

# Impact of Chronic Ankle Instability on Biomechanical Parameters of Gait Initiation in Semipro Football Players

Seyed Khali, Mousavi<sup>1\*</sup>, Heydar, Sadeghi<sup>2</sup>, Mahdi, Khaleghi<sup>3</sup>, Hamidreza, Taheri<sup>4</sup>

1. PhD of Sport Biomechanics. Kharazmi University, Teheran, Iran
2. Full Professor of Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Teheran, Iran
3. Assistance Professor of Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Teheran, Iran
4. Professor of Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

Received: 2019.February.13    Revised: 2019.March.03    Accepted: 2019.May. 21    Published Online: 2020.April.13

## ABSTRACT

**Background and Aims:** The aim of the present study was to investigate the impact of chronic ankle instability on biomechanical parameters of gait initiation in semipro football players.

**Materials and Methods:** A total of 26 young were divided into two equal groups of normal and injured. To measure the biomechanical parameters, motion analysis system (Qualisys model with eight cameras) and two force plate system (Kistler 9286A) were used. We measured distance, time, and speed of gait initiation, swing and double stance time, speed of clearing the swing limb from ground, hip, knee and ankle range of motion and center of mass displacement in medio-lateral, anteroposterior, and vertical directions in the current study.

**Results:** The results showed significant increase in the knee ( $p = 0.016$ ) flexion range of motion and significant decrease in center of mass displacement in vertical ( $p=0.00$ ) and medio-lateral ( $p=0.00$ ) directions of gait initiation.

**Conclusion:** The results of our study did not show any significant change in injured joint and many other parameters. Thus, considering the significant changes that occur in adjacent joint, it is recommended that rehabilitation specialists use global training protocol for both the injured and non-injured limbs of chronic ankle instability patients to prevent motor control change and to restore proper motor control following a peripheral joint injury.

**Keywords:** Gait Initiation; Chronic ankle instability; Biomechanics; Motor control; Football

**How to cite this article:** Mousavi, Seyed Khalil, Sadeghi, Heydar, Khaleghi, Mahdi, Taheri, Hamidreza. Impact of Chronic Ankle Instability on Biomechanical Parameters of Gait Initiation in Semipro Football Players. *J Rehab Med.* 2021; 9(4): 143-151.

## بررسی تاثیر بی ثباتی مزمن مچ پا بر پارامترهای بیومکانیکی شروع راه رفتن در بازیکنان فوتبال نیمه حرفه‌ای

سید خلیل موسوی<sup>۱\*</sup>، حیدر صادقی<sup>۲</sup>، مهدی خالقی<sup>۳</sup>، حمیدرضا طاهری<sup>۴</sup>

۱. دکتری بیومکانیک ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استادتمام دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۴. استاد دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰۲/۳۱

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

دریافت مقاله ۱۳۹۷/۱۱/۲۴

### چکیده

**مقدمه و اهداف:** هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر آسیب بی ثباتی مزمن مچ پا بر عملکرد بیومکانیکی شروع راه رفتن بود.

**مواد و روش‌ها:** تعداد ۲۶ آزمودنی در دو گروه برابر، نرمال و مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری پارامترهای بیومکانیکی از سیستم آنالیز حرکت (کوالیزیس ۸ دوربین) و تعداد دو صفحه نیروسنج (کیستلر A۹۲۸۶) استفاده شد. مسافت، زمان و سرعت شروع راه رفتن، زمان نوسان، زمان حمایت دوطرفه، سرعت جداسازی اندام نوسان از سطح، دامنه حرکتی مفاصل هیپ، زانو و مچ پا به همراه جابه‌جایی مرکز جرم در صفحه داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی پارامترهای مد نظر محقق در این پژوهش بود.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که آسیب بی ثباتی مزمن مچ پا می‌تواند باعث افزایش معنادار در دامنه حرکتی مفصل زانو ( $P=016/0$ ) و کاهش معنادار در میزان جابه‌جایی مرکز جرم در جهت‌های عمودی ( $P=00/0$ ) و داخلی-خارجی ( $P=00/0$ ) گردد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج تحقیق حاضر که بیانگر عدم وقوع تغییرات معنادار در مفصل آسیب‌دیده و همچنین بسیاری از پارامترهای دیگر بود، با استناد به تغییرات معنادار که در مفاصل مجاور اندام آسیب‌دیده ثبت شد، به متخصصین توانبخشی پیشنهاد می‌گردد تا در طراحی پروتکل‌های تمرینی/درمانی به‌صورت کلی (نه موضعی) عمل نمایند تا از این طریق از ایجاد تغییرات در کنترل حرکتی جلوگیری کرده و همچنین در بازیابی کنترل حرکتی مطلوب پس از آسیب، نقش موثرتری داشته باشند.

**واژه‌های کلیدی:** شروع راه رفتن؛ بی ثباتی مزمن مچ پا؛ بیومکانیک؛ کنترل؛ فوتبال

نویسنده مسئول: سید خلیل موسوی، دکتری بیومکانیک ورزش دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

آدرس ایمیل: S.Mousavi.Khalil@Gmail.Com

## مقدمه و اهداف

مفصل با نقش عملکردی حیاتی در راه رفتن به شمار می‌آید.<sup>[۷]</sup> راه رفتن در تعریف ساده، به‌عنوان جابه‌جایی مرکز جرم از نقطه‌ای به نقطه دیگر توسط اندام تحتانی معرفی شده است.<sup>[۸]</sup> انجام این الگوی حرکتی ریتمیک، نیازمند شروع راه رفتن<sup>۴</sup> (GI) است. وینتر (۲۰۰۹)، شروع راه رفتن را به‌عنوان انتقال از وضعیت ایستادن ساکن به وضعیت راه رفتن یکنواخت گزارش کرده است که به لحاظ تقسیم‌بندی عملکردی، از جدا شدن پاشنه اندام نوسان (اندام اول) تا جدا شدن اندام استقرار (اندام دوم) از سطح را شامل می‌شود.<sup>[۷]</sup> الگوی حرکتی GI را از این جهت برجسته معرفی کرده‌اند که سینرژی کینتیکی-کینماتیکی ثبت‌شده در این فاز در مقایسه با سایر فازهای راه رفتن یکنواخت و پایان راه رفتن بی‌نظیر است.<sup>[۸]</sup> لحظه شروع در فاز GI با در نظر گرفتن عملکرد کینتیکی، از بازداری فعالیت دوطرفه عضلات پلانترافلکسور و شروع همزمان فعالیت عضلات دورسی فلکسور اعلام شده است. این عملکرد هماهنگ عضلانی در نهایت به سینرژی کینماتیکی در جابه‌جایی مرکز فشار (به سمت خلف و اندام نوسان) و مرکز جرم (به سمت جانب و اندام استقرار) و جدا شدن پاشنه اندام نوسان از سطح منجر می‌شود.<sup>[۸]</sup> الگوی سینرژی اشاره‌شده، نقش حیاتی در کنترل حرکتی GI را می‌رساند، به‌نحوی که استفان و همکاران (۲۰۰۱) دلیل وقوع ۵۰ درصد سقوطها را انتخاب الگوی حرکتی نامناسب در شروع حرکت گزارش کرده‌اند.<sup>[۹]</sup> این گزارش در کنار این ادعا که سقوط به‌عنوان دومین عامل مرگومیر<sup>۵</sup> در دنیا شناخته می‌شود و یک سوم افراد بالای ۶۵ سال و ۵۰ درصد افراد بالای ۸۰ سال، حداقل در سال یکبار سقوط را تجربه می‌کنند<sup>[۱۰]</sup>، لزوم رسیدگی به مبحث کنترل حرکتی در GI را می‌رساند.

مطالعات در زمینه تاثیر آسیب CAI بر عملکرد مچ پا در راه رفتن یکنواخت بسیار انجام شده است. شاید بتوان مهمترین دلیل این موضوع را در نقش حیاتی مچ پا در راه رفتن و شروع راه رفتن دانست. جایی که برخی مطالعات، استراتژی مچ پا را به‌عنوان استراتژی تولیدکننده نیروی پیش‌برنده در راه رفتن عنوان کرده‌اند.<sup>[۱۱]</sup> علاوه بر این، نقش حیاتی مفصل مچ پا در راه رفتن، از این جهت که پا به‌عنوان عامل تماس فرد با سطح می‌باشد و بر همین اساس، منبع ارسال بسیاری از بازخوردها برای عملکرد مطلوبتر و ایمن‌تر در حین راه رفتن است، مطالعات این حوزه می‌تواند مورد علاقه بسیاری از پژوهشگران باشد. استراتژی جانبی مچ پا،

سیستم اسکلتی-عضلانی، سیستم عصبی و سیستم حمایتی (قلب-عروق و تنفس) به‌عنوان اجزای اصلی سیستم حرکتی به شمار می‌روند؛ بنابراین اجرای صحیح یک الگوی حرکتی نیازمند عملکرد صحیح هر یک از اجزای اشاره‌شده و همچنین همکاری متقابل این اجزا با یکدیگر است. همکاری منظم سیستم‌های اشاره‌شده، توسط سیستم کنترل حرکت انجام می‌گردد که تحت عنوان سیستم عصبی-عضلانی شناخته می‌شود. این سیستم کنترلی از یک سیستم اصلی به نام سیستم عصبی و دو زیرسیستم<sup>۱</sup> به نام‌های اکتیو و پسیو تشکیل شده است. در یک تعریف ساده، کنترل عصبی-عضلانی به فرآیندی اشاره دارد که پیام‌های آوران حسی را دریافت، پردازش و سپس از طریق مسیرهای وایران به سمت ارگان‌ها ارسال می‌کند.<sup>[۱]</sup> عضلات به‌عنوان ارگان‌های اکتیو و سایر ساختارها از جمله تاندون، لیگامان، کپسول مفصلی به‌عنوان ارگان‌های پسیو شناخته می‌شوند که به‌ترتیب پایداری اکتیو و پسیو مفاصل را بر عهده دارند. آسیب از جمله مواردی است که باعث ایجاد اختلال در عملکرد حرکتی می‌شود. ریشه این اختلال، در مختل شدن مکانیزم‌های کنترلی حرکت بیان شده است. شدت آسیب از یک سو و نوع عملکرد حرکتی (ساده/پیچیده، ظریف/سخت) از سوی دیگر، دو مولفه مهم و تعیین‌کننده در میزان اختلال سیستم کنترلی به شمار می‌آیند.

آسیب اسپرین مچ پا<sup>۲</sup>، از جمله آسیب‌های شایع در بین ورزشکاران آمانور و حرفه‌ای گزارش شده است؛ به‌نحوی که ریموند و همکارانش (۲۰۱۶) مدعی شده‌اند که بیش از ۷۰ درصد آسیب ورزشکاران این سطح خصوصاً در رشته‌های برخوردی مانند فوتبال را به خود اختصاص می‌دهد.<sup>[۲]</sup> آسیب اسپرین مچ پا اگرچه به‌صورت آنی و در کمتر از ثانیه رخ می‌دهد، اما مستند است که در ۷۵ درصد موارد، ضایعات مربوط به آن در طول عمر، همراه فرد آسیب‌دیده خواهد بود.<sup>[۳]</sup> در واقع عدم درمان و توانبخشی کامل است که باعث ماندگاری و در نتیجه مزمن شدن آسیب شده و تحت عنوان بی‌ثباتی مزمن مچ پا یا همان CAI<sup>۳</sup> شناخته می‌شود.<sup>[۳]</sup> آسیب مجدد<sup>[۴]</sup> و کاهش سطح فعالیت<sup>[۵]</sup> از مهمترین ضایعات بی‌ثباتی مزمن مچ پا ذکر شده است. همچنین مستند شده است که کاهش سطح فعالیت به دلیل ابتلا به بی‌ثباتی مزمن در مفصل می‌تواند احتمال ابتلا به آسیب استخوان‌ترتیب را نیز افزایش دهد.<sup>[۱۶]</sup>

بررسی تغییرات مکانیزم‌های کنترلی در افراد مبتلا به CAI از آن جهت از جمله موضوعات مورد توجه پژوهشگران بوده است که مفصل مچ پا به‌عنوان یک

<sup>4</sup> Gait Initiation

<sup>5</sup> Mortality

<sup>6</sup> Lateral Ankle Strategy

<sup>1</sup> Subsystem

<sup>2</sup> Ankle Sprain

<sup>3</sup> Chronic Ankle Instability

فرعی اما مهم در نظر بودند. عامل آسیب به‌عنوان متغیر مستقل و پارامترهای کینماتیکی از قبیل مسافت شروع راه رفتن (فاصله بین موقعیت مارکر پاشنه اندام نوسان تا موقعیت مارکر مشابه در تماس اول با سطح)، زمان شروع راه رفتن (فاصله زمانی بین افزایش ارتفاع مارکر پاشنه در اندام نوسان تا جدا شدن پنجه اندام استقرار از سطح)، سرعت شروع راه رفتن، زمان نوسان (فاصله زمانی بین جدا شدن پنجه، مارکر مربوط به متاتارس پنجم، از سطح تا برخورد پاشنه، مارکر پاشنه با سطح در اندام نوسان) و استقرار، زمان حمایت دوطرفه، سرعت جداسازی اندام نوسان از سطح، دامنه حرکتی مفاصل ران، زانو و مچ پا، جابه‌جایی مرکز جرم در صفحه عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی، متغیرهای وابسته تحقیق را تشکیل می‌دادند. برای محاسبه متغیرهای مربوط به مرکز جرم از تغییرات موقعیت مارکر ساکروم استفاده شد.<sup>[۲۰]</sup>

پروتکل اجرایی پژوهش به‌گونه‌ای بود که پس از هدایت آزمودنی به محیط آزمایشگاه نکات و مواردی به وی انتقال داده می‌شد که اطلاع از آنها در روند اجرای پژوهش و اعتبار داده‌ها اختلالی ایجاد نمی‌کرد. سپس عمل مارکرگذاری<sup>[۲۰]</sup> انجام و از آنها خواسته شد تا پنج کوشش GI را انجام دهند. فرد پس از قرارگیری روی صفحه‌های نیروسنج به‌نحوی که وزن بدن به‌صورت برابر روی هر دو اندام تحانی تقسیم شده بود، با سرعت خودانتخابی، عمل GI را اجرا می‌کرد. پس از کامل شدن کوشش‌ها، داده‌های مربوط به فاز بین اولین رخداد کنترلی برای شروع حرکت تا جدا شدن پنجه اندام استقرار که اشاره به فاز شروع راه رفتن دارد<sup>[۲۱]</sup>، مشخص و تجزیه و تحلیل شد. برای این منظور از سیستم آنالیز حرکت QUALYSIS مجهز به ۸ دوربین با فرکانس ۲۰۰ هرتز، دو عدد دستگاه صفحه نیروسنج مدل kistler 9286A با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز که با یکدیگر همزمان بودند، استفاده شد.<sup>[۲۲]</sup> روش فیلتر کردن داده‌های هر دو دستگاه از نوع فیلتر پایین‌گذر باترورت بود؛ به این صورت که برای فیلتر داده‌های مربوط به صفحه نیروسنج از فرکانس قطع ۳۰ هرتز و مرتبه چهار و فیلتر داده‌های مربوط به سیستم آنالیز حرکت از فرکانس قطع ۶ هرتز و مرتبه چهار استفاده شد. در نهایت از نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۸ برای پردازش داده‌ها، آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد برای وصف داده‌ها، آزمون آماری کلموگروف-اسمیرنوف برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها و آزمون t دو گروه مستقل برای مقایسه مقادیر بین گروهی در سطح معناداری  $\alpha: 0/05$  استفاده شد.

استراتژی قرار دادن پا<sup>۱</sup>، استراتژی مشارکتی جبرانی<sup>۲</sup> نیز سه استراتژی حیاتی در الگوی GI هستند که طبق گزارش اریک و همکاران (۲۰۱۷) در هر کدام از آنها، مجموعه پا-مچ پا نقش اصلی را ایفا می‌کند<sup>[۲۱]</sup>؛ بنابراین بدیهی به نظر می‌رسد که با توجه به نقش برجسته مفصل در حرکات انسان، هرگونه آسیب در آن به اختلالات قابل ملاحظه در کنترل حرکت منتج شود.

رویکرد پژوهشگران در رابطه با تاثیر آسیب CAI بر عملکرد، متفاوت است. برخی منابع تاثیر آسیب بر عملکرد فرد در GI را از طریق ایجاد اختلال در سیستم عصبی-محیطی<sup>[۱۳-۱۲]</sup> و برخی دیگر از طریق اختلال در سیستم عصبی مرکزی<sup>[۱۴-۱۵]</sup> و <sup>[۱۷-۱۸]</sup> عنوان کرده‌اند. با در نظر گرفتن هر یک از رویکردهای ذکر شده و با توجه به اینکه برخلاف حجم مطالعات انجام‌شده در نقش مفصل مچ پا بر عملکرد فرد در راه رفتن یکنواخت، تعداد مطالعات این موضوع در فاز GI بسیار اندک است، در تحقیق حاضر سعی شده است تا با اندازه‌گیری متغیرهای بیومکانیکی (کینماتیکی) مهم در GI از طریق داده‌های ثبت‌شده از تغییرات موقعیت حرکتی دو گروه نرمال و مبتلا به CAI، دانش پیرامون تغییرات مکانیزم‌های کنترلی مورد استفاده در GI در نتیجه وقوع CAI را تا حدودی توسعه داد. ضمن اینکه نتایج پژوهش حاضر احتمالاً می‌تواند در طراحی برنامه‌های تمرینی و توانبخشی متخصصین این حوزه کاربرد داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر که از نوع تحقیقات علی-مقایسه‌ای و نیمه‌تجربی می‌باشد، فوتبالیست‌های نیمه‌حرفه‌ای رده سنی ۲۰-۲۵ سال در استان خراسان رضوی به‌عنوان جامعه آماری مد نظر بودند که از بین آنها، تعداد ۲۶ آزمودنی در دو گروه مساوی (گروه CAI و گروه نرمال) مورد مطالعه قرار گرفتند. لازم به ذکر است که به دلیل اهمیت معیارهای ورود به تحقیق، برای آزمودنی‌های مبتلا به CAI، هر فوتبالیست در ابتدا می‌بایست به پرسشنامه شاخص ناتوانی پا-مچ پا<sup>۵</sup> پاسخ می‌داد. طبق مستندات موجود، کسب عدد ۸۰ و بالاتر در پرسش‌های مربوط به فعالیت ورزشی و نمره ۹۰ و بالاتر در پرسش‌های مربوط به فعالیت‌های روزانه به‌عنوان معیار جهت ورود به تحقیق در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا شناخته می‌شود.<sup>[۱۹]</sup> علاوه بر پرسشنامه ذکر شده، مواردی همچون گذشت حداقل سه ماه از آخرین آسیب اسپرین در مفصل مچ پا، عدم آسیب جدی در ناحیه مفاصل اندام تحتانی و سر، عدم سابقه جراحی و شکستگی و سابقه آسیب مجدد نیز به‌عنوان معیارهای

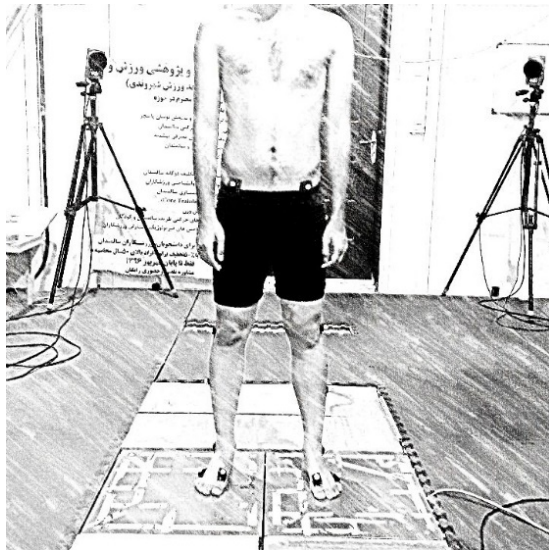
<sup>4</sup> Central Nerves System

<sup>5</sup> Foot-Ankle Disability Index

<sup>1</sup> Foot Placement Strategy

<sup>2</sup> Anticipatory Adjustment

<sup>3</sup> Peripheral Nerves System



شکل ۱. شیوه استقرار آزمودنی روی صفحه نیروسنج  
\*در این وضعیت، وزن آزمودنی به صورت برابر روی هر دو صفحه نیرو تقسیم شده است.

## نتایج

اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق در دو گروه سالم و مبتلا به CAI در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های شرکت‌کننده در پژوهش (N=13)

گروه	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (متر)
مبتلا	22/3 ± 7	67/3 ± 4	1/81 ± 0/06
سالم	23/9 ± 2/3	69/9 ± 3	1/79 ± 0/09

\*اعداد به صورت میانگین و انحراف استاندارد آورده شده است.

مرکز جرم در صفحه داخلی-خارجی (۰/۰۰) و عمودی (۰/۰۰) در آزمودنی‌های مبتلا به آسیب بی‌ثباتی مزمن مچ پا را نشان می‌دهد.

نتایج آزمون t دو گروه مستقل مقادیر مربوط به متغیرهای کینماتیکی در جدول ۲، ۳ و ۴ آورده شده است. این نتایج افزایش معنادار در مقادیر مربوط به دامنه حرکتی مفصل زانو (p=۰/۰۱۶) و کاهش معنادار در مقادیر مربوط به جابه‌جایی

جدول ۲. نتایج آزمون t دو گروه مستقل برای متغیرهای فضایی-زمانی شروع راه رفتن (میانگین و انحراف استاندارد) (N=13)

عنوان	متغیر	گروه	میانگین ± SD	T	معناداری
مسافت شروع راه رفتن (سانتی-متر)	سالم	۶۲/۸ ± ۹/۹	۰/۷۹	۰/۹۷	
	مبتلا	۵۱/۶ ± ۱۰			
زمان شروع راه رفتن (ثانیه)	سالم	۰/۸۰ ± ۰/۰۸	۱/۶۸	۰/۶۲	
	مبتلا	۰/۷۴ ± ۰/۰۸			
سرعت شروع راه رفتن (سانتی-متر-ثانیه)	سالم	۱۰۵/۸۶ ± ۱۷/۶	۰/۳۵۱	۰/۵۵۵	
	مبتلا	۱۰۸/۷ ± ۲۲/۴			
زمان نوسان (ثانیه)	سالم	۱/۰۸ ± ۰/۲۹	۱/۶۵	۰/۳۵۳	
	مبتلا	۰/۸۲ ± ۰/۳۶			
حمایت دوطرفه (ثانیه)	سالم	۰/۲۲ ± ۰/۰۳	۰/۹۴۱	۰/۳۴۷	
	مبتلا	۰/۱۹ ± ۰/۰۵			
جداسازی اندام نوسان از سطح (ثانیه)	سالم	۱/۷۷.۵ ± ۵/۴	۰/۹۰۴	۰/۰۷۵	
	مبتلا	۰/۳۵ ± ۰/۷۶			

پارامترهای فضایی-زمانی

جدول ۳. نتایج آزمون t دو گروه مستقل برای متغیرهای دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی در شروع راه رفتن (میانگین و انحراف استاندارد) (N=13)

عنوان	متغیر	گروه	میانگین $\pm$ SD	T	معناداری
دامنه مفاصل (درجه) حرکتی	هیپ (فلکشن)	سالم	۵۵/۶ $\pm$ ۹	-۱/۱	۰/۸۱۲
		مبتلا	۵۹/۶ $\pm$ ۸/۴		
	زانو (فلکشن)	سالم	۲۳/۸۹ $\pm$ ۵/۱	-۱/۳	*۰/۰۱۶
		مبتلا	۲۹/۱۶ $\pm$ ۴/۴		
مچ پا	سالم	۱۱/۲ $\pm$ ۳/۲	-۰/۷۲۱	۰/۹۴۱	
	مبتلا	۹/۱ $\pm$ ۳/۲			

جدول ۴. نتایج آزمون t دو گروه مستقل برای متغیرهای جابه‌جایی مرکز جرم در شروع راه رفتن (میانگین و انحراف استاندارد) (N=13)

عنوان	متغیر	گروه	میانگین $\pm$ SD	T	معناداری
جابجایی مرکز جرم (میلی‌متر)	داخلی-خارجی	سالم	۵۹/۲ $\pm$ ۳/۱	۲/۵۲	*۰/۰۰
		مبتلا	۴۱/۱ $\pm$ ۲۴/۵		
	عمودی	سالم	۱۱۷/۹ $\pm$ ۴/۱	۲/۷۶	*۰/۰۰
		مبتلا	۷۵/۴۸ $\pm$ ۱۱		
قدامی-خلفی	سالم	۵۶/۸ $\pm$ ۸/۲	۱/۵۳	۰/۷۴۹	
	مبتلا	۵۱ $\pm$ ۱۰/۱			

استفاده در GI با الگوی مورد استفاده در راه رفتن یکنواخت متفاوت می‌باشد.<sup>[۲۳]</sup> ثبت مسافت بیشتر در گروه زنان و همچنین سرعت بیشتر در این گروه در مقایسه با گروه مردان، دلیل ادعای مطرح شده بود. نکاتی که در الگوی راه رفتن یکنواخت، بالعکس گزارش شده است (طول قدم‌های بزرگتر در مردان و همچنین سرعت راه رفتن بیشتر در مردان).<sup>[۸]</sup> از جمله یافته‌های دیگر تحقیق، وجود اختلاف معنادار در دامنه حرکتی فلکشن مفصل زانو در بین دو گروه نرمال و مبتلا به آسیب CAI است، جایی که گروه مبتلا به میزان حدود ۱۸٪ فلکشن بیشتر نسبت به گروه سالم در مفصل زانو را ثبت کرده‌اند. این اختلاف اگرچه در دو مفصل دیگر به صورت معنادار ثبت نشده است، اما ثبت مقادیر بیشتر دامنه حرکتی در مفاصل زانو و ران و مقادیر کمتر در مفصل مچ پا در گروه مبتلا در مقایسه با گروه نرمال، احتمالاً می‌تواند به این نکته اشاره کند که گروه مبتلا سعی کرده است تا ضعف عملکرد در مفصل مچ پا را از طریق به‌کارگیری مفاصل ران و زانو در دامنه وسیعتر جبران نماید. هاس و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیق خود مدعی شده‌اند که افراد دارای اختلال حسی-حرکتی در مفصل مچ پا، بیش از آنکه تلاش نمایند تا مفصل را به الگوی طبیعی نزدیکتر کنند، از طریق به‌کارگیری الگوهای جبرانی در سایر مفاصل و حتی اندام مجاور سعی در مرتفع ساختن محدودیت‌ها دارند.<sup>[۲۴]</sup> اوساما و همکاران (۲۰۱۲) نیز با بررسی الگوی کینماتیک و کینتیک راه رفتن افراد مبتلا به CAI در نهایت به این نتیجه رسیدند که بی‌ثباتی مزمن مچ پا در نهایت باعث نوعی سازگاری در الگوی حرکتی فرد

## بحث

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر آسیب CAI بر تغییرات عملکردی الگوی شروع راه رفتن با تاکید بر بررسی متغیرهای بیومکانیکی و کنترلی حرکت بود. برای این منظور، فریم‌های بین وقوع اولین رخداد قابل ثبت (در این تحقیق، شروع جابه‌جایی مرکز فشار مد نظر بود) تا جدا شدن اندام استقرار از سطح، مشخص و تجزیه و تحلیل شد.<sup>[۲۱]</sup>

نتایج تحقیق در رابطه با پارامترهای فضایی-زمانی شروع راه رفتن، اگرچه تغییرات اندک در گروه مبتلا به CAI را نشان می‌داد، اما هیچ‌یک از این تغییرات معنادار نبود؛ از آن جمله می‌توان به طی مسافت کمتر در گروه مبتلا (حدود ۵۱ سانتی‌متر) در برابر طی مسافت ۶۲ سانتی‌متری از سوی گروه نرمال و همچنین کاهش زمان اجرای فاز شروع راه رفتن (۰/۷۴ ثانیه در برابر ۰/۸۰ ثانیه که از سوی گروه نرمال ثبت شد) اشاره کرد. مقدار اختلاف در دو متغیر اشاره شده در نهایت منجر به این شده است که گروه مبتلا به آسیب CAI به میزان ۲/۹ درصد با سرعت بیشتری فاز GI را طی نمایند. اگرچه مقدار این اختلاف معنادار ثبت نشده است، اما قرار دادن این یافته در کنار گزارش‌های تحقیقاتی که الگوی راه رفتن افراد مبتلا به آسیب مفصل مچ پا را به صورت قدم‌های کوتاه‌تر و با سرعت آهسته‌تر گزارش کرده‌اند<sup>[۲۱]</sup>، می‌تواند به متفاوت بودن الگوی مورد استفاده در GI با راه رفتن یکنواخت اشاره کند. صادقی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود با الگوی GI در دو گروه مرد و زن به این نتیجه رسیدند که الگوی کنترلی مورد

(۲۰۰۸) نیز در بررسی‌های خود، نتایج مشابهی را در ثبت مقادیر جابه‌جایی مرکز فشار در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا گزارش کردند و این تغییرات را بیش از آنکه به مکانیزم‌های جبرانی در اندام‌ها و تنه مرتبط بدانند، به اختلال در مکانیزم‌های کنترلی مرکزی مربوط دانسته‌اند.<sup>[۲۹]</sup>

به‌طور کلی، به نظر می‌رسد این تئوری که اختلال در عملکرد بازخوردهای حسی-حرکتی از قبیل گیرنده‌های حس عمقی را یکی از مکانیزم‌های مربوط به بی‌ثباتی مزمن مچ پا گزارش کرده‌اند<sup>[۲۸، ۲۹]</sup>، نیاز به تحقیقات وسیع‌تر و تخصصی‌تر دارد؛ چرا که نتایج تحقیق حاضر و اندازه‌های ثبت‌شده اشاره به تغییرات اندک در مفصل مچ پا و تقریباً عدم تغییر معنادار در پارامترهای ابتدایی GI از قبیل سرعت و مسافت دارد. اگرچه سازگاری با آسیب CAI با گذشت زمان، تئوری است که می‌تواند عدم ایجاد تغییرات معنادار در مفصل مچ پا را حمایت نماید، اما مهمتر از آن احتمالاً صحت این ادعا باشد که CAI بیش از آنکه سیستم عصبی-محیطی (گیرنده‌های مکانیکی-فیریک) مفصل را تحت تاثیر قرار دهد، باعث ایجاد تغییرات در مکانیزم‌های کنترل حرکتی در سطح نخاع می‌شود. این ادعا اگرچه به مطالعات بیشتر نیاز دارد، اما در مطالعاتی نیز بیان شده است.<sup>[۳۰-۳۴]</sup>

### نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن این نکته و استناد به تغییرات معناداری که در مفاصل مجاور مچ پا (که تغییرات حداقلی را نشان داد) ثبت شد، احتمالاً بتوان به متخصصین توانبخشی پیشنهاد داد که در طراحی برنامه‌های تمرینی و توانبخشی خود ضمن تاکید بر توسعه هماهنگی و تقویت موضعی<sup>۳</sup> (مچ پا) بر توسعه هماهنگی کلی (در نظر گرفتن مفاصل و همچنین اندام مجاور و تنه) نیز توجه ویژه داشته باشند تا از این طریق در پیشگیری از تغییر در مکانیزم‌های کنترلی حرکت و همچنین بازیابی کنترلی-حرکتی مطلوب پس از آسیب محیطی مفصل، توجه قابل ملاحظه‌ای داشته باشند.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از بخشی از پایان‌نامه (مقطع دکتری/بیومکانیک ورزش) به راهنمایی آقایان دکتر حیدر صادقی و دکتر مهدی خالقی و مشاوره آقای دکتر حمیدرضا طاهری می‌باشد. همچنین از مشاوره و رهنمودهای آقایان دکتر علیرضا فارسی، دکتر فرید بحریمیا، دکتر سید فرهاد طباطبایی قمشه و سرکار خانم دکتر ملیحه حدادنژاد نیز کمال تشکر را دارم؛ بدین‌وسیله از آزمودنی‌هایی که در انجام این پروژه ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

می‌شود که بیش از آنکه مفصل مبتلا را تحت تاثیر قرار دهد، باعث ایجاد الگوهای جبرانی در سایر مفاصل و همچنین تنه می‌شود. آنها مدعی شدند که دلیل عدم ثبت تغییرات قابل ملاحظه در مفصل مچ پا که دچار بی‌ثباتی شده است، به میزان قابل ملاحظه‌ای می‌تواند به متمایل کردن تنه به سمت اندام متاثر در هنگام راه رفتن مرتبط باشد.<sup>[۲۵]</sup> فریل و همکاران (۲۰۰۶) نیز از جمله دیگر پژوهشگرانی بوده‌اند که بین مکانیک مفصل مچ پا و مفاصل پروگزیمال، رابطه قوی گزارش کرده‌اند<sup>[۲۶]</sup>؛ آنها با بررسی الگوی حرکتی افراد مبتلا به اسپرین خارجی مچ پا در نهایت به این نتیجه رسیدند که ضعف عضلات ابداکتور ران در سمت موافق<sup>۱</sup>، به احتمال فراوان پس از وقوع اسپرین خارجی مچ پا رخ می‌دهد. این ادعا با گزارشات هاس و همکاران (۲۰۱۲) که استفاده از الگوی جبرانی متمایل کردن تنه به سمت اندام آسیب‌دیده را یکی از الگوهای جبرانی مورد استفاده در افراد مبتلا به CAI گزارش کردند<sup>[۲۴]</sup>، می‌تواند همخوانی داشته باشد که در نهایت می‌تواند به ضعف و اختلال عملکرد در عضلات ابداکتور منجر شود.

کاهش معنادار در جابه‌جایی مرکز جرم بدن در فاز شروع راه رفتن در جهت‌های داخلی-خارجی و عمودی در گروه مبتلا به آسیب CAI، از یافته‌های دیگر تحقیق حاضر است. اعداد ثبت‌شده در این متغیرها به نحوی بود که گروه مبتلا حدود ۳۰ درصد نوسان کمتر در مرکز جرم بدن را در صفحه داخلی-خارجی و حدود ۳۵ درصد نوسان کمتر را در جهت عمودی نشان دادند. با توجه به متاثر بودن نوسان مرکز جرم بدن از هرگونه تغییر وضعیت در اندام‌ها انتظار می‌رفت در کنار دامنه حرکتی بیشتر افراد مبتلا به آسیب در مفاصل زانو و ران، شاهد جابه‌جایی بیشتر در مرکز جرم این گروه خصوصاً در جهت داخلی-خارجی و عمودی باشیم. با این حال، الیزابت (۲۰۰۹) با مطالعه مکانیزم‌های کنترلی شروع راه رفتن در افراد مبتلا به اسپرین مچ پا از طریق مطالعه و بررسی تغییرات موقعیت مرکز فشار به این نتیجه رسید که اختلال در تعادل خصوصاً در جهت داخلی-خارجی، یکی از ویژگی‌های مشخص این-گونه افراد مبتلا به CAI است.<sup>[۲۷]</sup> هاس و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی تغییرات مرکز فشار در فاز GI در افراد مبتلا به CAI به این نتیجه رسیدند که اختلال در حجم وسیعی از مشارکت‌های تنظیمات قامتی جبرانی<sup>۲</sup> در الگوی شروع راه رفتن پیش از وقوع هرگونه رخداد عینی انجام می‌شود که مقدار آن خصوصاً در جهت داخلی-خارجی، حیاتی‌تر است.<sup>[۲۴]</sup> در همین زمینه نیز مطالعاتی وجود دارد که به اتخاذ الگوی حرکتی محافظتی در افراد مبتلا به CAI اشاره کرده‌اند و دلیل این ادعا را در ثبت مقادیر کاهش‌یافته در مقدار جابه‌جایی و همچنین سرعت جابه‌جایی مرکز فشار در حین راه رفتن گزارش کرده‌اند.<sup>[۲۸، ۲۹]</sup> وادل و همکاران

<sup>3</sup> Local

<sup>1</sup> Ipsilateral

<sup>2</sup> Anticipatory Postural Adjustment

## منابع

1. Shamway CA, Woolacott MH. Motor control theory and practical applications. 2<sup>nd</sup> ed. US: Lippincott Williams & Wilkins 2011. P.162
2. Raymond J, Keir AR, Ethan JF, Christopher WH, Niall AS, Christopher JE, James C, John GK. Football injuries of the ankle: A review of injury mechanisms, diagnosis and management. World journal of orthopedic. 2016;7(1):8-19.
3. Fu SN, Hui-CC. Modulation of prelanding lower-limb muscle responses in athletes with multiple ankle sprains. Medicine Science Sports Exercise. 2007;39(10):1774-83.
4. Yeung MS, Chan KM, So CH, Yuan WY. An epidemiological survey on ankle sprain. Journal of sports medicine. 1994;28(2):112-116.
5. Verhagen RA, de Keizer G, Van Dijk CN. Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. Arch Orthopedic Trauma Surgery. 1995; 114:92-96.
6. Hass CJ, Bishop MD, Doidge D, Wikstrom EA. Chronic ankle instability alters central organization of movement. American journal of sports medicine. 2010;38(4):829-34
7. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & Sons, Canada 2009. P. 285- 95.
8. Perry J. Gait analysis: normal and pathological function. publisher: SLACK Inc. USA. 1992. P. 161-163
9. Stephen DP, Luiz CS, Aftab EP. Contribution of vision and cutaneous sensation to the control of center of mass (com) during gait initiation. Journal of brain research. 2001;913:27-34.
10. Troubles M. CNEG. 2<sup>nd</sup> ed. Paris: Elsevier Masson. 2014.P.131-140
11. Brunt D. Principles underlying the organization of movement initiation from quiet stance. Gait&Posture. 1999;10(2): 121-8.
12. Freeman MA. Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. Journal of bone joint surgery. 1965;47(4):669-677.
13. Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. Journal of bone joint surgery. 1965;47: 678-685.
14. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional ankle instability of the ankle joint. American journal of sports medicine. 2006;34(12): 1070-76.
15. Santilli V, Franscarelli MA, Paoloni M. Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability: a surface electromyographic study. American journal of sports medicine. 2005;33(8):1183-87
16. Sedory EJ, McVey ED, Cross KM, Ingersoll CD, Hertel J. Atherogenic muscle response of the quadriceps and hamstrings with chronic ankle instability. Journal of athlete training. 2007;42(3):355-360
17. Suda EY, Amorim CF, Sacco Ide C. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. Journal of electromyography kinesiology. 2009;19(2):84-93.
18. Wikstrom EA, Bishop MD, Inamdar AD, Hass CJ. Gait termination control strategies are altered in chronic ankle instability subjects. Medicine science sports exercutrices. 2010;42(1):197-205
19. Fernandez KM, Roemmich RT, Stegemoller EL, Amano S, Thompson A, Okun MS. Gait initiation impairments in both Essential Tremor and Parkinson's disease. Gait Posture. 2013;38(4):956-61.
20. Chris K. Clinical gait analysis, theory and practice. Churchill Livingstone, Elsevier, 1<sup>th</sup> ed. 2006. P.55
21. Teddy C, Georges D, Pierre L, Bruno B, Daniel CT, Manh C.D. Does an additional load modify the anticipatory postural adjustments in gait initiation? Gait & Posture, 2013;37(1):144-46
22. Zahra E, Sedigheh SN, Abbas R, Heydar S, Seyed Majid H, Alireza AB, Syed Asadullah A. The alteration of neuromuscular control strategies during gait initiation in individuals with chronic ankle instability. Iran red crescent medicine journal. 2017; 19(3):44-53
23. Heydar S, Farhad T, Khalil M. Gender differences in spatial-temporal parameters of gait initiation. Iranian journal of health and physical activity. 2012; 3(2):55-60.
24. Hass CJ, Bishop MD, Doidge D, Wikstrom EA. Chronic ankle instability alters central organization of movement. American journal of sports medicine. 2010;38(4):829-833.
25. Osama R, Abdelraouf S, Mohamed E, Amr A, Abdel A. Alterations in trunk and lower extremity joints mechanics during shod walking in individuals with chronic ankle instability. International journal of health and rehabilitation sciences. 2012;1(2): 44-57
26. Friel K, McLean N, Myers C, Caceres M. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. Journal of athletic training. 2006; 41(1):74-78
27. Elizabeth IR. Dynamic postural stability during gait initiation in individuals with chronic ankle instability: the influence of walking velocity. Spring 2009. Georgia Southern university.
28. Hass CJ, Gregor RJ, Waddell DE. The influence of Tai Chi training on the center of pressure trajectory during gait initiation in older adults. Arch physical medicine and rehabilitation. 2004; 85:1593-98.
29. Hass CJ, Waddell DE, Fleming RP, Juncos JL, Gregor RJ. Gait initiation and dynamic balance control in Parkinson's disease. Arch physical medicine and rehabilitation. 2005; 86:2172-76.



30. Waddell DE, Wolf SL, Juncos JL, Gregor RJ. Gait initiation in older adults with postural instability. *Clinical Biomechanics*. 2008; 23:743-53.
31. Santilli V, Franscarelli MA, Paoloni M, et al. Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability: a surface electromyographic study. *American journal of sports medicine*. 2005;33(8):1183-87
32. Sedory EJ, McVey ED, Cross KM, Ingersoll CD, Hertel J. Atherogenic muscle response of the quadriceps and hamstrings with chronic ankle instability. *Journal of athlete and train*. 2007;42(3):355-60
33. Suda EY, Amorim CF, Sacco Ide C. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. *Journal of electromyography kinesiology*. 2009;19(2): 84-93.
34. Van Deun S, Staes FF, Stappaerts KH, Janssens L, Levin O, Peers KK. Relationship of chronic ankle instability to muscle activation patterns during the transition from double-leg to single-leg stance. *American journal of sports medicine*. 2007;35(2):274-281