



Assessment of asymmetry in dynamic postural stability, jumping, and change of direction speed in professional soccer players with and without chronic ankle instability: Are asymmetries in different motor tasks independent?

Ziaei, Mostafa¹; Esmacili, Hamed^{2a*}; Zolaktaf, Vahid^{2b}

1. Assistant Professor of Sport Injuries and Corrective Exercises, Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, Ragheb Isfahan Institute of Higher Education, Isfahan, Iran.

2. Associate Professor ^a, Professor ^b, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Received: April 2025; Accepted: September 2025

Keywords

Athletic
Performance,
Functional
Performance,
Ankle Instability,
Task-Oriented
Assessment.

Abstract

Background and Aim: Despite the significant role of jumping, changing direction, and landing in ankle sprain occurrences, previous studies have not investigated asymmetries in these tasks among professional soccer players with and without chronic ankle instability (CAI). Furthermore, the relationships between different types of asymmetries remain unknown. This study aimed to compare asymmetries in the aforementioned movements and analyze their interrelationships in professional players with and without CAI.

Methods: Seventy professional male soccer players (32 with CAI and 38 without CAI) completed single-leg triple hop (SLTH), modified 505 change-of-direction (Mod505), and single-leg drop landing (SLDL) tests. Based on normality test results, between-group asymmetry comparisons were conducted using independent t-tests (normal data) or Mann-Whitney U tests (non-normal data). Correlational analyses were performed using Pearson's coefficient (normal data) or Spearman's rank (non-normal data).

Results: Results revealed that players with CAI exhibited significantly greater asymmetries in SLTH, Mod505, and SLDL performance compared to healthy controls ($P < 0.05$). Furthermore, correlational analyses across CAI players, healthy players, and the entire cohort revealed no statistically significant relationships between different types of movement asymmetry ($P > 0.05$).

Conclusion: The findings indicate that CAI players exhibit greater movement asymmetries; however, no interdependence exists between the types of asymmetry. This highlights the importance of task-specific rehabilitation, as well as multidimensional and task-oriented assessments, in this population.

* Corresponding Author: Tel: 09133896874

✉ Email: h.esmacili@spr.ui.ac.ir

Orcid Code:0000-0002-6882-2612

Extended Abstract

Introduction

Soccer is a high-demand sport involving rapid changes of direction (COD), jumping, and asymmetric landings, movement patterns that frequently predispose players to ankle sprains (3,5). A common sequela of such injuries is chronic ankle instability (CAI), which impairs performance through neuromuscular deficits, reduced force production, and slower reaction times (7,19). Functional asymmetries, particularly in COD, jumping, and landing, are key impairments that may increase reinjury risk (9,19). Although the role of these tasks in ankle sprain mechanisms is well established, previous research has not comprehensively investigated the asymmetries across these tasks in professional soccer players with and without CAI. Moreover, the interrelationships among different movement asymmetries remain unclear, leaving it unknown whether asymmetry in one task relates to another. While some studies report significant asymmetries in injured athletes compared with controls (7,9,19), others present conflicting results, particularly regarding dynamic postural stability and COD performance (12,13). This ambiguity highlights the need for a multidimensional assessment. Therefore, this study aimed to (1) compare asymmetries in single-leg triple hop, modified-505 COD, and single-leg drop landing between professional soccer players with CAI and healthy controls, and (2) investigate the relationships among these asymmetries to provide a scientific basis for designing targeted, task-specific rehabilitation protocols.

Method

This cross-sectional study was approved by the University of Isfahan Ethics Committee (IR.UI.REC.1402.111). Seventy professional male soccer players voluntarily participated and were divided into two groups: those with CAI ($n = 32$; age = 21.78 ± 3.18 years; height = 1.77 ± 0.07 m; mass = 68.39 ± 8.82 kg) and those without CAI ($n = 38$; age = 21.95 ± 2.40 years; height = 1.78 ± 0.06 m; mass = 69.84 ± 6.03 kg). CAI was diagnosed according to the International Ankle Consortium criteria, requiring at least two giving-way episodes in the past six months, more than one lateral ankle sprain on the same side, and a Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) score of ≤ 24 (20). Exclusion criteria included an acute ankle injury within the preceding three months, neurological disorders, or pain/injury in other lower-extremity regions. All participants completed three functional tests in a randomized order: Single-Leg Triple Hop (SLTH) for distance to assess unilateral jumping

performance (12,19), modified-505 test (Mod505) to evaluate change-of-direction speed (12,19), and Single-Leg Drop Landing (SLDL) onto a Foot Scan plantar pressure system (RsScan International, 253 Hz) to measure dynamic postural stability via Center of Pressure (COP) path length (7,23). Participants performed three valid trials per limb for each test following a standardized warm-up. The dominant limb was defined as the preferred kicking leg.

Inter-limb asymmetry was calculated using the formula: $100/\text{maximum value} \times \text{minimum value} \times -1 + 100$ (19,27). Data normality was examined using the Shapiro-Wilk test. Between-group comparisons were conducted using independent t-tests (for normally distributed SLTH and Mod505 data) and the Mann-Whitney U test (for non-normally distributed SLDL data). Effect sizes were expressed as Hedges' g . Correlations between asymmetry indices were analyzed using Pearson's or Spearman's coefficients as appropriate. Test reliability was good for all tests (ICC range: 0.76–0.88).

Results

Players with CAI demonstrated significantly greater inter-limb asymmetries than healthy controls across all three functional tests ($P < 0.05$). The effect sizes for these group differences were moderate for the SLTH (Hedges' $g = 0.68$) and Mod505 ($g = 0.74$), and small for the SLDL ($g = 0.48$). Among the CAI players, 78% of the instability cases were reported in the dominant limb, indicating a significantly higher vulnerability in this limb.

Crucially, correlation analyses revealed no statistically significant associations among the different types of movement asymmetries (SLTH vs. Mod505, SLTH vs. SLDL, Mod505 vs. SLDL) in the CAI group, the healthy group, or the entire cohort (all $P > 0.05$). All correlation coefficients were uniformly weak ($|r| = 0.02$ to 0.31).

Discussion

The primary findings of this study are twofold. First, professional soccer players with CAI exhibit significantly greater asymmetry during jumping, change-of-direction, and dynamic postural stability tasks compared with healthy counterparts. This finding aligns with previous research on athletes with other lower-limb injuries and underscores persistent functional deficits associated with CAI (7,19,27). These asymmetries likely result from altered neuromuscular control, including reduced pre-activation of stabilizer muscles such as the peroneus longus, kinematic changes (e.g., increased ankle plantarflexion), and proprioceptive deficits, causing abnormal force distribution and compromised post-

landing stability (5,7).

Second, importantly, the study found no significant correlations between different types of asymmetries. This indicates that asymmetry in one motor task (e.g., jumping) is independent of another (e.g., change-of-direction or dynamic postural stability). Stated alternatively, a player with CAI may show substantial asymmetry in jumping but not in change-of-direction

performance, and vice versa. This task-specific independence aligns with recent literature and has critical clinical implications (9,12,19,27). These findings suggest movement asymmetries are not a global characteristic but are instead highly task-specific. Consequently, asymmetry detected in a single test should not be assumed to reflect performance deficits in other tasks.

Table 1. Summary of Key Statistical Findings

Comparison	Group	Test Statistic	P-value	Effect Size (Hedges' g)	Correlation (r)
SLTH Asy	CAI vs Healthy	Independent t-test	0.004	0.68 (0.19-1.17)	
Mod505 Asy	CAI vs Healthy	Independent t-test	0.003	0.74 (0.25-1.24)	
SLDL Asy	CAI vs Healthy	Mann-Whitney U	0.040	0.48 (0.01-0.97)	
SLTH vs Mod505	CAI	Pearson	0.692		0.07
SLTH vs SLDL	CAI	Spearman	0.306		0.19
Mod505 vs SLDL	CAI	Spearman	0.184		- 0.24
SLTH vs Mod505	Healthy	Pearson	0.508		0.11
SLTH vs SLDL	Healthy	Spearman	0.058		- 0.31
Mod505 vs SLDL	Healthy	Spearman	0.535		- 0.10
SLTH vs Mod505	Entire	Pearson	0.097		0.20
SLTH vs SLDL	Entire	Spearman	0.886		- 0.02
Mod505 vs SLDL	Entire	Spearman	0.681		- 0.05

SLTH, Single-leg triple hop; Mod505, Modified 505; SLDL, Single-leg drop landing; CAI, Chronic ankle instability; Asy, Asymmetry

Clinical application

Findings emphasize the importance of comprehensive, multidimensional assessment batteries that capture the full spectrum of sport-specific functions. Rehabilitation protocols should be precisely task-specific, addressing identified asymmetries in each functional domain to minimize reinjury risk and reestablish symmetrical movement patterns in soccer players.

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the University of Isfahan (IR.UI.REC.1402.111). All participants provided written informed consent after being fully informed about the study procedures.

Funding

The authors received no financial support from any institutions or organizations for the conduct of this study or the preparation of the manuscript.

Author's Contribution

In the present study, data collection and manuscript writing were conducted by Mostafa Ziaei; conceptualization and study design were undertaken by Vahid Zolaktaf and Mostafa Ziaei; data analysis was performed by Hamed Esmaeili and Mostafa Ziaei; and final manuscript revision was completed by Hamed Esmaeili and Vahid Zolaktaf.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this study.

Acknowledgments

The authors sincerely thank all the coaches and participants whose cooperation and dedicated involvement made this study possible.



بررسی عدم تقارن در ثبات وضعیتی پویا، پرش و سرعت تغییر جهت در بازیکنان فوتبال حرفه‌ای با و بدون ناپایداری مزمن میچ‌پا: آیا عدم تقارن در تکالیف حرکتی مختلف مستقل از یکدیگر هستند؟

مصطفی ضیایی^۱، حامد اسماعیلی^{۱،۲*}، وحید ذوالاكتاف^۲

- ۱- استادیار آسیب شناسی ورزشی و تمرینات اصلاحی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی راغب اصفهانی، اصفهان، ایران.
- ۲- دانشیار^۱، استاد^۲، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: فروردین ۱۴۰۴؛ پذیرش: شهریور ۱۴۰۴

چکیده

زمینه و هدف: علیرغم نقش پرش، تغییر جهت و فرود در بروز پیچ‌خوردگی میچ‌پا، مطالعات پیشین به بررسی عدم تقارن این حرکات در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال با و بدون ناپایداری مزمن میچ‌پا نپرداخته‌اند. همچنین، روابط بین انواع مختلف عدم تقارن ناشناخته است. این مطالعه به مقایسه عدم تقارن در حرکات مذکور و تحلیل ارتباطات بین آنها در بازیکنان حرفه‌ای با و بدون ناپایداری مزمن میچ‌پا پرداخت.

روش بررسی: هفتاد بازیکن حرفه‌ای مرد فوتبال (۳۲ نفر با و ۳۸ نفر بدون ناپایداری مزمن میچ‌پا) آزمون‌های هاپ سه‌گانه تک‌پا، تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح‌شده و فرود تک‌پا را تکمیل کردند. بر اساس نتایج آزمون نرمالیتی، مقایسه عدم تقارن بین گروه‌ها با آزمون تی مستقل (داده‌های نرمال) یا یو-من-ویتنی (داده‌های غیرنرمال) انجام شد و تحلیل همبستگی با ضریب پیرسون (نرمال) یا اسپیرمن (غیرنرمال) ارزیابی گردید.

نتایج: نتایج نشان داد که بازیکنان مبتلا به ناپایداری مزمن میچ‌پا در مقایسه با گروه سالم، به‌طور معناداری عملکرد نامتقارنی در آزمون‌های هاپ سه‌گانه تک‌پا، تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح‌شده و فرود تک‌پا دارند ($P < 0/05$). همچنین، بررسی روابط در گروه بازیکنان مبتلا به ناپایداری مزمن میچ‌پا، بازیکنان سالم، و کل بازیکنان نشان داد که بین انواع مختلف عدم تقارن حرکتی، رابطه آماری معناداری وجود ندارد ($P > 0/05$).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد بازیکنان مبتلا به ناپایداری مزمن میچ‌پا عدم تقارن حرکتی بیشتری دارند، اما ارتباطی بین انواع عدم تقارن وجود ندارد، که ضرورت توانبخشی اختصاصی و ارزیابی چندبعدی و تکلیف-محور را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی

عملکرد ورزشی،

اجرای عملکردی،

ناپایداری میچ‌پا،

ارزیابی تکلیف-محور.

مقدمه

فوتبال ورزشی پرفشار است که شامل تغییرات جهت ناگهانی، پرش و فرودهای نامتقارن است. این الگوهای حرکتی غالباً به آسیب پیچ‌خوردگی مچ پا منجر می‌شوند (۱-۴). از پیامدهای شایع این آسیب، ناپایداری مزمن مچ پا (CAI) است که عملکرد بازیکنان را مختل کرده و باعث بروز اختلالات عملکردی نظیر کاهش کنترل عصبی-عضلانی، ضعف در تولید نیرو، و افزایش زمان واکنش می‌گردد (۵). از جمله مهم‌ترین این اختلالات، عدم تقارن در شاخص‌های عملکردی مانند تغییر جهت ناگهانی، پرش و فرود است که احتمال آسیب‌های مکرر را تشدید می‌کند (۳، ۶). از این‌رو، ارزیابی عدم تقارن در بازیکنان فوتبال با و بدون ناپایداری مزمن مچ پا می‌تواند درک بهتری از اثرات این عارضه بر عملکرد ورزشی فراهم کند.

ارزیابی حرکات پرش، تغییر جهت و فرود از آن جهت حائز اهمیت است که بیشترین موارد پیچ‌خوردگی مچ پا در این الگوهای حرکتی رخ می‌دهد (۳). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تحلیل کمی این حرکات به‌صورت جداگانه، نه تنها عدم تقارن عملکردی را آشکار می‌سازد، بلکه از طریق شاخص‌های بیومکانیکی و عصبی-عضلانی می‌تواند نقاط ضعف بالینی را در ورزشکاران شناسایی کند (۱، ۲، ۴، ۵، ۷). در این راستا، کینگ و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که ورزشکاران با سابقه بازسازی لیگامنت صلیبی قدامی، در حرکات پرشی و تغییر جهت، عدم تقارن بیشتری نسبت به افراد سالم نشان می‌دهند (۸). فورت-ونمیرهیگی و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که ورزشکاران آسیب‌دیده نسبت به ورزشکاران سالم، در عملکرد پرشی، عدم تقارن قابل‌توجهی (۹۸٪/۱۶ در مقابل ۹۳٪/۹) دارند (۹). با این حال، کاواگوچی و همکاران (۲۰۲۲) اگرچه تفاوت آماری معناداری در نوسانات مرکز فشار (COP) بین اندام سالم و آسیب‌دیده یافتند، این اختلاف از نظر بالینی جزئی بود (۷). در مقابل، شیراوی و همکاران (۲۰۱۷) هیچ تفاوت آماری معناداری در ثبات وضعیتی پویا بین ورزشکاران مبتلا به CAI و سالم مشاهده نکردند (۱۰). بنابراین، کمی‌سازی عدم تقارن در این حرکات، ابزاری دقیق برای تشخیص اختلالات عملکردی و پیش‌بینی خطر آسیب‌های مکرر فراهم می‌آورد.

افزون بر این نتایج متناقض، مطالعات اخیر به بررسی

همبستگی بین عدم تقارن با سایر معیارهای عملکرد ورزشی پرداختند. برای مثال، فورت-ونمیرهیگی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که عدم تقارن در آزمون پرش تک-پا ارتباط معناداری با اختلال در عملکردهای کلیدی از جمله تغییر جهت، سرعت، و ثبات وضعیتی پویا ندارد (۱۱). همچنین، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بین عدم تقارن‌های عملکردی در تست‌های پرش تک‌پا، تغییر جهت، و تولید حداکثر توان در حرکت اسکوات جانبی، ارتباط آماری معناداری وجود ندارد (۱۲، ۱۳). در مقابل، شواهدی حاکی از آن است که ورزشکاران با عملکرد ضعیف‌تر در آزمون‌های تغییر جهت، معمولاً سطوح بالاتری از عدم تقارن را در ارتفاع پرش عمودی تک‌پا (۱۴)، قدرت واکنشی (۱۵) نشان می‌دهند. جالب‌تر آنکه در پژوهشی، ورزشکاران با میزان بالاتر عدم تقارن در گشتاور بازکننده زانو، عملکرد بهتری در آزمون‌های تغییر جهت از خود نشان داده‌اند (۱۶).

با توجه به خلا پژوهشی موجود در بررسی تفاوت عدم تقارن حرکتی بین بازیکنان فوتبال با و بدون CAI و همچنین ارتباط بین انواع مختلف عدم تقارن حرکتی، این مطالعه با هدف پرکردن این شکاف دانشی طراحی شد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای طراحی پروتکل‌های توانبخشی هدفمند در بازیکنان فوتبال فراهم آورد. بنابراین، اهداف پژوهش حاضر عبارتند از: مقایسه میزان عدم تقارن در ثبات وضعیتی پویا، عملکرد پرشی و سرعت تغییر جهت بین بازیکنان فوتبال حرفه‌ای مبتلا به CAI و سالم و همچنین بررسی اینکه آیا عدم تقارن در تکالیف حرکتی مختلف (ثبات پس از فرود، پرش و سرعت تغییر جهت) مستقل از یکدیگر هستند.

روش تحقیق

پژوهش حاضر یک مطالعه مقطعی است که با تایید کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان (کد: IR.UI.REC.1402.111) انجام شد. حداقل حجم نمونه مورد نیاز با استفاده از آزمون تی مستقل در نرم افزار G*Power (Version 3.1) بر اساس اندازه اثر متوسط، $\alpha < 0.05$ و توان آماری ۰/۸ برابر ۶۴ محاسبه شد که در مطالعات مشابه قبلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۱، ۱۲، ۱۷-۱۹). با این حال، به‌منظور اطمینان از دستیابی به توان آماری کافی، تعداد ۷۰ بازیکن فوتبال مرد نخبه (حدود ۹٪ بیشتر از حداقل برآورد) به‌صورت

عدم تقارن زمان در آزمون تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح شده (Mod505)، و عدم تقارن نوسانات مرکز فشار در آزمون فرود تک پا (SLDL) بودند.

آزمون پرش

به منظور ارزیابی عملکرد پرش، آزمون SLTH مطابق با تحقیقات پیشین اجرا شد (۱۲، ۱۹). بر اساس مطالعات، این آزمون به دلیل ماهیت پرش‌های مکرر و بارگذاری‌های پیاپی، نسبت به سایر آزمون‌های سنجش پرش افقی تک پا از حساس بیشتری برخوردار است و محدودیت‌های عملکردی را به‌طور موثرتری منعکس می‌کند (۱۲). همچنین، روایی این آزمون با توان انفجاری و قدرت اندام تحتانی بالا گزارش شده است؛ به‌طوری‌که این آزمون به ترتیب ۶۹.۵٪، ۵۶.۷٪، و ۵۸.۸٪ از واریانس پرش عمودی و قدرت ایزوکینتیک همسترینگ و چهارسر را تبیین می‌کند (۲۱). اثرات یادگیری و خستگی به ترتیب با تمرین آزمون و استراحت بین کارآزمایی‌ها کنترل شد. به‌منظور تفکیک عملکرد اندام تحتانی، ورزشکاران موظف بودند آزمون را در حالت دست به کمر انجام دهند. همچنین، پیش از پرش ورزشکاران ملزم به اجرای کانترموومنت (Countermovement) بودند. از ورزشکاران خواسته شد پس از انجام کانترموومنت سه پرش پیاپی را با حداکثر توان روی یک پا انجام داده و درنهایت روی همان پا به‌صورت پایدار فرود بیایند (شکل ۱-۱). اگر ورزشکار نمی‌توانست فرود خود را به مدت حداقل دو ثانیه ثابت نگه دارد یا دست‌های خود را از کمر جابه‌جا می‌کرد، آن تلاش نامعتبر محسوب شده و پس از یک دقیقه استراحت، تلاش دیگری انجام می‌شد. مسافت پرش‌ها با استفاده از یک متر نواری با دقت ۰/۰۱ متر اندازه‌گیری شد (۱۲، ۱۹). برای تحلیل داده‌ها، میانگین نتایج سه تلاش معتبر برای هر پا در هر آزمون محاسبه گردید. بین هر تلاش، یک دقیقه استراحت در نظر گرفته شد.

آزمون سرعت تغییر جهت

سرعت تغییر جهت با استفاده از آزمون تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح شده (Mod505) مطابق با مطالعات پیشین ارزیابی شد (۱۲، ۱۹). روایی این آزمون با سرعت دویدن و زمان تغییر جهت تایید شده است؛ و به ترتیب ۶۴٪ و ۶۴.۱۶٪ از واریانس زمان دویدن در آزمون سرعت و زمان

داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند که به دو گروه مبتلا به CAI (۳۲ نفر، سن $\bar{x} = 21/78 \pm 3/18$ سال، قد $\bar{x} = 177 \pm 0/7$ متر، جرم $\bar{x} = 68/39 \pm 8/82$ کیلوگرم) و سالم (۳۸ نفر، سن $\bar{x} = 21/95 \pm 2/40$ سال، قد $\bar{x} = 178 \pm 0/6$ متر، جرم $\bar{x} = 69/84 \pm 6/03$ کیلوگرم) تقسیم شدند. پیش از شروع پژوهش، فرآیند تحقیق به‌طور کامل برای شرکت‌کنندگان تشریح شد. سپس، آنها فرم رضایت‌نامه آگاهانه تأییدشده توسط کمیته اخلاق دانشگاه را امضا کردند.

معیارهای ورود به گروه CAI بر اساس توصیه‌های کنسرسیوم بین‌المللی مچ پا (۲۰) (شامل: ۱) حداقل دو احساس خالی کردن در شش ماه گذشته، ۲) بیش از یک پیچ‌خوردگی جانبی مچ در همان پا، ۳) احساس ناپایداری مچ بر اساس ابزار کامبرلند (CAIT) (امتیاز برابر یا کمتر از ۲۴ از ۳۰) بود (۱۹، ۲۰). معیارهای ورود دیگر که برای هر دو گروه اعمال شد شامل: ۱) مردان با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۵ سال، ۲) سابقه حداقل یک فصل کامل حضور مستمر در یکی از لیگ‌های معتبر کشوری فوتبال. همچنین، معیارهای خروج شامل: آسیب مچ پا در ۳ ماه قبل از شروع پژوهش، اختلالات عصبی، درد یا آسیب در سایر نواحی اندام تحتانی که نیازمند مداخله پزشکی بود (۱۹، ۲۰).

روند اجرای تحقیق

این مطالعه پیش از فصل مسابقات در دو جلسه انجام شد. در جلسه اول، مشخصات دموگرافیک ورزشکاران ثبت و پرسشنامه CAIT توسط ورزشکاران تکمیل شد. سپس، آنها با نحوه اجرای ارزیابی‌ها (SLTH, Mod505, SLDL) و دستورالعمل‌های استاندارد (پرهیز از کافئین ۲ ساعت قبل ارزیابی، پرهیز فعالیت‌های شدید ۴۸ ساعت قبل از ارزیابی، پوشیدن لباس مناسب، حفظ رژیم غذایی معمول) آشنا شدند (۱۹). در جلسه دوم، ورزشکاران پس از اجرای یک پروتکل گرم‌کردن استاندارد (۱۲، ۱۹)، ۳ تلاش آزمایشی را برای هر آزمون انجام دادند. نهایتاً، هریک از آزمون‌ها را ۳ بار برای هر اندام تکمیل کردند. تمامی آزمون‌ها به‌صورت پابره‌نه و در یک سالن سرپوشیده اجرا شد. اندامی به عنوان اندام غالب تعیین شد که ورزشکار ترجیح می‌داد برای شوت زدن به توپ از آن استفاده کند (۱۹). برای اطمینان از تصادفی‌بودن ترتیب آزمون‌ها و ورزشکاران، از برنامه "مولد اعداد تصادفی" استفاده شد. متغیرهای وابسته شامل: عدم تقارن فاصله پرش در آزمون هاپ سه‌گام تک‌پا (SLTH)،

آموزش داده شد تا فرود را بدون پرش اجرا کرده و بلافاصله پس از تماس با سطح، ثبات وضعیتی خود را در کوتاه‌ترین زمان ممکن به دست آورد. ورزشکار موظف بود وضعیت تعادلی خود را با حداقل نوسان به مدت ۳۰ ثانیه حفظ کند (۲۳، ۷). تنها دستورالعمل ارائه شده به ورزشکار این بود که باید دست‌ها را در طول اجرا روی کمر نگه دارد. کلیه فرودها به صورت تک‌پا و با پای برهنه انجام پذیرفت (شکل ۱-۳). برای کنترل اثر یادگیری، پیش از آزمون اصلی تلاش‌های تمرینی انجام شد. همچنین جهت پیشگیری از خستگی، بین تکرارها استراحت کافی به ورزشکاران داده شد. در نهایت، میانگین سه اجرای صحیح برای هر اندام محاسبه و تحلیل گردید.

روش آماری

آمار توصیفی برای توصیف متغیرها و آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن متغیرها استفاده شد. پایایی آزمون‌ها با استفاده از ضرایب همبستگی درون‌کلاسی (Intraclass correlation coefficient) مدل دوطرفه تصادفی با توافق مطلق و ضریب تغییرات (Coefficient of variation) با فاصله اطمینان (Confidence interval) ۹۵٪ محاسبه شد. پایایی آزمون‌ها بر اساس مقادیر ICC به صورت عالی (۰/۹)، خوب (۰/۷۵ - ۰/۹)، متوسط (۰/۵ - ۰/۷۵)، و ضعیف (۰/۵)؛ و مقادیر $CV \leq 10$ قابل قبول، تفسیر شد (۲۴). بر اساس نتایج آزمون نرمالیتی، مقایسه عدم تقارن بین گروهی با آزمون تی مستقل (داده‌های نرمال) یا آزمون یو من-ویتنی (داده‌های غیرنرمال) انجام و اندازه تفاوت با روش Hedges' g محاسبه گردید. همچنین، تحلیل همبستگی عدم‌تقارن بین آزمون‌ها با ضریب پیرسون (داده‌های نرمال) یا اسپیرمن (داده‌های غیرنرمال) صورت گرفت. تفسیر هر دو شاخص بر اساس دامنه‌های ارائه‌شده در مقیاس Hopkins صورت گرفت: برای اندازه تفاوت (کمتر از ۰/۲ ناچیز، ۰/۲ تا ۰/۵۹ کوچک، ۰/۶ تا ۱/۱۹ متوسط، ۱/۲۰ تا ۲ بزرگ، ۲/۱ تا ۳/۹۹ خیلی بزرگ، بیشتر از ۴ عالی) (۲۵)؛ و برای اندازه ضرایب همبستگی (۰ تا ۰/۳ کوچک، ۰/۳۱ تا ۰/۴۹ متوسط، ۰/۵ تا ۰/۶۹ بزرگ، ۰/۷ تا ۰/۸۹ خیلی بزرگ، ۰/۹ تا ۱ عالی) (۲۶). میزان عدم-تقارن با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$100$$

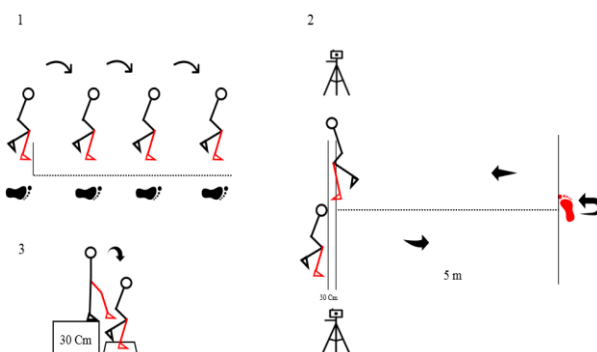
$$+ 100 - 1 \times \text{پا با عملکرد غیر برتر} \times \text{پا با عملکرد برتر}$$

تغییر جهت در آزمون استاندارد ۵۰۵ را تبیین می‌کند (۲۲). زمان انجام آزمون با استفاده از گیت‌های زمان‌بندی فوتوسل مادون قرمز که در ارتفاع تقریبی مفصل ران ورزشکاران نصب شده بود، اندازه‌گیری گردید. آزمون از پشت خط شروع (۰/۳ متر عقب‌تر از گیت) آغاز می‌شد. ورزشکاران مسافت ۵ متر را تا خط چرخش می‌دویدند، سپس با تماس پای تعیین‌شده (غالب یا غیرغالب) روی خط، ۱۸۰ درجه تغییر جهت داده و با حداکثر سرعت به نقطه شروع بازمی‌گشتند (۱۹). در صورت تغییر جهت قبل از رسیدن به خط چرخش یا استفاده از پای نامناسب حین تغییر جهت، تلاش نامعتبر اعلام می‌شد و پس از استراحت، تلاش دیگری انجام می‌گردید (شکل ۱-۲). در مجموع شش تلاش انجام شد که شامل سه تلاش با قرار دادن پای غالب و سه تلاش با قرار دادن پای غیرغالب در هنگام تغییر جهت بود (۱۹). به منظور کنترل اثرات یادگیری، پیش از شروع آزمون اصلی، تلاش آزمایشی انجام شد. همچنین برای کاهش اثر خستگی، بین هر تکرار ۱ تا ۳ دقیقه استراحت (میانگین ۱/۵ دقیقه) در نظر گرفته شد. نهایتاً، میانگین سه تلاش معتبر برای هر اندام محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ثبات وضعیتی پویا

برای ارزیابی ثبات وضعیتی پویا از سیستم آنالیز فشار کف پای فوت اسکن (RsScan International) با ابعاد فعال ۴۰×۶۰ سانتی‌متر و مجهز به ۴۰۹۶ حسگر فشار استفاده شد. دستگاه قادر به ثبت داده‌های مرکز فشار (COP) با دقت فضایی بالا و فرکانس نمونه‌برداری ۵۰۰ هرتز است، که در این پژوهش، فرکانس نمونه‌برداری روی ۲۵۳ هرتز تنظیم شد. پارامتر اصلی مورد استفاده برای ارزیابی ثبات، مسیر طی شده مرکز فشار (COP travelled way) بود که نشان‌دهنده کل مسافتی است که نقطه مرکز فشار در طول مدت ثبات (۳۰ ثانیه) طی می‌کند (۷). این پارامتر به صورت جمع طول بردارهای جابه‌جایی محل مرکز فشار است و به دقت میزان نوسانات و تغییرات ثبات فرد را نشان می‌دهد (۷). ورزشکاران می‌بایست تکلیف فرود تک‌پا را از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری (پله استاندارد قرارگرفته در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از مرکز دستگاه) اجرا می‌کردند. هر ورزشکار سه فرود با پای غالب و سه فرود با پای غیرغالب انجام داد. پروتکل اجرایی به این صورت بود که به ورزشکار

این روش به عنوان روشی مناسب برای محاسبه عدم تقارن بین اندام در آزمون‌های یک‌طرفه پیشنهاد شده است (۱۹، ۲۷). تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و Excel انجام شد.



شکل ۱. نمایش شماتیک آزمون‌های ۱. هاپ سه گانه تک پا؛ ۲. تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح شده؛ ۳. فرود تک پا

نتایج مطالعه

جدول ۱. پایایی آزمون‌ها با استفاده ضریب همبستگی درون کلاسی (ICC) با فاصله اطمینان ۹۵٪ (CI) و ضریب تغییرات (CV) در دو گروه مبتلا به ناپایداری مزمن مچ پا و سالم.

گروه	متغیر	اندام	CV	ICC (95% CI)	توصیفگر
ناپایداری مزمن مچ پا	SLTH	غالب	۴/۳۹	۰/۷۶ (۰/۵۷ – ۰/۸۸)	خوب
		غیرغالب	۵/۱۱	۰/۸۶ (۰/۷۴ – ۰/۹۲)	خوب
	Mod505	غالب	۵/۲۲	۰/۸۶ (۰/۷۶ – ۰/۹۳)	خوب
		غیرغالب	۵/۴۴	۰/۸۵ (۰/۷۴ – ۰/۹۲)	خوب
	DPS	غالب	۱۲/۸۷	۰/۸۷ (۰/۷۶ – ۰/۹۴)	خوب
		غیرغالب	۱۳/۳۸	۰/۸۷ (۰/۷۶ – ۰/۹۳)	خوب
سالم	SLTH	غالب	۲/۸۵	۰/۸۱ (۰/۶۸ – ۰/۹۰)	خوب
		غیرغالب	۲/۳۸	۰/۸۸ (۰/۸۰ – ۰/۹۳)	خوب
	Mod505	غالب	۴/۰۰	۰/۸۳ (۰/۷۱ – ۰/۹۱)	خوب
		غیرغالب	۳/۵۸	۰/۸۸ (۰/۷۹ – ۰/۹۳)	خوب
	DPS	غالب	۱۱/۶۸	۰/۸۸ (۰/۸۱ – ۰/۹۴)	خوب
		غیرغالب	۱۲/۰۷	۰/۸۵ (۰/۷۴ – ۰/۹۲)	خوب

SLHT: هاپ سه گانه تک پا؛ Mod505: تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح شده؛ DPS: ثبات وضعیتی پویا

پایایی و سطوح تغییرات در آزمون‌های SLTH، Mod505 و SLDL در جدول ۱ ارائه شده است. همه آزمون‌ها پایایی خوبی را نشان دادند. $0.76 - 0.88 = ICC$. میانگین و انحراف استاندارد CAIT در بازیکنان فوتبال مبتلا به CAI به ترتیب برای پای آسیب دیده 17.47 ± 1.08 ، پای سالم 28.94 ± 1.08 ، پای غالب 32.5 ± 1.59 ، پای غیرغالب 4.11 ± 26.59 بود. در حالیکه در در بازیکنان فوتبال سالم برای پای غالب و غیرغالب به ترتیب برابر 1.08 ± 28.19 و 0.84 ± 29.19 بود. تحلیل داده‌ها نشان داد که از ۳۲ بازیکن مبتلا به CAI، آسیب در ۲۵ مورد (۷۸٪) در پای غالب و در ۷ مورد (۲۲٪) در پای غیرغالب رخ داده بود. این توزیع نشان دهنده تمایل معنادار به آسیب پذیری بیشتر اندام غالب در جمعیت مورد مطالعه است (نسبت تقریبی ۳/۵ به ۱).

بیانگر تفاوت با اندازه متوسط بین دو گروه می‌باشد. همچنین، نتایج آزمون یو-من-ویتنی نشان داد که بازیکنان فوتبال مبتلا به CAI در آزمون SLDL به لحاظ آماری عدم تقارن بیشتری نسبت به بازیکنان سالم داشتند ($P < 0.05$ با اندازه اثر ۰/۴۸)؛ هرچند اندازه این تفاوت از نظر عملی کوچک در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲ تفاوت عدم تقارن بین گروهی را در آزمون‌های پرش، سرعت تغییر جهت، و ثبات وضعیتی پویا نشان می‌دهد. نتایج آزمون تی مستقل حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه بازیکنان بود ($P < 0.05$). به‌طور مشخص، بازیکنان مبتلا به CAI در مقایسه با بازیکنان سالم، عملکرد نامتقارن‌تری در هر دو آزمون SLTH (اندازه اثر = ۰/۶۸) و Mod505 (اندازه اثر = ۰/۷۴) نشان دادند که

جدول ۲. مقایسه عدم تقارن بین گروهی (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) در آزمون‌های پرش، سرعت تغییر جهت، و ثبات وضعیتی پویا، اندازه اثر Hedges g (توصیفگر) با فواصل اطمینان ۹۵٪ (CI).

گروه	اندام	متغیر	متغیر
		SLTH(cm)	Mod505(ms)
		DPS(mm)	
ناپایداری مزمن مچ پا	غالب	$436/90 \pm 33/03$	$320/18 \pm 192/74$
	غیرغالب	$462/68 \pm 32/11$	$300/17 \pm 202/99$
	عدم تقارن (%)	$7/47 \pm 2/45$	$9/43 \pm 4/79$
سالم	غالب	$474/83 \pm 21/46$	$2880/36 \pm 124/03$
	غیرغالب	$463/30 \pm 23/65$	$2974/83 \pm 135/69$
	عدم تقارن (%)	$5/36 \pm 3/51$	$5/87 \pm 4/71$
g ES (CI)			
توصیفگر			
متوسط			
کوچک			
* $0/48 (0/19 - 1/17)$			
* $0/74 (0/25 - 1/24)$			
* $0/48 (0/01 - 0/97)$			

توجه: * نشان‌دهنده تفاوت معنادار در عدم تقارن بین اندام‌ها است ($P < 0/05$). cm = سانتی‌متر، ms = میلی‌ثانیه، mm = میلی‌متر

جدول ۳ ارتباط بین میزان عدم تقارن پرش، سرعت تغییر جهت، و ثبات وضعیتی پویا را طی آزمون‌های SLTH، Mod505، و SLDL نشان می‌دهد. بررسی روابط در گروه بازیکنان مبتلا به CAI، بازیکنان سالم، و کل بازیکنان نشان داد که بین انواع مختلف عدم تقارن حرکتی، رابطه آماری معناداری وجود ندارد ($P > 0/05$). به‌طور مشخص، در گروه CAI، رابطه ضعیف و غیرمعناداری بین عدم تقارن پرش با سرعت تغییر جهت ($P > 0/05$ ؛ $r=0/07$)، پرش با ثبات وضعیتی پویا ($P > 0/05$ ؛ $r=-0/19$)، سرعت تغییر جهت با ثبات وضعیتی پویا ($P > 0/05$ ؛ $r=-0/24$) نشان داده شد.

جدول ۳. ارتباط بین عدم تقارن در آزمون‌های عملکردی پرش، سرعت تغییر جهت و ثبات وضعیتی پویا

گروه	تقارن	عدم تقارن SLTH	عدم تقارن Mod505
ناپایداری مزمن مچ پا	عدم تقارن Mod505	0/07	
	عدم تقارن DPS	0/19	- 0/24
سالم	عدم تقارن Mod505	0/11	
	عدم تقارن DPS	- 0/31	- 0/10
کل	عدم تقارن Mod505	0/20	
	عدم تقارن DPS	- 0/02	- 0/05

اعداد بیانگر r^2 ، SLTH؛ هاپ سه‌گانه تک‌پا؛ Mod505؛ تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح‌شده؛ DPS: ثبات وضعیتی پویا

بحث

اگرچه پرش، تغییر جهت، و فرود از حرکات آسیب‌زا در بروز پیچ‌خوردگی مچ پا هستند، اما تا اکنون مطالعات پیشین تفاوت میزان عدم تقارن این حرکات را در بازیکنان

فوتبال حرفه‌ای با و بدون CAI بررسی نکرده‌اند. همچنین، ارتباط بین انواع مختلف عدم تقارن در این حرکات ناشناخته باقی مانده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف مقایسه عدم تقارن در حرکات کلیدی فوق و تحلیل روابط بین آن‌ها در بازیکنان فوتبال حرفه‌ای با و بدون CAI

طراحی شد.

نتایج مطالعه نشان داد بازیکنان مبتلا به CAI در مقایسه با بازیکنان سالم، سطوح بالاتری از عدم تقارن را در تمامی آزمون‌های عملکردی نشان می‌دهند. همچنین، بین انواع مختلف عدم تقارن در هر دو گروه و کل نمونه ارتباط ضعیف و غیرمعناداری مشاهده شد که حاکی از استقلال انواع عدم تقارن از یکدیگر است. در بررسی الگوی آسیب‌پذیری، ۷۸٪ موارد CAI در اندام غالب رخ داده بود که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری سه‌برابری این اندام نسبت به اندام غیرغالب است.

تفاوت مشاهده‌شده در عدم تقارن بین بازیکنان آسیب‌دیده و سالم هنگام اجرای حرکات پرش، تغییر جهت، و فرود با نتایج مطالعات پیشین همخوانی دارد. به طور مشخص، کینگ و همکاران نشان دادند که ورزشکاران با سابقه بازسازی لیگامنت صلیبی قدامی در مقایسه با افراد سالم، عدم تقارن بیشتری را هنگام انجام حرکات پرشی و تغییر جهت‌دار نشان می‌دهند (۸). این یافته‌ها توسط فورت-ونمیرهگی و همکاران (۲۰۲۲) نیز تأیید شد که گزارش کردند ورزشکاران آسیب‌دیده، میزان قابل توجهی عدم تقارن در عملکرد پرش نشان می‌دهند و این اختلاف در مقایسه با گروه سالم از نظر آماری معنادار بود (۹). تفاوت در عدم تقارن بین بازیکنان مبتلا به CAI و بازیکنان سالم را می‌توان از چند منظر تبیین نمود. در حرکات پرشی و فرود، کاهش فعالیت پیش‌گیرانه عضله پروئوس لونگوس پیش از تماس با زمین موجب تثبیت ناکافی مفصل مچ پا و توزیع نامتقارن نیروها بین اندام‌ها می‌شود (۵، ۷). این وضعیت با تغییرات کینماتیکی مشخصی همراه است، از جمله افزایش زاویه پلانترفلکشن مچ پا همراه با کاهش همزمان فلکشن زانو و ران در فاز فرود که نهایتاً منجر به انتقال بار غیرطبیعی به مفاصل فوقانی و بروز الگوهای حرکتی نامتقارن می‌گردد (۱، ۵).

همچنین، اختلال در مکانیسم‌های حس عمقی و کنترل عصبی-عضلانی، زمان تثبیت پس از پرش را طولانی‌تر کرده و دقت در تشخیص وضعیت مفصل و پاسخ‌های پیش‌گیرانه عضلانی را کاهش می‌دهد؛ این تغییرات در قالب چرخه‌ای معیوب عمل کرده و ضمن تداوم پیامدهای آسیب، الگوهای حرکتی نامتقارن را تشدید می‌کنند (۱، ۵). در مورد حرکات با تغییر جهت ناگهانی، کاهش فلکشن ران و تمایل به

استفاده انتخابی از اندام سالم منجر به ایجاد الگوهای حرکتی نامتقارن می‌شود (۴). این وضعیت با وابستگی بیشتر به مفاصل پروگزیمال مانند زانو و ران برای تولید نیرو همراه است که به نوبه خود موجب تشدید عدم تقارن می‌گردد (۴). با این حال، بر خلاف یافته‌های پژوهش حاضر، دیمریت و همکاران گزارش کرده‌اند که هیچ تفاوت معناداری در عملکرد تغییر جهت ناگهانی و چابکی بین افراد مبتلا به CAI و افراد سالم وجود ندارد (۲).

این ناهمخوانی در نتایج احتمالاً ناشی از تفاوت در ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه‌های مورد مطالعه و تنوع در پروتکل‌های ارزیابی حرکتی به کار گرفته شده در تحقیق می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بازیکنان فوتبال مبتلا به CAI در مقایسه با بازیکنان سالم سطوح بالاتری از عدم تقارن را تجربه می‌کنند و برای کاهش خطر آسیب‌های مکرر، نیازمند برنامه‌های توانبخشی هدفمند هستند تا تا تقارن حرکتی آنها، به‌ویژه در پرش، تغییر جهت و مکانیسم فرود، بهبود یابد.

نتایج مطالعه حاضر حاکی از عدم وجود ارتباط آماری معنادار بین انواع مختلف عدم تقارن (پرش، تغییر جهت و ثبات وضعیتی پویا) در بازیکنان مبتلا به CAI، بازیکنان سالم و کل بازیکنان بود. نتایج این مطالعه با یافته‌های مطالعات پیشین مطابقت دارد. در همین راستا، دوسانتوس و همکاران گزارش کردند که ارتباط معناداری بین عدم تقارن در آزمون پرش سه‌گام تک‌پا و آزمون تغییر جهت ۵۰۵ اصلاح‌شده در ورزشکاران وجود ندارد (۱۲). به طور مشابه، فورت-ونمیرهگی و همکاران نیز در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که هیچ همبستگی آماری قابل توجهی بین میزان عدم تقارن در آزمون پرش تک‌پا و عملکرد در آزمون‌های ثبات وضعیتی پویا و تغییر جهت در ورزشکاران وجود ندارد (۱۱). به عنوان مثال، یک بازیکن فوتبال مبتلا به CAI ممکن است سطوح بالایی از عدم تقارن را در آزمون پرش نشان دهد، اما در آزمون‌های ثبات وضعیتی پویا، یا تغییر جهت، عدم تقارن قابل توجهی را نشان ندهد. حتی در برخی موارد، ممکن است وضعیت کاملاً برعکس باشد، یعنی بازیکن در آزمون پرش تقارن نسبی داشته باشد، اما در تست‌های ثبات یا تغییر جهت، عدم تقارن بالایی نشان دهد. از یافته‌های حاضر می‌توان چنین استنباط کرد که ماهیت عدم تقارن‌های حرکتی در آزمون‌های مختلف،

توانبخشی اختصاصی برای بهبود تقارن حرکتی در بازیکنان مبتلا به CAI تأکید دارد. با این حال، به دلیل تنوع در الگوهای عدم تقارن، استفاده از ارزیابی‌های چندبعدی و تکلیف‌محور برای تشخیص دقیق‌تر ضروری به نظر می‌رسد.

کاربرد بالینی

یافته‌های این پژوهش بر ضرورت به‌کارگیری ارزیابی‌های جامع و چندبعدی تأکید دارند که بتوانند طیف کاملی از عملکردهای اختصاصی فوتبال را پوشش دهند. پروتکل‌های توانبخشی باید به‌صورت هدفمند و مبتنی بر وظیفه طراحی شوند تا با تمرکز بر عدم تقارن‌های شناسایی‌شده در هر حوزه عملکردی، خطر آسیب مجدد را کاهش داده و الگوهای حرکتی متقارن را در بازیکنان فوتبال بازسازی کنند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه به تایید کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان به شماره IR.UI.REC.1402.111 رسیده است.

حمایت مالی

پژوهشگران در انجام این مطالعه و انتشار آن، هیچ گونه پشتیبانی مالی از نهادها یا سازمان‌ها دریافت نکرده‌اند.

نقش نویسندگان

در تحقیق حاضر جمع آوری داده‌ها و نگارش مقاله با مصطفی ضیایی، ایده پردازی و مفهوم سازی با وحید ذوالاکتاف و مصطفی ضیایی، تجزیه و تحلیل داده‌ها با حامد اسماعیلی و مصطفی ضیایی، و بازبینی نهایی با حامد اسماعیلی و وحید ذوالاکتاف بود.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران عمیقاً از زحمات و مشارکت صمیمانه کلیه مربیان و آزمودنی‌هایی که در پیشبرد این مطالعه نقش داشتند، تقدیر می‌نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله تأکید می‌کنند که در ارتباط با این پژوهش، هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

مستقل از یکدیگر هستند. این مسئله لزوم به‌کارگیری رویکردهای تکلیف‌محور و ویژه هر آزمون را در تحلیل داده‌های حرکتی آشکار می‌سازد.

این مطالعه با چند محدودیت همراه است که باید مدنظر قرار گیرند. نخست، طرح مقطعی پژوهش است که اگرچه امکان پیش‌بینی عوامل مؤثر در بروز CAI را فراهم نمی‌کند، اما اجازه می‌دهد پیامدهای مرتبط با CAI در بازیکنان فوتبال مورد بررسی قرار گیرد. دوم، استفاده از آمار ناپارامتریک برای آزمون SLDL که به‌نظر به دلیل حجم نمونه محدود است؛ بنابراین، نتایج باید با احتیاط تفسیر شوند و نمی‌توان با قطعیت تفاوت‌های مشاهده‌شده در عدم تقارن را به افت عملکرد یا آسیب ورزشی نسبت داد، به‌ویژه که مطالعات پیشین نشان داده‌اند عدم تقارن اندام تحتانی در برخی شرایط ممکن است با بهبود عملکرد نیز همراه باشد (۱۶). از این رو، مطالعات آینده‌نگر برای بررسی رابطه علی بین عدم تقارن و بروز CAI و همچنین تکرار این مطالعه با حجم نمونه بزرگ‌تر و استفاده از آزمون‌های پارامتریک ضروری است. محدودیت دیگر، جامعه آماری مطالعه است که تنها شامل بازیکنان مرد می‌شود و زنان در نمونه حضور نداشتند. با توجه به یافته‌های فورت-ونمیرهیگی مبنی بر جنسیت-محور بودن سطوح عدم تقارن (۱۱)، تعمیم نتایج به بازیکنان فوتبال زن مبتلا به CAI باید با احتیاط صورت گیرد. بنابراین، انجام پژوهش‌های مشابه روی بازیکنان زن برای بررسی دقیق‌تر این نتایج توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که بازیکنان فوتبال مبتلا به CAI در مقایسه با بازیکنان سالم، عدم تقارن حرکتی بیشتری در پرش، تغییر جهت، و ثبات پویا از خود نشان می‌دهند، هرچند این تفاوت‌ها با اندازه اثر کوچک تا متوسط همراه بود. همچنین، بین انواع عدم تقارن‌های حرکتی در هر دو گروه، و به صورت کلی ارتباط معناداری مشاهده نشد، که نشان‌دهنده مستقل بودن این متغیرها از یکدیگر است. این نتایج بر اهمیت طراحی برنامه‌های

References

1. Chan LYT, Sim YTN, Gan FK, Abd Razak HRB. Effect of chronic ankle instability on lower extremity kinematics, dynamic postural stability, and muscle activity during unilateral jump-landing tasks: a systematic review and meta-analysis. *Physical therapy in sport*. 2022;55:176-88.
2. Demeritt KM, Shultz SJ, Docherty CL, Gansneder BM, Perrin DH. Chronic ankle instability does not affect lower extremity functional performance. *Journal of athletic training*. 2002;37(4):507.
3. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football: an analysis of ankle sprains. *British journal of sports medicine*. 2003;37(3):233-8.
4. Xu Y, Song B, Ming A, Zhang C, Ni G. Chronic ankle instability modifies proximal lower extremity biomechanics during sports maneuvers that may increase the risk of ACL injury: A systematic review. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:1036267.
5. Beynnon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *Journal of athletic training*. 2002;37(4):376.
6. Arboix-Alió J, Bishop C, Benet A, Buscà B, Aguilera-Castells J, Fort-Vanmeerhaeghe A. Assessing the magnitude and direction of asymmetry in unilateral jump and change of direction speed tasks in youth female team-sport athletes. *Journal of Human Kinetics*. 2021;79:15.
7. Kawaguchi K, Taketomi S, Mizutani Y, Inui H, Yamagami R, Kono K, et al. Dynamic postural stability is decreased during the single-leg drop landing task in male collegiate soccer players with chronic ankle instability. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2022;10(7):23259671221107343.
8. King E, Richter C, Franklyn-Miller A, Wadey R, Moran R, Strike S. Back to normal symmetry? Biomechanical variables remain more asymmetrical than normal during jump and change-of-direction testing 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 2019;47(5):1175-85.
9. Fort-Vanmeerhaeghe A, Milà-Villaruel R, Pujol-Marzo M, Arboix-Alió J, Bishop C. Higher vertical jumping asymmetries and lower physical performance are indicators of increased injury incidence in youth team-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022;36(8):2204-11.
10. Shiravi Z, Shadmehr A, Moghadam ST, Moghadam BA. Comparison of dynamic postural stability scores between athletes with and without chronic ankle instability during lateral jump landing. *Muscles, ligaments and tendons journal*. 2017;7(1):119.
11. Fort-Vanmeerhaeghe A, Bishop C, Buscà B, Aguilera-Castells J, Vicens-Bordas J, Gonzalo-Skok O. Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PLoS One*. 2020;15(3):e0229440.
12. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Asymmetries in single and triple hop are not detrimental to change of direction speed. *Journal of Trainology*. 2017;6(2):35-41.
13. Raya-González J, Bishop C, Gómez-Piqueras P, Veiga S, Viejo-Romero D, Navandar A. Strength, jumping, and change of direction speed asymmetries are not associated with athletic performance in elite academy soccer players. *Frontiers in psychology*. 2020;11:175.
14. Maloney SJ, Richards J, Nixon DG, Harvey LJ, Fletcher IM. Do stiffness and asymmetries predict change of direction performance? *Journal of sports sciences*. 2017;35(6):547-56.
15. Young W, James R, Montgomery I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2002;42(3):282-8.
16. Lockie RG, Schultz AB, Jeffriess MD, Callaghan SJ. The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinetics and exercise science*. 2012;20(3):211-9.
17. Bishop C, Read P, Bromley T, Brazier J, Jarvis P, Chavda S, et al. The association between interlimb asymmetry and athletic performance tasks: a season-long study in elite academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022;36(3):787-95.
18. Ziaei M, Esmaeili H, Mirshkar M. Effect of Plyometric and Theraband Trainings on Ankle Proprioception and Strength in Adolescent Soccer Players. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2020;9(2):16-29.
19. Ziaei M, Zolaktav V, Esmaeili H. Assessing functional strength asymmetry and change of direction speed in soccer players with chronic ankle instability. *Studies in Sport Medicine*. 2024;16(40):109-24.
20. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fourchet F, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2013;43(8):585-91.
21. Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, Perrin DH. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of athletic training*. 2008;43(2):144-51.
22. Živković A, Marković S, Cuk I, Knežević OM, Mirkov DM. Reliability and Validity of Key

- Performance Metrics of Modified 505 Test. *Life*. 2025;15(2):198.
23. Yalfani A, Raeisi Z. Bilateral symmetry of vertical time to stabilization in postural sway after double-leg landing in elite athletes with unilateral chronic ankle sprain. *Journal of foot and ankle research*. 2022;15(1):43.
24. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*. 2016;15(2):155-63.
25. Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*. 2009;41(1):3.
26. Lockie RG, Callaghan SJ, Berry SP, Cooke ER, Jordan CA, Luczo TM, et al. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(12):3557-66.
27. Bishop C, Coratella G, Beato M. Intra-and inter-limb strength asymmetry in soccer: A comparison of professional and under-18 players. *Sports*. 2021;9(9):129.