۷۳/۱۷	۶/۷۶۵	۶۴	۸۰	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	ACLR	۲۲/۹۳	۰/۶۱	۲۲/۲۰	۲۳/۲۷	۰/۴۸۰
	سالم	۲۳/۴۰	۱/۴۳	۲۱/۴۰	۲۵/۲۰	
میزان فعالیت	ACLR	۸/۳۳	۰/۸۱	۷	۹	۰/۵۱۵
	سالم	۸	۰/۸۹	۷	۹	

[3]. Butterworth
[4]. Body mass index
[5]. Tegner

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

در جدول۲ اطلاعات مربوط به حداکثر GRF، TTS و بررسی CoP با شاخص طول مسیر نشان می‌دهد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول۲، در گروهی که بازسازی ACL انجام گرفته در مقایسه با افراد سالم دربرخی از مولفه‌های کنتیک تفاوت معنی داری ظاهر شد.

جدول۲. میانه و انحراف میان چارکی مولفه‌های کینتیکی بین دو گروه سالم و ACLR

متغیر		گروه	میانه	دامنه میان چارکی	شاخص آماری	معناداری	میزان تاثیر
vGRF	max	ACLR	۴/۰۳	۰/۷۸	۸۱	۰/۲۰	۰/۲۸
		سالم	۳/۵۹	۰/۸۷			
	min	ACLR	۳/۲۰	۰/۷۴	۵۵/۵	۰/۰۱*	۰/۵۰
		سالم	۲/۸۷	۰/۵۴			
	mean	ACLR	۳/۶۶	۰/۵۲	۵۴	۰/۰۱*	۰/۵۲
		سالم	۳/۰۵	۰/۸۱			
mlGRF	max	ACLR	۰/۳۱	۰/۰۷	۹۸/۵	۰/۵۷	۰/۱۲
		سالم	۰/۳۳	۰/۰۶			
	min	ACLR	۰/۲۰	۰/۰۴	۶۲	۰/۰۳*	۰/۴۴
		سالم	۰/۱۷	۰/۰۶			
	mean	ACLR	۰/۲۴	۰/۰۳	۱۰۷/۵	۰/۸۵	۰/۰۴
		سالم	۰/۲۴	۰/۰۲			
apGRF	max	ACLR	۰/۶۳	۰/۰۹	۱۰۹	۰/۹۰	۰/۰۳
		سالم	۰/۶۳	۰/۰۹			
	min	ACLR	۰/۴۴	۰/۰۸	۸۹	۰/۳۴	۰/۲۰
		سالم	۰/۵۰	۰/۰۸			
	mean	ACLR	۰/۵۱	۰/۱۱	۸۳	۰/۲۲	۰/۲۶
		سالم	۰/۵۴	۰/۰۵			
vTTS	max	ACLR	۱/۹۶	۰/۵۷	۹۰	۰/۳۶	۰/۲۰
		سالم	۱/۷۹	۰/۶۷			
	min	ACLR	۱/۴۴	۰/۶۳	۱۰۵	۰/۷۷	۰/۰۶
		سالم	۱/۵۳	۰/۵۹			
	mean	ACLR	۱/۵۸	۰/۶۸	۱۰۶/۵	۰/۸۲	۰/۰۵
		سالم	۱/۵۴	۰/۳۰			
mlTTS	max	ACLR	۲/۱۶	۰/۶۸	۹۶	۰/۵۱	۰/۱۴
		سالم	۱/۹۷	۰/۳۲			
	min	ACLR	۱/۴۷	۰/۹۷	۹۲	۰/۴۱	۰/۱۸
		سالم	۱/۶۳	۰/۴۵			

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

	mean	ACLR	۱/۷۳	۰/۶۲	۹۷/۵	۰/۵۴	۰/۱۳
		سالم	۱/۷۰	۰/۲۰			
apTTS	max	ACLR	۱/۰۲	۰/۸۵	۹۸	۰/۵۶	۰/۱۲
		سالم	۱/۳۰	۰/۳۷			
	min	ACLR	۰/۵۹	۰/۶۹	۱۰۴	۰/۷۴	۰/۰۷
		سالم	۰/۶۱	۰/۶۷			
	mean	ACLR	۰/۸۹	۰/۴۱	۹۰	۰/۳۶	۰/۲۰
		سالم	۱/۰۰	۰/۴۸			
CoP	max	ACLR	۳۹۳/۱۶	۶۸/۰۴	۷۸	۰/۱۶	۰/۳۰
		سالم	۳۷۸/۴۷	۴۵/۵۸			
	min	ACLR	۳۳۹/۴۴	۵۸/۷۳	۸۷	۰/۳۰	۰/۲۲
		سالم	۳۳۱/۳۳	۶۲/۵۸			
	mean	ACLR	۳۷۸/۸۳	۵۷/۸۱	۶۴	۰/۰۴*	۰/۴۳
		سالم	۳۴۴/۴۴	۴۴/۸۸			

علامت ستاره* نشان دهنده معناداری آماری است.

بحث

نتایج مطالعه‌ی حاضر حاکی از تاثیر محدودیت تصمیم‌گیری بر کینتیک ورزشکاران با سابقه ACLR در مقایسه با فوتبالیست‌های سالم می‌باشد. اغلب مطالعات انجام گرفته، بر روی افراد سالم بوده است(۱۵) و نتایج حاکی از تاثیر مداخلات برنامه‌ریزی‌نشده حرکتی بر بیومکانیک نامطلوب زانو داشت(۱۶). اگرچه تحقیقات اندکی در حیطه تصمیم‌گیری

عصبی-شناختی ورزشکاران آسیب دیده وجود دارد، اما گیشه و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه ورزشکاران ACLR و سالم در طی تکلیف پرش و فرود یکطرفه دریافتند، تفاوت معناداری بین دو گروه از نظر قشر برنامه‌ریزی حرکتی و برخی مولفه‌های بیومکانیکی مانند GRF، TTS و CoP وجود ندارد(۱۵). تشابه نتایج TTS حاصل از تحقیق، بدلیل این است که هر دو گروه طی تکلیف تصمیم‌گیری شناختی تحت تاثیر قرار گرفتند اما این تاثیر بر روی هر دو گروه مشابه بود و بین دو گروه تفاوت خاصی مشاهده نشد. دلایل تضاد قابل توجه این یافته‌ها با پژوهش کنونی می‌تواند، به انتخاب نشانه‌های بصری و نمونه بررسی شده مربوط باشد. در حالی که گیشه و همکارانش یک محرک نسبتاً ساده (فلش) با دو انتخاب به کارگرفتند، این در حالی است که محرک بصری در این تحقیق از بین سه گزینه انتخاب می‌شد. همچنین، از سوی دیگر در پژوهش حاضر به جای ورزشکاران تفریحی(مهارت باز و بسته)، از بازیکنان نخبه فوتبالی برگزیده شده بود.

شواهد موجود دال بر این است که پردازش قشری ورودهای بصری نقش کلیدی در تصمیم‌گیری دارند. گرومز و همکاران (۲۰۱۸) از عینکهای استروپ جهت اختلال در بینایی افراد استفاده کرد. سپس از دو گروه افراد ACLR و سالم خواسته شد در طی دو آزمایش با و بدون عینک، فرود تک پا را اجرا کنند. نتایج نمایانگر افزایش GRF و فلکشن

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

زانو طی اجرای فرود همراه با عینک بود(۱۷). در مطالعه‌ی مشابهی، سانتلو و همکاران (۲۰۰۱) فرودهای تک پا را با چشمان باز و بسته مقایسه کردند. افراد با چشمان بسته۱۰٪ GRF بیشتری و زاویه چرخش زانوی کمتری را نشان دادند(۱۸). چو و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر بینایی را بر ایمنی فرود دو پا را در سربازان هوایی مورد مطالعه قرار دادند. فرود با چشمان بسته موجب افزایش ابداکشن ران در تماس اولیه و حداکثر GRF شد، در حالی که حداکثر فلکشن زانو کاهش یافت(۱۹). در نهایت، گرومز و همکاران (۲۰۲۲) دریافتند که فرود تک پا به همراه استفاده از عینکهای واقعیت مجازی موجب کاهش فلکشن زانو، ابداکشن زانو و همچنین افزایش خطا در سیستم امتیازبندی فرود در مقایسه با فرود بهمراه چشمان باز و بسته می‌شود(۲۰). تحقیقاتی که بر روی افراد با چشمان بسته انجام گرفته نمی‌تواند محیط تمرینی و بازی واقعی را برای شخص تداعی کند. همچنین شخص هیچ‌گونه تصمیم‌گیری در انجام تست ندارد در حالی که در تحقیق حاضر شخص همانند اتفاقی که در حین بازی می‌افتد به صورت بلقوه تحت تاثیر تصمیم‌گیری شناختی قرار گرفته است که روایی ازمایش کنونی را نشان می‌دهد.

شواهد نمایانگر این هست که کاهش ورودی آوران بدلیل قطع حسگرهای موجود در لیگامان متقاطع و تغییر پردازش مرکزی به دنبال آسیب ACL(۲۱)، تقاضا را بر روی قشر بینایی افراد آسیب دیده افزایش می‌دهد(۲۲). علاوه بر این، ورزشکاران با سابقه آسیب کاهش ارتباط بین قشر حسی اولیه و مخچه را نشان دادند، همچنین بین قشر حسی-تنی نمیکره چپ و انواع نواحی حرکتی از جمله ناحیه حرکتی-تکمیلی، قشر پیش‌حرکتی و حرکتی اولیه نیز کاهش ارتباط محسوسی در نقشه برداری مغز نمایان شده است(۲۳). همه‌ی این تغییرات کل زمان مورد نیاز برای ایجاد ادراک و عمل را افزایش داده و برآیند زمان لازم برای ثبات پویای مفصل را کاهش می دهند.

علارغم مطالعات گسترده در حیطه های مرتبط با آسیب ACL، مانند قدرت، استقامت، تعادل، دامنه حرکتی ویا تقارن اندام و انجام انواع روش‌های توانبخشی جهت بازگشت ایمن ورزشکاران ACLR به ورزش، ریسک آسیب ثانویه این ورزشکاران هنوز پابرجاست(۲٤). اگرچه فرض روابط علی و معلولی عوامل شناختی در آسیب ثانویه را نمی‌توان بیان کرد، اما یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از این است که اختلالات بالقوه در تصمیم گیری عصبی-شناختی توسط پروتکل‌های توانبخشی مرسوم کنونی مرتفع نمی‌گردند. در مطالعه‌ی کاپرلی و همکاران که همسو با نتایج تحقیق حاضر است، بررسی‌های وانسفالوگرافی نشان داد که قشر مغز در بیماران ACLR دچار سازماندهی مجدد قابل توجهی می‌شود(۲۵). در صورت اثبات پایداری نقص‌های عصبی-شناختی ورزشکاران ACLR در بروز پارگی‌های مجدد(۲٦)، می‌تواند پروتکل‌های ورزشی در پیشگیری از پارگی ACL را تغییر داد. حتی در آخرین پروتکل پیشگیری از آسیب ACL (PEP[6])(۲۷)،که در تیم‌های ورزشی الخصوص فوتبال رواج دارد، مولفه شناختی-تصمیم گیری قابل توجهی به چشم نمی‌خورد . با این حال، به نظر می‌رسد گنجاندن چنین مواردی در هنگام ارزیابی عملکرد ورزشکاران قبل از وقوع آسیب بسیار مهم باشد.

[6] . Prevent Performance injury and Enhance

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

یافته‌های پژوهش کنونی نمایانگر نقش بالقوه مولفه‌های عصبی-شناختی در آسیب ACL می‌باشد. اما جهت آشکار نمودن جزییات اینکه کدام عوامل عصبی، زمینه‌ساز تغییرات بیومکانیکی در ورزشکاران ACLR هست، نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

برخی از کاستی ها باید مورد بحث قرار گیرند. ابتدا، به دلیل طراحی پیچیده و نتایج مورد استفاده در این مطالعه، حجم نمونه و قدرت آماری حاصل در نگاه اول نسبتاً پایین بود. جالب اینجاست که ما تفاوت‌های مختلفی را بین هر دو گروه پیدا کردیم که نشان می‌دهد این مسئله چندان مهم نیست. با این حال، تحقیقات بیشتری برای تقویت بیشتر نتایج ما مورد نیاز است.

جنبه دوم به کار آزمایشی مرتبط می شود. اگرچه ما از شرکت‌کنندگان خواستیم که هنگام مرحله پرواز به نشانه بصری پاسخ دهند، اما نمی‌تون این احتمال را که برخی افراد ممکن است سمت فرود را حدس زده باشند یا از برنامه‌های حرکتی از پیش تعریف‌شده خود پیروی کرده باشند، چشم پوشی کنیم. با این حال، این محدودیت در همه آزمایش‌ها از جمله آزمایش‌های که تصمیم‌گیری در آن دخیل است، نسبتاً عمومی و شایع می‌باشد.

چندین جنبه نیاز به تحقیقات بیشتر در آینده دارد. استفاده از ابزارهای الکترومیوگرافی و وانسفالوگرافی که به ترتیب فعالیت ماهیچه‌ای و الگوهای فعال‌سازی قشر مغز را آشکار می‌کنند، بسیار جالب خواهد بود. علاوه بر این، از آنجایی که ما و تقریباً همه مطالعات قبلی یک طراحی مقطعی داشتند، مطالعات طولی و پژوهش‌های آینده‌نگر به منظور روشن کردن روابط علّی بالقوه بین تصمیم‌گیری عصبی-شناختی و وقوع آسیب اندام تحتانی ضروری است. همچنین انجام مطالعاتی در حیطه اثربخشی مداخلات تمرینی و گرم کردن با هدف بهبود مهارت‌های شناختی مرتبط با حرکت در افراد سالم و ورزشکاران با سابقه آسیب، می‌تواند جالب باشد.

نتیجه‌گیری

در مقایسه با ورزشکاران سالم، فوتبالیس‌های ACLR اختلالات کینتیکی قابل توجهی در زانو در هنگام فرود با چالش عصبی-شناختی نشان دادند. از آنجایی که تفاوت‌های بیومکانیکی مشاهده‌شده (مانند افزایش GRF، CoP) ممکن است به طور قابل‌توجهی خطر آسیب ثانویه را افزایش دهند. استفاده مربیان و درمانگران از پروتکل‌های تمرینی با هدف بهبود تصمیم‌گیری با محدودیت زمانی می‌تواند راهی جهت جلوگیری از آسیب ثانویه ACL باشد.

References

1. Prodromos C, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of stability of autografts compared to allografts after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2007;15(7):851–6.
2. Smith TO, Davies L, Hing CB. Early versus delayed surgery for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2010;18(3):304–11.
3. iestad BE, Holm I, Engebretsen L, Risberg MA. The association between radiographic knee osteoarthritis and knee symptoms, function and quality of life 10–15 years after anterior cruciate ligament reconstruction. British journal of sports medicine. 2011;45(7):583–8.
4. Gokeler A, Neuhaus D, Benjaminse A, Grooms DR, Baumeister J. Principles of motor learning to support neuroplasticity after ACL injury: implications for optimizing performance and reducing risk of

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

second ACL Injury. Sports Medicine. 2019;49(6):853–65.
5. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. North American journal of sports physical therapy: NAJSPT. 2010;5(4):234.
6. Imwalle LE, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Relationship between hip and knee kinematics in athletic women during cutting maneuvers: a possible link to noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention. Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association. 2009;23(8):2223.
7. Quatman CE, Hewett TE. The anterior cruciate ligament injury controversy: is “valgus collapse” a sex-specific mechanism? British journal of sports medicine. 2009;43(5):328–35.
8. Cowling EJ, Steele JR. Is lower limb muscle synchrony during landing affected by gender? Implications for variations in ACL injury rates. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2001;11(4):263–8.
9. 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. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2016;46(3):194–9.
10. Swanik CB, Covassin T, Stearne DJ, Schatz P. The relationship between neurocognitive function and noncontact anterior cruciate ligament injuries. The American journal of sports medicine. 2007;35(6):943–8.
11. Biswal B, Zerrin Yetkin F, Haughton VM, Hyde JS. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. Magnetic resonance in medicine. 1995;34(4):537–41.
12. Herman DC, Barth JT. Drop-jump landing varies with baseline neurocognition: implications for anterior cruciate ligament injury risk and prevention. The American journal of sports medicine. 2016;44(9):2347–53.
13. Herman DC, Zaremski JL, Vincent HK, Vincent KR. Effect of neurocognition and concussion on musculoskeletal injury risk. Current sports medicine reports. 2015;14(3):194.
14. Haddad JM, Rietdyk S, Ryu JH, Seaman JM, Silver TA, Kalish JA, et al. Postural Asymmetries in Response to Holding Evenly and Unevenly Distributed Loads During Self-Selected Stance. Journal of Motor Behavior. 2011 Jul;43(4):345–55.
15. Niederer D, Giesche F, Janko M, Niemeyer P, Wilke J, Engeroff T, et al. Unanticipated jump-landing quality in patients with anterior cruciate ligament reconstruction: How long after the surgery and return to sport does the re-injury risk factor persist? Clin Biomech (Bristol, Avon). 2020 Feb;72:195–201.
16. Wilke J, Giesche F, Niederer D, Engeroff T, Barabas S, Tröller S, et al. Increased visual distraction can impair landing biomechanics. Biol Sport. 2021 Mar;38(1):123–7.
17. Grooms DR, Chaudhari A, Page SJ, Nichols-Larsen DS, Onate JA. Visual-Motor Control of Drop Landing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Athl Train. 2018 May;53(5):486–96.
18. Santello M, McDonagh MJ, Challis JH. Visual and non-visual control of landing movements in humans. J Physiol. 2001 Nov 15;537(Pt 1):313–27.
19. Chu Y, Sell TC, Abt JP, Nagai T, Deluzio J, McGrail M, et al. Air assault soldiers demonstrate more dangerous landing biomechanics when visual input is removed. Mil Med. 2012 Jan;177(1):41–7.
20. Brazalovich P, Simon JE, Criss CR, Yom JP, Grooms DR. The effects of virtual reality immersion on drop landing mechanics. Sports Biomechanics. 2022 Feb 9;1–17.
21. Neto T, Sayer T, Theisen D, Mierau A. Functional Brain Plasticity Associated with ACL Injury: A Scoping Review of Current Evidence. Neural Plast. 2019;2019:3480512.
22. Grooms DR, Page SJ, Onate JA. Brain Activation for Knee Movement Measured Days Before Second Anterior Cruciate Ligament Injury: Neuroimaging in Musculoskeletal Medicine. J Athl Train. 2015 Oct;50(10):1005–10.
23. Diekfuss JA, Grooms DR, Yuan W, Dudley J, Barber Foss KD, Thomas S, et al. Does brain functional connectivity contribute to musculoskeletal injury? A preliminary prospective analysis of a neural biomarker of ACL injury risk. J Sci Med Sport. 2019 Feb;22(2):169–74.
24. Gokeler A, Dingenen B, Hewett TE. Rehabilitation and Return to Sport Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Where Are We in 2022? Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation. 2022 Jan;4(1):e77–82.
25. Kapreli E, Athanasopoulos S, Gliatis J, Papathanasiou M, Peeters R, Strimpakos N, et al. Anterior cruciate ligament deficiency causes brain plasticity: a functional MRI study. Am J Sports Med. 2009 Dec;37(12):2419–26.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]

26. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. 2016 Jul;44(7):1861–76.
27. Noyes FR, Barber Westin SD. Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Training in Female Athletes: A Systematic Review of Injury Reduction and Results of Athletic Performance Tests. Sports Health. 2012 Jan;4(1):36–46.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.24.10.5]