# Research Paper: Effect of Cognitive Task on Gait Balance in People With Functional Ankle Instability

**Saeed Forghany[1], *Sanam Tavakoli Oskoei[2]**

1. Musculoskeletal Research Centre, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
2. Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Forghany S, Tavakoli Oskoei S. [Effect of Cognitive Task on Gait Balance in People With Functional Ankle Instability (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2017; 18(3):220-229. http://dx.doi.org/10.21859/jrehab-1803220

doi: http://dx.doi.org/10.21859/jrehab-1803220

Received: 7 Apr. 2017

Accepted: 3 Aug. 2017

## ABSTRACT

**Objective** Some individuals with Chronic Ankle Instability (CAI) termed as functional ankle instability (FAI) suffer from repetitive ankle giving way and feeling of ankle joint instability during dynamic activities like walking. Walking, as a postural task, requires some central attention to integrate sensory inputs, estimate, and plan and produce proper motor outputs. Attention demanding cognitive task has the ability to influence walking control and may increase the risk of giving way and ankle sprain. The purpose of this study was to investigate the effect of dual-tasking on dynamic balance in people with FAI.

**Materials & Methods** Twelve physically active with clinically diagnosed FAI and 12 matched controls completed trials of normal walking in isolation or with a concurrent cognitive task, which is repeatedly subtracting seven from a randomly selected number (between 200 and 250) and the same cognitive task while sitting. Spatiotemporal parameters (measured by a seven-camera motion capture system) were calculated by visual3D during gait cycles. Gait velocity, step time, step length, stance time, and swing time were calculated. Independent t-test was used to compare the data for FAI and control groups, and comparisons between the single and dual task conditions were made using the paired t-test. Step time variability was calculated using Intraclass Correlation (ICC).

**Results** The results indicated that step velocity was decreased and that stance, swing, and step time were increased significantly during dual task walking in FAI people ($P<0.05$). FAI people demonstrated greater step time variability during single and dual tasks compared to the control group.

**Conclusion** The athletes with FAI demonstrated different movement strategies during the dual-task condition compared to control group. Cognitive load may increase the risk of ankle instability in individuals with FAI.

**Keywords:**
Ankle sprain, Attention, Cognition, Dynamic balance, Gait

***Corresponding Author:***
**Sanam Tavakoli Oskoei, MSc.**
**Address:** Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
**Tel:** +98 (914) 3065660
**E-Mail:** tavakoli.sanampt@gmail.com

# اثر فعالیت شناختی بر تعادل راه‌رفتن در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا

سعید فرقانی[۱]، *صنم توکلی اسکویی[۲]

۱- مرکز تحقیقات اسکلتی‌عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲- گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۸ فروردین ۱۳۹۶
تاریخ پذیرش: ۱۲ مرداد ۱۳۹۶

## چکیده

**هدف** گروهی از افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، با وجود اینکه علائمی از سستی لیگامان‌های خارجی مفصل را نشان نمی‌دهند، از کاهش عملکرد و خالی‌شدن مفصل مچ پا به‌ویژه حین انجام فعالیت‌های دینامیک رنج می‌برند که از آن با عنوان بی‌ثباتی عملکردی مچ پا یاد می‌شود. سازماندهی اطلاعات دریافتی از سیستم‌های حسی و به دنبال آن تولید پاسخ‌های حرکتی مناسب و نیز تعدیل استراتژی‌های مورد نیاز برای تطبیق موقعیت بدن نسبت به شرایط محیطی، نیازمند فعالیت سیستم‌های شناختی و توجه است. مطالعات اندکی به بررسی تأثیر فعالیت شناختی بر کنترل پوسچرال افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخته‌اند. این مطالعات قابل تعمیم به شرایط دینامیک راه‌رفتن به عنوان یکی از مهم‌ترین و پراستفاده‌ترین فعالیت‌های روزانه نیست. اعمال تکلیف شناختی می‌تواند باعث ایجاد تغییراتی در روند راه‌رفتن و تعادل شود که ممکن است احتمال خالی‌شدن مفصل مچ پا را افزایش دهد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر فعالیت شناختی بر تعادل حین راه‌رفتن در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا انجام شده است.

**روش بررسی** به منظور انجام این پژوهش ۱۲ فرد آماده از نظر جسمانی که به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مبتلا بودند و ۱۲ فرد سالم انتخاب شدند. برای هر فرد سه مرحله ارزیابی انجام شد که عبارت بود از: راه‌رفتن با سرعت عادی و راه‌رفتن همراه با اعمال تکلیف شناختی و اعمال تکلیف شناختی در وضعیت نشسته. برای انجام تکلیف شناختی از افراد خواسته شد هم‌زمان با راه‌رفتن از رقمی که به صورت تصادفی اعلام می‌شود (اعداد بین ۲۰۰ تا ۲۵۰؛ ارقامی که به ۰ یا ۷ ختم می‌شوند حذف شدند)، ۷ تا ۷ تا به عقب برگردند. داده‌ها با استفاده از هفت دوربین مادون قرمز ثبت و با نرم‌افزار Visual-3D محاسبه شد. متغیرهای سرعت راه‌رفتن، زمان و طول قدم، زمان فاز استانس و سوئینگ محاسبه شد. برای مقایسه متغیرها قبل و بعد از تحمیل تکلیف شناختی از آزمون پارامتریک تی زوج و برای مقایسه نتایج بین گروه مبتلا و کنترل از آزمون تی مستقل استفاده شد. تغییرپذیری زمان قدم با استفاده از ضریب همبستگی درون‌گروهی محاسبه شد.

**یافته‌ها** افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در سرعت قدم کاهش معنادار و در زمان فاز استانس و سوئینگ و زمان قدم طی اعمال تکلیف شناختی نسبت به شرایط بدون اعمال تکلیف شناختی افزایش معناداری نشان دادند ($P<0/05$). افراد مبتلا، تغییرپذیری بیشتری را در هر دو حالت راه‌رفتن و در متغیر زمان قدم نسبت به گروه سالم نشان دادند.

**نتیجه‌گیری** با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در وضعیت تکلیف دوگانه زمان بیشتری را در فاز سوئینگ سپری می‌کنند و در هر دو حالت تکلیف یگانه و تکلیف دوگانه نسبت به افراد سالم ثبات دینامیک کمتری دارند. استراتژی حرکتی متفاوت افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در شرایط تکلیف دوگانه نسبت به افراد سالم می‌تواند خطر پیچ‌خوردگی مجدد را افزایش دهد.

**کلیدواژه‌ها:**
پیچ‌خوردگی مچ پا، تعادل دینامیک، توجه، راه‌رفتن، شناخت

## مقدمه

پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا ضایعه‌ای شایع میان ورزشکاران است و بیش از ۷۰ درصد افراد بعد از اولین آسیب در معرض خطر پیچ‌خوردگی مکرر قرار دارند [۱]. بی‌ثباتی مکانیکی و بی‌ثباتی عملکردی مچ پا[1] به عنوان دو عامل اساسی در ایجاد بی‌ثباتی مزمن مچ پا[2] مطرح شده است. آسیب عوامل مکانیکی مفصل مچ پا (مثل آسیب بافت‌های لیگامانی، اختلال آرتروکینماتیک و تغییرات دژنراتیو مفصل) به دنبال پیچ‌خوردگی شدید یا پیچ‌خوردگی‌های مکرر مچ پا، باعث ایجاد بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا می‌شود [۲].

گروهی از افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، با وجود اینکه

1. Functional Ankle Instability (FAI)

2. Chronic Ankle Instability (CAI)

* **نویسنده مسئول:**
صنم توکلی اسکویی
**نشانی:** اصفهان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، دانشکده علوم توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.
**تلفن:** ۳۰۶۵۶۶۰ (۹۱۴) ۹۸+
**رایانامه:** tavakoli.sanampt@gmail.com

علائمی از سستی لیگامان‌های خارجی مفصل را نشان نمی‌دهند، از کاهش عملکرد و خالی‌شدن مفصل مچ پا رنج می‌برند که از آن با عنوان بی‌ثباتی عملکردی مچ پا یاد می‌شود [۳، ۴]. طیف وسیعی از اختلالات حسی‌حرکتی در افراد مبتلا به این عارضه شناسایی شده است. ضعف و اختلال عملکرد عضلات، تغییر در حس حرکت و نیرو و حس موقعیت مفصل، تغییر در سازوکار کنترل حرکتی فیدبک (رفلکسی) و فیدفوروارد (پیش‌بینی‌کننده)، تغییر حساسیت دوک‌های عضلانی اطراف مفصل مچ پا در پاسخ به اغتشاشات محیطی و اختلال در تحریک‌پذیری آلفا موتونورون‌ها در عضلات پرونئال و سولئوس، ازجمله اختلالات حسی‌حرکتی هستند که در مبتلایان به این عارضه شناسایی شده و به عنوان عامل اصلی برای ایجاد ماهیت مزمن بی‌ثباتی مچ پا در این افراد مطرح شده است [۳، ۵].

پیچ‌خوردگی مچ پا در شرایط دینامیک و طی انجام فعالیت‌های عملکردی اتفاق می‌افتد. مطالعاتی که در شرایط استاتیک انجام شده‌اند در مقایسه با وضعیت‌های دینامیک سیستم کنترل پوسچرال افراد مبتلا را با چالش کمتری روبه‌رو خواهد کرد [۶]. مطالعات بسیاری به بررسی تغییرات کنترل پوسچرال در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخته‌اند. مطالعه سیستماتیک از نوع متاآنالیز که مان در سال ۲۰۱۰ انجام داد مؤید اختلال فرایند کنترل پوسچرال در این افراد است. طبق نتایج این مطالعه جابه‌جایی نوسان پوسچرال در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا و در وضعیت ایستاده روی یک پا بیشتر از افراد سالم است (MD[3]=۰/۶). در آزمون تعادل ستاره‌ای، مسافت دستیابی پا کمتر از گروه کنترل است (MD=۰/۴). همچنین زمان رسیدن به ثبات[4] در مطالعاتی که به بررسی این متغیر از حالت پرش با یک پا پرداخته‌اند، در افراد سالم به طور قابل توجهی سریع‌تر از افراد مبتلاست (MD=۰/۶ms در جهت داخلی‌خارجی) و (MD=۰/۷ms در جهت قدامی‌خلفی) [۳].

مطالعاتی که در شرایط راه‌رفتن روی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شده است تغییراتی را در الگوهای حرکتی این افراد نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات انجام‌شده، الگوهای حرکتی مچ پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در آغاز راه‌رفتن، حین راه‌رفتن و نیز پایان راه‌رفتن تغییر کرده است [۷-۹]. فعالیت‌های پوسچرال مثل راه‌رفتن بر خلاف تصور قبلی خودکار نیست و سازماندهی اطلاعات دریافتی از سیستم‌های حسی و به دنبال آن تولید پاسخ‌های حرکتی مناسب و نیز تعدیل استراتژی‌های مورد نیاز برای تطبیق موقعیت بدن نسبت به شرایط محیطی، نیازمند فعالیت سیستم‌های شناختی و توجه است [۱۰، ۱۱]. ظرفیت پردازش اطلاعات برای هر فرد محدود است و هر تکلیفی به بخشی از این ظرفیت پردازشی نیاز دارد. چنانچه دو تکلیف حسی‌حرکتی (مثل راه‌رفتن) و تکلیف شناختی به صورت هم‌زمان انجام شود و نیازمند بیش از کل ظرفیت باشد، تداخل ایجاد می‌شود و عملکرد یکی یا هر دو مختل خواهد شد [۱۰-۱۳]. عواملی مثل دشواری تکلیف شناختی، دشواری تکلیف پوسچرال و قابلیت‌های حسی‌حرکتی فرد می‌تواند تداخل ایجادشده در شرایط تکلیف دوگانه[5] را تحت تأثیر قرار دهد [۱۱].

مطالعات اندکی به بررسی تأثیر فعالیت شناختی بر کنترل پوسچرال افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخته‌اند. رهنما و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی ثبات پوسچر و با استفاده از سیستم ثبات بایودکس به این نتیجه رسیدند که انجام هم‌زمان تکلیف شناختی و کنترل پوسچر باعث کاهش ثبات پوسچرال می‌شود و این افراد با افزایش نیازهای توجهی کنترل تعادل استاتیک روبه‌رو هستند [۱۴]. شیروی (۲۰۱۲) با استفاده از صفحه نیرو گزارش کرد که اعمال تکلیف شناختی حین کنترل پوسچرال باعث کاهش نسبی جابه‌جایی مرکز فشار در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شود [۱۵]. برکال[6] (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای که در قالب تکلیف دوگانه با سه نوع فعالیت شناختی متفاوت و با استفاده از صفحه نیرو در بیماران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام داد هیچ تفاوت معناداری را از نظر میزان نوسان پوسچرال در مقایسه با گروه سالم گزارش نکرد [۱۶].

با وجود تفاوت در نتایج گزارش‌شده، این مطالعات قابل تعمیم به شرایط دینامیک راه‌رفتن به عنوان یکی از مهم‌ترین و پراستفاده‌ترین فعالیت‌های روزانه نیست. برخی محققان بر این باورند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا چنانچه در معرض انجام فعالیت‌های دینامیک با نیازمندی‌های متنوع و متغیر و با شبیه‌سازی موقعیت‌های خاص ورزشی قرار گیرند، کاهش سطوح عملکردی ناشی از اختلالات حسی‌حرکتی را بیش از پیش نشان می‌دهند [۱۷]. اگر افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در شرایط تکلیف دوگانه و در وضعیت راه‌رفتن قرار گیرند، با تغییر روند راه‌رفتن و افزایش خطر پیچ‌خوردگی مجدد روبه‌رو می‌شوند. سرعت راه‌رفتن، متغیرهای زمانی و مکانی حین راه‌رفتن و همچنین تغییرپذیری آن‌ها یا به عبارتی، میزان نوسان در الگوهای زمانی و مکانی راه‌رفتن، به عنوان معیار تعادل دینامیک و تداوم گام‌برداشتن حین راه‌رفتن مطرح است که برای تعیین هماهنگی و کنترل حسی‌حرکتی بدن حین راه‌رفتن استفاده می‌شود [۱۸، ۱۹]. تغییر در متغیرهای زمانی و مکانی حین راه‌رفتن و نوسان در میزان تغییرپذیری می‌تواند منعکس‌کننده نقص یا اختلال یک یا چند بخش از سیستم حسی‌حرکتی باشد [۱۷، ۲۰].

یکی از مهم‌ترین اهداف توانبخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا جلوگیری از آسیب مجدد مچ پاست. بدین منظور محیط تمرین‌درمانی برای این افراد به گونه‌ای طراحی

3. Standardized Mean Differences (MD)
4. Time to stabilization
5. Dual task
6. Burcal

می‌شود که با استفاده از فیدبک‌های متغیر حسی و اعمال تکالیف پوسچرال استاتیک و دینامیک، مهارت‌های حرکتی و پوسچرال افراد را افزایش دهد. توجه به این نکته ضروری است که بیشتر فعالیت‌های روزانه و ورزشی مستلزم انجام چند فعالیت شناختی و پوسچرال به صورت هم‌زمان است. با این وجود بر اساس دانش نویسندگان این مقاله اثر فعالیت شناختی بر تعادل حین راه‌رفتن در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بررسی نشده است. در همین راستا بررسی الگوهای زمانی، مکانی و حرکتی این افراد در شرایط تکلیف دوگانه ضروری به نظر می‌رسد. نتایج این مطالعه می‌تواند در تدوین استراتژی‌های مؤثر در برنامه جامع توانبخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا منظور شود.

## روش بررسی

در این مطالعه ابتدا ۶۵ فرد از میان مراکز ورزشی استان اصفهان و بر اساس پرونده‌های موجود در هیئت پزشکی ورزشی استان اصفهان انتخاب شدند. بنا بر گزارش خود افراد، آن‌ها به بی‌ثباتی مزمن مچ پا مبتلا بودند. همه افراد سابقه حداقل یک بار پیچ‌خوردگی شدید مچ پا در سه سال گذشته را داشتند که نیازمند حداقل سه روز بی‌حرکتی و اعمال وزن محافظتی بودند و همه افراد از عدم بازگشت به سطح عملکردی قبل از ضایعه شکایت داشتند. از میان این افراد، ۱۲ فرد آماده از نظر جسمانی انتخاب شدند که بر اساس معاینات بالینی و پرسش‌نامه بومی‌سازی‌شده سنجش توانایی پا و مچ پا[7] و پرسش‌نامه ورود به مطالعه به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مبتلا بودند [۲۱]. همچنین ۱۲ فرد آماده از نظر جسمانی و بدون سابقه پیچ‌خوردگی مچ پا به روش همتاسازی از نظر جنس، سن، قد و وزن با گروه مبتلا، به عنوان گروه کنترل انتخاب شدند.

برای مشخص‌کردن سطح ناتوانی فرد بر پایه گزارش فرد آسیب‌دیده از پرسش‌نامه سنجش توانایی پا و مچ پا استفاده شد که ۲۱ سؤال آن برای بررسی سطح فعالیت (مقیاس فعالیت روزانه) و ۸ سؤال آن برای بررسی سطح مشارکت (مقیاس فعالیت ورزشی) است. بر اساس بیانیه ائتلاف بین‌المللی مچ پا، افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا برای ورود به مطالعات باید در مقیاس فعالیت‌های روزانه نمره ۹۰ درصد یا کمتر و در مقیاس ورزشی پا نمره ی ۸۰ درصد یا کمتر کسب کنند [۲]. از تمام داوطلبان رضایت‌نامه کتبی گرفته شد. افراد در محدوده سنی ۱۸ تا ۳۵ سال قرار داشتند که به مدت حداقل ۳ روز در هفته فعالیت ورزشی داشتند.

نبود بی‌ثباتی مکانیکی در مفصل مچ پا با استفاده از آزمایش‌های ارتوپدی Anterior Drawer Test و Talar Tilt توسط یک فیزیوتراپیست مجرب ارزیابی شد (بر اساس معیار پنج درجه‌ای آزمون‌های مذکور، افراد باید نمره ۲ و ۳ را کسب کنند. نمره ۲: کم‌تحرکی، نمره ۳: تحرک معمولی) [۲۲]. سایر معیارهای ورود به مطالعه شامل بروز حداقل ۲ بار خالی‌شدن و یا پیچ‌خوردگی مفصل مچ پا در ۱۲ ماه اخیر همراه با احساس ضعف یا درد، کاهش عملکرد و بی‌ثباتی در مفصل مبتلا بود [۲].

آزمودنی‌ها نباید تاریخچه‌ای از شکستگی یا جراحی در اندام تحتانی داشته باشند. همچنین هر نوع بیماری یا آسیب عضلانی‌اسکلتی، مصرف داروهایی که منجر به تغییرات شناختی یا تعادلی شود، علائم حاد در زمان مطالعه، آسیب اندام تحتانی به جز خالی‌شدن یا پیچ‌خوردگی مچ پا و دریافت مداخلات توانبخشی در ۳ ماه آخر پیش از مطالعه منجر به خروج از مطالعه می‌شد [۲]. محل انجام آزمون‌ها مرکز تحقیقات عضلانی و اسکلتی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان بود که در فاصله زمانی سه ماهه بین ساعت ۸ تا ۱۱ صبح انجام شد.

برای ثبت اطلاعات زمانی و مکانی راه‌رفتن از هفت دوربین سه‌بعدی استفاده شد. فرکانس اندازه‌گیری دوربین‌ها روی ۱۰۰ هرتز تنظیم شد. دوازده مارکر از نوع مارکرهای آناتومیکی و ردیابی به پا و ساق پای افراد نصب شد. مارکرهای پوستی منفرد از نوع بازتابنده به سر متاتارس اول، دوم، پنجم، بخش خلفی استخوان کالکانئوس، مالئول داخلی و خارجی و اپیکندیل داخلی و خارجی نصب شد. کلاسترهای ساق پا متشکل از چهار مارکر ۱۴ میلی‌متری در بخش خارجی ساق پا نصب شد. آزمون اصلی در سه مرحله و با پنج تکرار و با ترتیب تصادفی و در فاصله ۱۰ متری انجام شد. در یک مرحله افراد با سرعت مطلوب و انتخابی خود و با نگاه‌کردن به روبه‌رو و به صورت پابرهنه راه رفتند. در مرحله دیگر از فرد خواسته شد هم‌زمان با راه‌رفتن از رقمی که به صورت تصادفی اعلام می‌شود (اعداد بین ۲۰۰ تا ۲۵۰؛ ارقامی که به ۰ یا ۷ ختم می‌شوند حذف شدند)، ۷ تا ۷ تا به عقب برگردند. در مرحله آخر تکلیف شناختی در حالت نشسته انجام شد.

پس از انتقال داده‌های خام کینماتیکی به نرم‌افزار Visual-3D (C-motion, USA)، هموارکردن داده‌های مربوط به مسیرهای حرکتی مارکرها با استفاده از فیلتر پایین‌گذر[8] و با فرکانس ۶ هرتز انجام شد. بعد از مدل‌سازی کینماتیکی قسمت‌های پا و ساق پا، متغیرهای مکانی و زمانی بررسی‌شده یعنی سرعت راه‌رفتن، زمان و طول قدم، زمان فاز استانس و سوئینگ محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. ضریب همبستگی درون‌گروهی[9] با استفاده از این نرم‌افزار محاسبه شد. با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک عادی‌بودن توزیع داده‌ها بررسی شد. برای مقایسه متغیرها قبل و بعد از تحمیل تکلیف شناختی از آزمون پارامتریک تی زوج و برای مقایسه نتایج بین گروه مبتلا و کنترل از آزمون تی مستقل استفاده شد. مقدار $P<0/05$ برای تعیین معناداربودن یافته‌ها از نظر آماری در نظر گرفته شد.

7. Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)

8. 4th Order butterworth low-pass
9. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)

**جدول ۱.** اطلاعات جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده (میانگین ± انحراف‌معیار)

| متغیر | گروه کنترل (CON) | گروه مبتلا (FAI) |
|---|---|---|
| جنس (زن، مرد) | ۷، ۵ | ۶، ۶ |
| سن (سال) | ۲۴/۱۶±۲/۴۰ | ۲۵/۴۱±۵/۳۷ |
| وزن (کیلوگرم) | ۶۶/۲۵±۱۲/۸۱ | ۶۴/۶۶±۱۳/۲۳ |
| قد (متر) | ۱/۷۵±۰/۰۹ | ۱/۷۱±۰/۱۲ |
| سنجش توانایی پا و مچ پا (مقیاس ورزشی) | ۱۰۰±۰/۰ | ۶۵/۳۷±۱۶/۱۹ |
| سنجش توانایی پا و مچ پا (مقیاس روزانه) | ۱۰۰±۰/۰ | ۸۰/۹۲±۷/۳۶ |
| فعالیت ورزشی (هفته/ ساعت) | ۸/۰۸±۴/۱۲ | ۹/۰۰±۵/۴۲ |
| خالی‌شدن مچ پا (سال/ تعداد) | ـــــ | ۷/۱۷±۳/۴۸ |

توانبخشی

## یافته‌ها

در جدول شماره ۱ اطلاعات جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده گزارش شده است. هیچ تفاوت قابل توجه آماری بین دو گروه از نظر میانگین سن (P=۰/۴۶)، قد (P=۰/۲۸)، وزن (P=۰/۷۶) و فعالیت فیزیکی (P=۰/۶۵) وجود نداشت.

### متغیرهای مکانی و زمانی

گروه مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در سرعت قدم کاهش معنادار و در زمان فاز استانس و سوئینگ و زمان قدم طی تکلیف دوگانه نسبت به تکلیف یگانه افزایش معناداری را نشان دادند (P<۰/۰۵). در گروه کنترل در شرایط تکلیف دوگانه در زمان فاز استانس در مقایسه با تکلیف یگانه افزایش معناداری مشاهده شد (P=۰/۰۲). به طورکلی بین دو گروه در این متغیرها تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول شماره ۲).

### تغییرپذیری

افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تغییرپذیری بیشتری را در هر دو حالت راه‌رفتن و متغیر زمان قدم نسبت به افراد گروه سالم نشان دادند (جدول شماره ۲).

## بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تحمیل تکلیف شناختی حین راه‌رفتن تغییرات قابل توجهی را در تکلیف راه‌رفتن ایجاد می‌کند. به نظر می‌رسد عملکرد حرکتی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته است، به‌طوری‌که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در شرایط تکلیف دوگانه با سرعت کمتر و به دنبال آن با افزایش معنی‌دار زمان قدم نسبت به شرایط بدون اعمال تکلیف شناختی راه رفتند. بر اساس مطالعه مروری سیستماتیک در سال ۲۰۱۱ تغییراتی که درنتیجه اعمال تکلیف شناختی در سرعت راه‌رفتن ایجاد می‌شود می‌تواند با حساسیت بالا بین افراد سالم و بیماران نورولوژیکی تمییز قائل شود و نشان‌دهنده تداخل بین دو تکلیفی است که به توجه مرکزی نیاز دارند [۲۳]. همچنین افراد مبتلا در وضعیت تکلیف دوگانه زمان بیشتری را در فاز سوئینگ سپری کردند. ۱۰ درصد پایانی فاز سوئینگ و ۱۰ درصد آغازین فاز استانس به عنوان بازه زمانی

**جدول ۲.** مقایسه متغیرهای راه‌رفتن در دو حالت تکلیف یگانه و دوگانه (انحراف‌معیار ± میانگین)

| متغیر | گروه کنترل (CON) | | گروه مبتلا (FAI) | | سطح معناداری (P*) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | بدون تکلیف شناختی (ST) | همراه تکلیف شناختی (DT) | بدون تکلیف شناختی (ST) | همراه تکلیف شناختی (DT) | CST/ FST | CDT/ FDT | CST/ CDT | FST/ FDT |
| زمان فاز استانس (ms) | ۶۸/۰۸±۹/۸۷ | ۷۵/۶۴±۱۴/۴۵ | ۶۶/۴۲±۴/۴۸ | ۷۱/۱۷±۵/۲۳ | ۰/۶۰ | ۰/۳۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۴ |
| زمان فاز سوئینگ (ms) | ۴۴/۸۴±۶/۴۹ | ۴۵/۵۰±۵/۹۱ | ۴۰/۲۷±۲/۱۸ | ۴۲/۸۴±۲/۸۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۷ | ۰/۴۸ | ۰/۰۱ |
| زمان قدم (ms) | ۵۵/۹۲±۶/۴۱ | ۶۰/۳۳±۱۰/۰۸ | ۵۲/۹۳±۲/۵۰ | ۵۷/۷۲±۴/۸۹ | ۰/۱۵ | ۰/۴۲ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ |
| طول قدم (mm) | ۶۲۶/۵۱±۳۱/۲۶ | ۶۲۸/۹۴±۳۸/۳۱ | ۶۱۶/۴۰±۷۴/۰۵ | ۶۱۸/۰۳±۶۹/۸۱ | ۰/۶۷ | ۰/۶۴ | ۰/۷۸ | ۰/۹۱ |
| سرعت (m/s) | ۱/۱۳±۰/۱۲ | ۱/۰۷±۰/۱۷ | ۱/۱۷±۰/۱۶ | ۱/۰۸±۰/۱۷ | ۰/۵۵ | ۰/۸۴ | ۰/۱۳ | ۰/۰۴ |
| تغییرپذیری زمان قدم (ICC) | ۰/۹۷۷ | ۰/۹۷۸ | ۰/۳۴۶ | ۰/۷۶۱ | – | – | – | – |

توانبخشی

ST: Single Task; DT: Dual Task; CST(DT): Control Single (Dual) Task; FST(DT): FAI Single (Dual) Task; (P<۰/۰۵)

مهم در افراد مبتلا به بی ثباتی مچ پا مطرح است؛ چرا که بیشتر پیچ‌خوردگی‌های مچ پا در این بازه زمانی اتفاق می‌افتد [۲۴].

مطالعات نشان می‌دهد انتخاب اطلاعات حسی مختلف توسط سیستم اعصاب مرکزی نیازمند توجه است و افزایش قابلیت حسی حرکتی فرد (به طور مثال در افراد ژیمناست) یا کاهش آن (به طور مثال در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا) این فرایند را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۱، ۲۵]. با استناد به نتایج مطالعه حاضر، این احتمال وجود دارد که افراد مبتلا به بی ثباتی مچ پا با دشوارشدن تکلیف راه‌رفتن مدت زمان بیشتری را در مرحله فاز سوئینگ راه‌رفتن صرف کنند تا با تأمین اطلاعات حسی مناسب، مچ پا را در وضعیت مناسبی در مرحله فاز استانس روی زمین قرار دهند. مجموعه این نتایج می‌تواند بیانگر افزایش نیازهای توجهی راه‌رفتن در افراد مبتلا باشد.

در مطالعه حاضر افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تغییرپذیری بیشتری را هنگام راه‌رفتن با سرعت عادی نسبت به افراد سالم نشان می‌دهند. طبق مطالعاتی که تغییرپذیری حرکت مچ پا را طی فعالیت‌های دینامیک بررسی کرده‌اند، افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تغییرپذیری بیشتری در حرکت مچ پا در صفحه فرونتال طی حرکت توقف و پرش نشان دادند. بر اساس مطالعه کیپ[10] که در سال ۲۰۱۲ انجام شد، افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا تغییرپذیری بیشتری در حرکات صفحه فرونتال و ساجیتال مفصل مچ پا طی فرودآمدن روی یک پا نشان می‌دهند [۲۶]. زمانی که سیستم حرکتی عملکرد مطلوب خود را ایفا کند منجر به حرکت هماهنگ اندام‌ها خواهد شد و چنانچه فرد در معرض فعالیت نسبتاً یکسان و شرایط محیطی پایداری قرار گیرد، بخش‌های کینماتیک، کینتیک و فعالیت عضلات مربوط به حرکت از گامی به گام بعد تا حدودی پایدار و ثابت خواهد بود.

در سیستم‌های بیولوژیکی تغییرپذیری کمتر از حد مطلوب نشان‌دهنده سفتی[11] و غیرقابل انعطاف بودن سیستم و تغییرپذیری بیشتر از حد مطلوب نشان‌دهنده بی‌ثباتی سیستم است. هر دو حالت به معنی ناتوانی سازش با اغتشاشات احتمالی محیط است. درصورتی‌که میزان تغییرپذیری از محدوده طبیعی خود خارج شود، سیستم حرکتی در ایجاد پاسخ مناسب در موقعیت‌های مختلف با مشکل مواجه می‌شود [۲۷، ۲۸]. گزارش شده است که افزایش تغییرپذیری، احتمال افتادن در افراد مسن و افراد مبتلا به اختلالات نورولوژیکی (مثل پارکینسون و آلزایمر) را افزایش می‌دهد [۲۹]. بر اساس نتایج مطالعه حاضر تغییرپذیری زیاد زمان قدم نشان می‌دهد افراد مبتلا الگوی هماهنگی را طی راه‌رفتن و از گامی به گام بعد نشان نمی‌دهند. این در حالی است که دو گروه کنترل و مبتلا وقتی با تغییر شرایط راه‌رفتن، یعنی با چالش تکلیف دوگانه روبه‌رو شدند استراتژی متفاوتی را از نظر تغییرپذیری زمان قدم نشان دادند.

گروه مبتلا با اعمال تکلیف شناختی کاهش تغییرپذیری زمان قدم را نشان داد. ممکن است افراد مبتلا سعی کنند نوعی استراتژی حرکتی انتخاب کنند که خطر آسیب مجدد را در شرایط چالش‌انگیز کاهش دهد، اما با وجود اینکه سیستم کنترل حرکتی تا حدودی در بهبود تعادل حین راه‌رفتن موفق عمل کرده است میزان تغییرپذیری در شرایط تکلیف دوگانه همچنان از محدوده طبیعی گروه کنترل بیشتر است. این امر می‌تواند نشان‌دهنده تعادل دینامیک کمتر در این افراد باشد؛ چه در شرایط راه‌رفتن عادی و چه در شرایطی که با تکلیف شناختی هم‌زمان با راه‌رفتن روبه‌رو می شوند. البته این امر نشان‌دهنده کاهش توانایی افراد برای به‌کاربردن یک الگوی حرکتی پایدار طی انجام چند تکرار محدود از یک فعالیت حرکتی ایمن و ساده و در محیطی با شرایط نسبتاً ثابت است. مجموعه این نتایج می‌تواند خطر انتخاب استراتژی حرکتی نامناسب و پیچ‌خوردگی مجدد را در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا افزایش دهد.

متأسفانه مطالعات اندکی اثر اعمال تکلیف شناختی حین راه‌رفتن و در بیماران مبتلا به اختلالات عضلانی‌اسکلتی را بررسی کرده‌اند و مقایسه نتایج با سایر مطالعات امکان‌پذیر نیست. محمودیان و همکاران در سال ۲۰۰۶ گزارش کردند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در مواجهه با تکلیف شناختی با افزایش طول گام روبه‌رو می‌شوند. این مطالعه در شرایط سرعت ثابت و روی تردمیل انجام شد که با روش انجام مطالعه حاضر متفاوت است[۳۰]. مقدم و همکاران در سال ۲۰۱۴ با مطالعه‌ای که روی افراد مبتلا به اختلال رباط صلیبی قدامی زانو انجام دادند هیچ تغییر معنی‌داری را در وضعیت تکلیف دوگانه و در تغییرپذیری زمان قدم و طول قدم بین گروه سالم و بیمار گزارش نکردند [۳۱]. توانبخشی مبتلایان به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا علاوه بر ارتقای توانایی‌های اساسی پوسچرال باید با درنظرگرفتن ظرفیت محدود سیستم اعصاب مرکزی برای انجام هم‌زمان چند فعالیت حرکتی و شناختی، بر کاهش وابستگی این افراد به پردازش آگاهانه اطلاعات نیز تمرکز کند.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از بررسی حاضر مشخص شد افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در وضعیت تکلیف دوگانه زمان بیشتری را در فاز سوئینگ سپری کرده‌اند و ثبات دینامیک کمتری در هر دو حالت تکلیف یگانه و دوگانه نسبت به افراد سالم دارند. از محدودیت‌هایی که بیشتر مطالعات آزمایشگاهی با آن روبه‌رو هستند، حجم کم نمونه و تعداد زیاد متغیرهاست که به خاطر نبود اطلاعات قبلی، حجم نمونه مطالعه حاضر بر اساس تعداد افراد موجود و در دسترس و در دوره زمانی محدود به دست آمد

10. Kipp
11. Stiffness

و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد تا تفاوت‌های موجود بین دو گروه از نظر کلینیکی و نه فقط از نظر آماری مشخص شود. از طرفی روش اندازه‌گیری تغییرپذیری که در محیط آزمایشگاهی و کنترل‌شده و در مسیر ۱۰ متری صورت گرفته است از دیگر محدودیت‌های مطالعه حاضر محسوب می‌شود.

در مطالعه حاضر از فعالیت راه‌رفتن استفاده شد که در مقایسه با موقعیت‌های خاص ورزشی چالش کمتری دارد. افراد در وضعیت فرودآمدن بعد از پرش با احتمال بیشتر پیچ‌خوردگی مچ پا روبه‌رو هستند و این احتمال وجود دارد که استراتژی حرکتی انتخاب‌شده در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در مواجهه با فعالیت‌های چالش‌انگیز که نیازمند پردازش سریع اطلاعات شناختی و حرکتی است و یا در فعالیت‌های روزانه که مستلزم انجام چند تکلیف به صورت هم‌زمان است، تفاوت بیشتری را نسبت به افراد سالم نشان دهد. از سوی دیگر در این مطالعه از آزمایش‌های بالینی ارزیابی بی‌ثباتی مکانیکی و گزارش خود افراد به عنوان معیار ورود به مطالعه استفاده شد که احتمال خطای بیشتری نسبت به روش‌های استرس رادیوگرافی و یا اندازه‌گیری‌های آرترومتری دارد. استفاده از این روش‌ها برای شناسایی دقیق افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا و بررسی تغییرات دینامیک این افراد پیشنهاد می‌شود.

همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از فعالیت‌های حرکتی چالش‌انگیز و انواع تکالیف دوگانه با حجم نمونه بیشتر برای بررسی اثرات متقابل ثبات دینامیک و شناخت و افزایش قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج استفاده شود. همچنین ارزیابی‌های الکترومیوگرافیک برای بررسی الگوهای عضلانی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در مقایسه با افراد سالم و افراد مبتلا به بی‌ثباتی مکانیکی طی تکالیف دوگانه و چندگانه ضروری به نظر می‌رسد.

## تشکر و قدردانی

این پروژه با بودجه تحقیقاتی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان (شماره طرح: ۱۹۲۰۳۲) و همکاری هیئت پزشکی ورزشی استان اصفهان انجام شد. نویسندگان مراتب قدردانی خود را اعلام می‌کنند.

## References

[1] Anandacoomarasamy A. Long term outcomes of inversion ankle injuries: Commentary. British Journal of Sports Medicine. BMJ; 2005; 39(3):14. doi: 10.1136/bjsm.2004.011676

[2] 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: Table 1. British Journal of Sports Medicine. BMJ; 2013; 48(13):1014–8. doi: 10.1136/bjsports-2013-093175

[3] Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: A systematic review with meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010; 13(1):2–12. doi: 10.1016/j.jsams.2009.03.004

[4] Kazemi K, Abdollahi I, Arab A. Evaluation of the electromyographic activity of distal and proximal muscles of the lower extremity after ankle sprain (Review article). Physical Treatments. 2013; 3(3):46-52

[5] Gutierrez GM, Knight CA, Swanik CB, Royer T, Manal K, Caulfield B, et al. Examining neuromuscular control during landings on a supinating platform in persons with and without ankle instability. The American Journal of Sports Medicine. 2011; 40(1):193–201. doi: 10.1177/0363546511422323

[6] Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. Clinics in Sports Medicine. 2008; 27(3):353–70. doi: 10.1016/j.csm.2008.03.006

[7] Brown C. Foot Clearance in walking and running in individuals with ankle instability. American Journal of Sports Medicine. 2011; 39(8):1769–77. doi: 10.1177/0363546511408872

[8] Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional instability of the ankle joint. The American Journal of Sports Medicine. 2006; 34(12):1970–6. doi: 10.1177/0363546506290989

[9] Herb CC, Chinn L, Dicharry J, McKeon PO, Hart JM, Hertel J. Shank-rearfoot joint coupling with chronic ankle instability. Journal of Applied Biomechanics. Human Kinetics; 2014; 30(3):366-72. doi: 10.1123/jab.2013-0085

[10] Abbud GAC, Li KZH, DeMont RG. Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. Gait & Posture. 2009; 30(2):227-32. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.05.013

[11] Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, Lindenberger U. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. Brain Research Bulletin. 2006; 69(3):294-305. doi: 10.1016/j.brainresbull.2006.01.002

[12] Hayati M, Ashayeri H, Salavati M, Saraf-Zadeh J, Keyhani M R. [Comparison of postural stubility and auditory short- term memory task interference between patients with functional ankle instability and healthy individuals (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2010; 11(1):34-9

[13] Soltani M, Negahban H, Mehravar M, Tajali S, Hessam M. The effect of dual tasking on the lower extremity kinematics during locomotion in patients with anterior cruciate ligament injury. Physical Treatments. 2013; 3(1):56-66.

[14] Rahnama L, Akhbari B, Salavati M, Kazem-Nezhad A. [Comparison of attentional demands of postural control between athletes wieh functional ankle instability and healthy athletes (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2008; 9(3-4):38-42.

[15] Shiravi Z, Talebian S, Hadian M, Oliaie G. Effect of cognitive task on postural control of the patients with chronic ankle sprain. Journal of Foot and Ankle Research. 2012; 5(Suppl 1):24. doi: 10.1186/1757-1146-5-s1-p24

[16] Burcal CJ, Wikstrom EA. Cognitive loading-induced sway alterations are similar in those with chronic ankle instability and uninjured controls. Gait & Posture. 2016; 48:95–8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.05.004

[17] Terada M, Bowker S, Thomas AC, Pietrosimone B, Hiller CE, Rice MS, et al. Alterations in stride-to-stride variability during walking in individuals with chronic ankle instability. Human Movement Science. 2015; 40:154-62. doi: 10.1016/j.humov.2014.12.004

[18] Springer S, Giladi N, Peretz C, Yogev G, Simon ES, Hausdorff JM. Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function. Movement Disorders. 2006; 21(7):950–7. doi: 10.1002/mds.20848

[19] Menant J, Steele J, Menz H, Munro B, Lord S. Step time variability and pelvis acceleration patterns of younger and older adults: effects of footwear and surface conditions. Research in Sports Medicine. 2011; 19(1):28–41. doi: 10.1080/15438627.2011.534968

[20] Hausdorff JM. Gait dynamics, fractals and falls: Finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. Human Movement Science. 2007; 26(4):555–89. doi: 10.1016/j.humov.2007.05.003

[21] Mazaheri M, Salavati M, Negahban H, Sohani SM, Taghizadeh F, Feizi A, et al. Reliability and validity of the Persian version of Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) to measure functional limitations in patients with foot and ankle disorders. Osteoarthritis and Cartilage. 2010; 18(6):755–9. doi: 10.1016/j.joca.2010.03.006

[22] Ryan L. Mechanical stability, muscle strength and proprioception in the functionally unstable ankle. Australian Journal of Physiotherapy. 1994; 40(1):41–7. doi: 10.1016/s0004-9514(14)60453-0

[23] Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2011; 35(3):715–28. doi: 10.1016/j.neubiorev.2010.08.008

[24] Drewes LK, McKeon PO, Paolini G, Riley P, Kerrigan DC, Ingersoll CD, et al. Altered ankle kinematics and shank-rearfoot coupling in those with chronic ankle instability. Journal of Sport Rehabilitation. Human Kinetics; 2009; 18(3):375–88. doi: 10.1123/jsr.18.3.375

[25] Vuillerme N, Nougier V. Attentional demand for regulating postural sway: The effect of expertise in gymnastics. Brain Research Bulletin. 2004; 63(2):161–5. doi: 10.1016/j.brainresbull.2004.02.006

[26] Kipp K, Palmieri-Smith RM. Principal component based analysis of biomechanical inter-trial variability in individuals with

chronic ankle instability. Clinical Biomechanics. 2012; 27(7):706–10. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2012.02.005

[27] Davids K, Glazier P, Arajo D, Bartlett R. Movement systems as dynamical systems. Sports Medicine. 2003; 33(4):245–60. doi: 10.2165/00007256-200333040-00001

[28] Stergiou N, Harbourne RT, Cavanaugh JT. Optimal movement variability. Journal of Neurologic Physical Therapy. 2006; 30(3):120–9. doi: 10.1097/01.npt.0000281949.48193.d9

[29] Hausdorff JM. Gait variability: Methods, modeling and meaning. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2005; 2(1):19. doi: 10.1186/1743-0003-2-19

[30] Mahmoudian A, Akhbari B, Salavati M. [Attentional demands of walking in athletes with and without functional ankle instability (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2010; 10(4):40-5.

[31] Nazary-Moghadam S, Akhbari B, Esteki A, Salavati M, Keyhani S, Zeinalzadeh A. Effect of dual-tasking on variability of spatiotemporal parameters in subjects with and without anterior cruciate ligament deficiency using linear dynamics. Physical Treatments. 2015; 4(4):213-220.