

The Effect of Electrical Muscle Stimulation System on Gait and Balance Patterns in Male Athletes

Rafiei A (Ph.D. Candidate)^{1*}, Sadeghi M (Ph.D.)², Esmaeili H (Ph.D.)³

¹Ph.D. Student, Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Caspian International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

²Associate Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

³Associate Professor, Department of Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Introduction: The path of the center of pressure while walking reflects the general mechanics of the body. Also, the electrical stimulation system triggers movement units, including the lower limbs. The present study investigated the effect of the electrical stimulation system on gait and balance patterns in young athletes.

Methods: This research is applied and semi-experimental. In this study, 15 male athletes were selected by convenience sampling. The present study was performed in February 1400 at Shahriar Health Club. Participants were asked to walk at a self-selected speed. In the middle of the walking path, a foot-scanning device was placed, which recorded information about the path of the center of pressure, the relative duration of the stance phases, and the forward angle in both positions with and without the muscle stimulation vest. After checking the normality of the data using the Shapiro-Wilk test, paired sample t-test was used to analyze the data.

Results: The results showed that the electrical muscle stimulation system had a favorable effect on the gait pattern of athletes compared to those without a vest. Electrical stimulation led to a slight increase in pressure center oscillations and improved displacement of pressure fluctuations ($p=0.001$) in the vest mode, which showed the effectiveness of this method.

Conclusion: The results of the present study showed that strengthening the muscles of the lower extremities by the electrical muscle stimulation system had favorable effects on athletes' gait pattern and foot pressure fluctuations.

Keywords: Center of Pressure, Electrical Stimulation, Gait, Walking

Sadra Med Sci J 2023; 11(1): 55-64.

Received: Jul. 24th, 2022

Accepted: Feb. 4th, 2023

* Corresponding Author: **Rafiei AH**. Ph.D. Student, Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Caspian International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran, sadra.rafiel@yahoo.com

مجله علوم پزشکی صدرا

دوره ۱۱، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۵۵ تا ۶۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵

مقاله پژوهشی
(Original Article)

تأثیر سیستم تحریک الکتریکی عضلانی بر الگوی راه رفتن و تعادل در مردان ورزشکار

امیرحسین رفیعی^{۱*}، مرتضی صادقی^۲، حامد اسماعیلی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، پردیس بین الملل کاسپین، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۲ استادیار آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
^۳ استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

مقدمه: مسیر مرکز فشار حین راه رفتن منعکس کننده مکانیک کلی بدن است همچنین سیستم تحریک الکتریکی باعث فراخوانی واحدهای حرکتی از جمله در اندام تحتانی می شود. مطالعه حاضر تأثیر سیستم تحریک الکتریکی بر الگوی راه رفتن و تعادل در ورزشکاران مرد بود.

روش ها: این پژوهش از نوع کاربردی و نیمه تجربی است. در این تحقیق ۱۵ نفر ورزشکار مرد در دسترس انتخاب شدند. مطالعه حاضر بهمن ماه ۱۴۰۰ در باشگاه تندرستی شهریار در شهر اصفهان انجام گرفت. از شرکت کنندگان خواسته شد تا با سرعت خودانتخابی مسیر راه رفتن را طی کنند. وسط مسیر، یک دستگاه فوت اسکن قرار داده شده بود که اطلاعات مربوط به مسیر مرکز فشار، مدت زمان نسبی فازهای استانس و زاویه پیش روی در دو حالت با جلیقه و بدون جلیقه تحریک عضلانی را ثبت می کرد. پس از بررسی نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک از آزمون تی زوجی برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد.

یافته ها: یافته ها نشان داد که سیستم تحریک الکتریکی عضلانی تأثیر مطلوبی روی الگوی راه رفتن ورزشکاران در مقایسه با حالت بدون جلیقه داشته است. تحریک الکتریکی منجر به افزایش کمی نوسانات مرکز فشار و بهبود میزان جابه جایی نوسانات فشار ($p=0/001$) در حالت با جلیقه شده است که نشان دهنده اثربخشی این روش بود.

نتیجه گیری: نتایج تحقیق حاضر حاکی است که تقویت عضلات اندام تحتانی توسط سیستم تحریک الکتریکی عضلانی تأثیرات مطلوبی بر الگوی راه رفتن و نوسانات فشار کف پای ورزشکاران دارد.

واژگان کلیدی: مرکز فشار، تحریک الکتریکی، گام برداشتن، راه رفتن

* نویسنده مسئول: امیرحسین رفیعی، دانشجوی دکتری، آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، پردیس بین الملل کاسپین، دانشگاه تهران، تهران، ایران، sadra.rafeei@yahoo.com

مقدمه

در طول راه رفتن فرد توسط اندام تحتانی خود از یک مکان به مکان دیگر می‌رود که این چرخه را گیت می‌شناسند. الگوی مداومی که با برخورد پاشنه یک پا با زمین آغاز و سپس با برخورد مجدد پاشنه همان پا با زمین کامل می‌شود (۱). امروزه شغل‌هایی که راه رفتن و ایستادن‌های طولانی دارد و خصوصاً نیروهای وارده حاصل از اندام‌های درگیر که گاهی اوقات به چندین برابر وزن بدن می‌رسند، می‌توانند در ناحیه پا و مچ پا اثرات منفی بر جای بگذارند (۲).

یکی از مواردی که نشان دهنده عملکرد دینامیک پا حین حرکت است بررسی مسیر مرکز فشار است. مرکز فشار نیروی لحظه‌ای وارد بر سطح کف پا است که مؤلفه‌ای از نیروی عکس‌العمل عمودی وارد بر سطح پا است (۳).

مسیر مرکز فشار توسط یک سری از مختصات لحظه‌ای تشکیل می‌شود که از سمت عقب پا به جلوی پا حرکت می‌کند. به‌طور کلی، حین راه رفتن مسیر مرکز فشار از سمت پاشنه به سمت جلوی پا در راستای قدامی-خلفی است. یکی از ویژگی‌های اصلی در مطالعه مرکز فشار حین راه رفتن، انحرافات این متغیر در راستای داخلی-خارجی است و مرکز فشار در این راستا منعکس کننده عملکرد دینامیکی کلی بدن حین راه رفتن است (۴).

برای حفظ عملکرد بهینه در راه رفتن عوامل زیادی دخیل هستند که در این بین عضلات تنه عملکرد ویژه‌ای دارند. عضلات تنه برای ایجاد تعادل کل بدن به‌عنوان یک پایه در نظر گرفته می‌شود و چنین تصور می‌شود که سیستم عصبی عضلانی از طریق هم انقباضی عضلات تنه فعالیت می‌کند تا پایداری مناسبی برای ستون فقرات در وضعیت‌های مختلف ایجاد کند همچنین، این گروه از عضلات به حرکات بازوها و پا حین حرکت و دیگر فعالیت‌های بدنی کمک می‌کنند و با تغییر در بخش‌هایی از اجرای تکلیف، فعالیتشان را تعدیل می‌کنند (۵).

یکی از روش‌های مکمل تمرینی، روش استفاده از سیستم تحریک الکتریکی عضلانی EMS است که در کنار

تمرینات ارادی و با جلیقه انجام می‌شود و موجب فراخوانی حداکثری واحدهای عضلانی می‌گردد. مطالعات عنوان کردند که تمرینات EMS^۱ موجب افزایش توده عضلانی و کاهش درصد چربی می‌شود. همچنین نتایج سایر تحقیقات حاکی از اثربخشی این سبک تمرینات در بهبود عملکرد قلبی در افراد سالم و بیمار است. تحریک الکتریکی عضلات سال‌هاست که به‌عنوان روشی برای توان‌بخشی ماهیچه‌ها پس از آسیب یا عمل جراحی به کار می‌رود. از این روش در اوایل دهه ۱۹۶۰ برای جلوگیری از آتروفی ناشی از ماهیچه‌های اسکلتی استفاده می‌شد. تحریک الکتریکی ماهیچه‌ها یک روش جایگزین برای القای انقباض عضلانی است. در نتیجه جانشینی برای فعالیت فیزیکی معمول محسوب می‌شود و در دوره‌های آسیب عضلانی نیز می‌تواند مفید واقع شود (۶). از مزایای استفاده از این جلیقه این است که می‌توان از آن برای افرادی که در فعال‌سازی ماهیچه‌ها مشکل دارند یا دارای اختلال هستند نیز استفاده کرد (۷). همچنین این روش مداخلات EMS روی اندام عضلات تحتانی در افراد مسن و حفظ تعادل (ایستادن تک پا) را بهبود می‌بخشد و علاوه بر این، عضلات درونی کف پا را نیز برای عملکرد تعادل تقویت می‌کند و نیز تقویت عضلات اندام فوقانی و تحتانی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در حفظ مکانیک راه رفتن داشته باشد (۸ و ۹).

مطالعه حاضر بر آن است تا با ایجاد جریان الکتریکی در عضلات اندام تحتانی، بهبود تعادل در راه رفتن را بررسی کند. اثر مرکز فشار و زاویه پیشروی حین راه رفتن می‌تواند در گام برداشتن صحیح پاها و پخش مرکز فشار پایی مفید باشد و دیدگاهی جدید در بررسی عوامل تأثیرگذار در الگوی بهینه راه رفتن ایجاد کند. هدف از مطالعه حاضر تأثیر سیستم تحریک الکتریکی عضلانی بر الگوی راه رفتن و تعادل مردان ورزشکار است.

^۱ Electrical Muscle Stimulation

روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی و بیش تجربی است. این پژوهش در شهر اصفهان در بهمن‌ماه ۱۴۰۰ واقع در آکادمی شهریار انجام گرفت. آزمودنی‌های رشته تناسب‌اندام به‌صورت در دسترس (غیر تصادفی) از این باشگاه انتخاب شدند.

۱- حجم نمونه

انتخاب نمونه‌ها بر اساس معادله تعیین حجم نمونه با نرم‌افزار G-POWER انجام شد و حجم نمونه ۱۵ نفر با میانگین سنی (۲۴ ± ۲/۱) سال، وزن (۷۸ ± ۵/۶) کیلوگرم و قد (۱۸۰ ± ۴/۵) سانتی‌متر به‌صورت در دسترس انتخاب شدند و بعد از سنجش سلامت جسمانی از آن‌ها رضایت‌نامه شرکت در آزمون گرفته شد. در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی تهران در نظر گرفته شد و کد اخلاق SSRI.REC-2207-1756 دریافت گردید. همچنین همه شرکت‌کنندگان در جریان روند پژوهش قرار گرفتند و اطلاعات آن‌ها نیز محرمانه نگه داشته شد.

۲- معیارهای ورود و خروج

پس از بررسی تاریخچه پزشکی، معیار ورود آزمودنی‌ها شامل اجرای صحیح الگوی راه رفتن، ساختار اسکلتی سالم، نداشتن چرخش لگن یا کوتاهی اندام تحتانی، عدم وجود مشکلات ارتوپدی در اندام تحتانی و سابقه شکستگی در استخوان کف پا یا مچ بود. شرکت‌کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند.

۳- روند پژوهش

برای آشنایی با شرایط آزمون، از شرکت‌کنندگان خواسته شد مسیر ۱۰ متری راه رفتن را چندین بار طی کنند. سپس، از هر آزمودنی خواسته شد مسیر راه رفتن را حداقل سه بار با سرعت خودانتخابی در وضعیت پابرنه

طی کنند تا الگوی فشار کف پایی استانس آن‌ها ثبت شود. سپس آزمودنی‌ها به اجرای پروتکل پوشیدن جلیقه EMS پرداختند و دوباره وضعیت راه رفتن آن‌ها بررسی شد. برای ثبت داده‌های فشار کف پایی از دستگاه Foot scan (Rs Scan International, Belgium, 578*418, 4096 sensors, 253 Hz) استفاده شد که به‌طور واضح در وسط مسیر قرار داده شده بود. این دستگاه از قدرت پردازش کامل نوسانات اندام تحتانی (کف پاها) در راه رفتن و یا حتی در حالت ایستا برخوردار است و می‌تواند اطلاعات دقیقی از فازهای مختلف راه رفتن و همچنین تقسیمات فشار کف پایی به‌صورت داده و تصاویر کاربردی به پژوهشگر نشان دهد. از آزمودنی‌ها خواسته شده بود حین راه رفتن پای برتر خود را بدون هیچ‌گونه کنترل ارادی و تنظیم در راه رفتن، روی دستگاه قرار دهند تا اختلالی در فرایند راه رفتن ایجاد نشود. برای تحلیل داده‌های دستگاه فوت اسکن از نرم‌افزار Foot scan 7 Gait 2nd Generation استفاده شد (شکل ۲). درصد زمانی نسبی فرایند over-roll، مسیر مرکز فشار در راستای داخلی-خارجی در فازهای چهارگانه فرایند over-roll و زاویه پیشروی پا حین راه رفتن محاسبه و تحلیل شد. برای به دست آوردن زاویه پیشروی، زاویه بین راستای حرکت فرد و محور طولی پا (خطی که از بین قسمت‌های داخلی و خارجی پاشنه تا سر متاتارسال دوم عبور می‌کند) با استفاده از نرم‌افزار فوت اسکن گیت ۷ محاسبه شد (شکل ۱ الف) (۱۰).

نرم‌افزار به‌صورت خودکار پنج لحظه فرایند over-roll را مشخص می‌کند:

۱- اولین تماس پا (اولین لحظه‌ای که پا با صفحه فشار تماس برقرار می‌کند)؛

۲- تماس اولین متاتارسال (لحظه‌ای که یکی از متاتارسال‌ها با صفحه فشار تماس پیدا می‌کند)؛

۳- صاف شدن جلوی پا (اولین لحظه‌ای که تمام متاتارسال‌ها با صفحه فشار تماس پیدا می‌کند)؛

اعداد منفی به معنای خارجی بودن مرکز فشار نسبت به محور طولی پا در نظر گرفته شد. برای هر آزمودنی میانگین شش تلاش صحیح ثبت و در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در نظر گرفته شد.

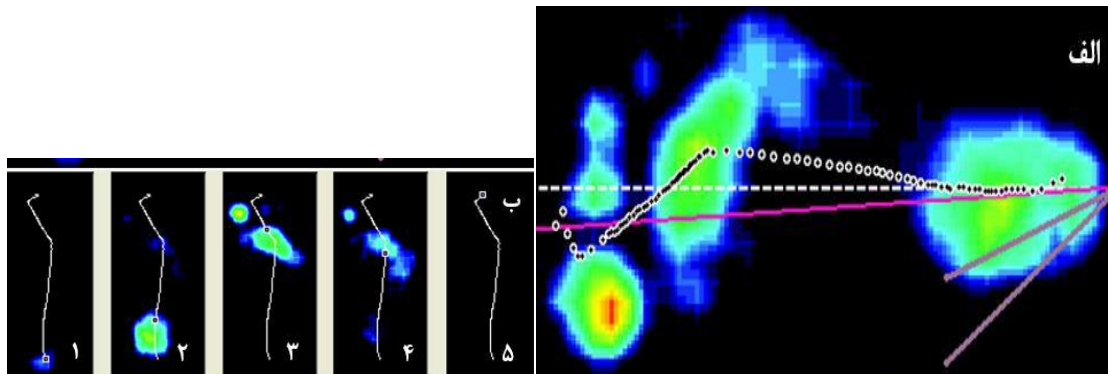
آزمودنی‌ها برای گرم شدن، به مدت ۵ دقیقه از پالس هوازی با انجام حرکات ساده و ریتمیک بهره گرفتند، سپس پدها مرطوب و به‌صورت جداگانه به آزمودنی‌ها متصل گردید و از آن‌ها خواسته شد در حالت انقباض عضلانی (حالت اسکوات به همراه انقباض عضلات) قرار بگیرند. به هر آزمودنی پالس با شدت کم فرستاده شد و قرار بر این شد که هرگاه متوجه پالس و ویبره شدند آزمونگر را مطلع کنند. بعد از آن شدت پالس‌ها تا جایی بالا رفت که آزمودنی تحمل داشته باشد. این کار برای گروه‌های عضلانی اندام تحتانی انتخاب گردید. (۱۱).

۴- جدا شدن پاشنه (لحظه‌ای که تماس پاشنه با صفحه فشار تمام می‌شود)
۵- آخرین تماس پا با دستگاه (آخرین تماس پا با صفحه) (۱۰).

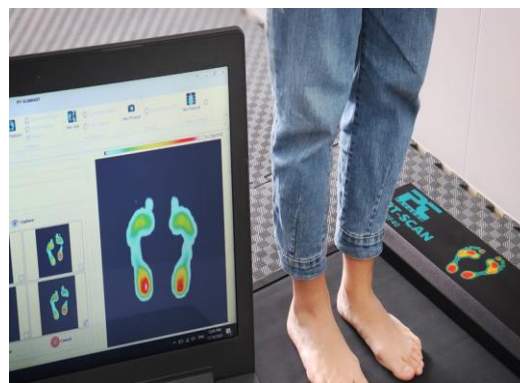
بین این پنج نقطه، چهار فاز کلیدی مشخص می‌شوند:

۱- تماس اولیه (بین تماس اولیه پا و تماس اولین متاتارسال)، ۲- فاز تماس جلوی پا (بین تماس اولین متاتارسال تا صاف شدن جلوی پا)، ۳- فاز صاف شدن پا (بین صاف شدن جلوی پا تا جدا شدن پاشنه) و ۴- فاز پوش‌آف جلوی پا (بین صاف شدن جلوی پا تا تماس انتهایی پا) (شکل ۱ ب). (۱۰)

شرکت‌کنندگان همراه با جلیقه مخصوص در حال تنظیم شدن مازول با مانیتور دستگاه هستند. (شکل ۲). در ارتباط با داده‌های مربوط به مرکز فشار، اعداد مثبت به معنای داخلی بودن مرکز فشار نسبت به محور طولی پا و



شکل ۱. الف) خط نقطه‌چین: مسیر مرکز فشار، خط قرمز: محور طولی پا، خط‌چین سفید: راستای حرکت. زاویه بین محور طولی پا و راستای حرکت به‌عنوان زاویه پیشروی در نظر گرفته شده است. ب) پنج لحظه مشخص فرایند roll-over: ۱- تماس اولیه پا ۲- تماس اولین متاتارسال ۳- تماس تمامی متاتارسال‌ها ۴- جدا شدن پاشنه و ۵- آخرین تماس پا



شکل ۲. آنالیز فشار کف پایی با دستگاه فوت اسکن

۴- آنالیز آماری

است اما در گام برداشتن در حالت بدون جلیقه نوسانات مرکز فشار و جابه‌جایی تفاوت معناداری نداشته است. (۰/۲۴). در سراسر تحقیق معناداری ($p < 0/05$) در نظر گرفته شده است.

بحث

هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیر سیستم تحریک الکتریکی عضلانی بر الگوی راه رفتن مردان ورزشکار بود. عوامل مختلفی در ایجاد عدم تشابه توزیع فشار بین اندام‌های تحتانی افراد مختلف وجود دارد. از جمله آن‌ها می‌توان به ساختار آناتومیکی، اسکلتی، نحوه راه رفتن افراد، سن، جنس و شاخص توده بدنی اشاره نمود. فراخوانی واحدهای حرکتی با برای افزایش قدرت عموماً همگی در یک زمان مشابه فراخوانده نمی‌شوند. واحدهای حرکتی به‌وسیله گروهی از نورون‌ها کنترل می‌شوند. این نورون‌ها می‌توانند تکان‌های تحریک‌کننده یا بازدارنده را انتقال دهند.

افزایش قدرت اندام تحتانی با استفاده از سیستم تحریک الکتریکی عضلانی باعث فراخوانی هم‌زمان واحدهای حرکتی بیشتر برای عملی معین و موجب تسهیل انقباض و افزایش توانایی عضله برای تولید نیرو می‌شود (۱۲) به

با توجه به طبیعی بودن داده‌ها که با آزمون شاپیرو-ویلک مشخص شد، از آزمون تی مستقل برای مقایسه بین گروهی و درون‌گروهی متغیرهای مطالعه شامل نوسانات مرکز فشار و جابه‌جایی مرکز فشار در حالت با جلیقه و بدون جلیقه، استفاده شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. سطح معناداری در این مطالعه ($p = 0/05$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت شناختی شرکت‌کنندگان در جدول ۱ آورده شده است. در جدول ۲ نتایج آزمون تی مستقل ارائه شده است.

نتایج آزمون تحلیل T زوجی در مورد فازهای چهارگانه راه رفتن نشان داد سیستم تحریک الکتریکی عضلات باعث افزایش میانگین نوسانات مرکز فشار (۶۶۴/۱۶) نسبت موقعیت بدون جلیقه (۳۷۹/۲۸) می‌شود. همچنین جابه‌جایی مرکز فشار باعث افزایش میانگین (۱۲/۹۰) نسبت به موقعیت بدون جلیقه (۵/۵۴) می‌شود. (جدول ۲) بر اساس نتایج جدول ۲ در آزمون تی زوجی تفاوت معناداری در میزان جابه‌جایی مرکز فشار و همچنین نوسانات مرکز فشار ($p = 0/001$) در حالت با جلیقه بوده

جدول ۱. ویژگی‌های جمعیت شناختی آزمودنی‌ها

تعداد	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	BMI* (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۵ نفر	۲۴ ± ۲/۱	۷۸ ± ۵/۶	۱۸۰/۵ ± ۴	۲۴/۰۷ ± ۰/۳۹

Body Mass Index*

جدول ۲. تحلیل آماری نوسانات و جا به جایی فشار

پارامتر	تعداد	با جلیقه	بدون جلیقه	t	p
نوسانات مرکز فشار	۱۵	۶۶۴/۱۶	۳۷۹/۲۸	-۴/۸۲۱	۰/۰۰۱
جابه‌جایی مرکز فشار		۱۲/۹۰	۵/۵۴	-۵/۳۳۴	۰/۲۴

مچ پا را کاهش می‌دهد که به‌نوعی با نتایج تحقیق حاضر همسو است (۱۶).

در تحقیقی دیگر Bumber و همکاران تأثیر ۸ هفته دویدن روی تردمیل با تحریک الکتریکی عملکردی عضله پروئال بر انحراف جانبی مرکز موقعیت فشار کف پا و عملکرد تست تعادل ستاره بررسی شد و نشان داده شده است که FES^۳ می‌تواند COP را در طول حداکثر فشار در راه رفتن پس از یک برنامه تمرینی ۸ هفته‌ای تغییر دهد که پژوهش حاضر نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت سیستم تحریک الکتریکی عضلانی بر موقعیت مرکز کنترل فشار در طی راه رفتن است. (۱۷).

در مطالعه Park و همکاران سیستم تحریک الکتریکی عضلانی فقط در فاکتور ترکیب بدن شرکت‌کنندگان شامل توده عضلانی-اسکلتی تأثیر مطلوب داشته است و نتوانسته بر بهبود تعادل و میزان نوسانات مرکز فشار تأثیر داشته باشد که با تحقیق حاضر ناهمسو است (۱۸).

با توجه به اینکه نحوه سیر مرکز فشار در فازهای صاف شدن جلوی پا و پوش‌آف جلوی پا یکی از تعیین‌کننده‌های اصلی پایداری دینامیک اندام‌ها و تنه است، به نظر می‌رسد با خارجی‌تر شدن مسیر مرکز فشار در این فازها، تنه به‌خوبی توانایی کنترل اندام فوقانی را نداشته باشد و در نتیجه، بارگیری بدن و متعاقب آن مسیر مرکز فشار به سمت خارج منتقل می‌شود. نشان داده شده که حتی کوچک‌ترین تغییرات در مسیر مرکز فشار حین حرکت می‌تواند تعادل گشتاورهای وارد بر مفاصل را تغییر و عملکرد پا را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت سبب توسعه آسیب‌های بیومکانیکی شود. بنابراین، مسیر مرکز فشار به سمت خارج می‌تواند با بیشتر شدن آسپرین خارجی مچ پا در ارتباط باشد که سیستم تحریک الکتریکی عضلانی نیز به‌خوبی توانست به داخلی‌تر شدن مرکز فشار کمک کند و این با نتایج پژوهش حاضر همسو است (۱۹).

نظر می‌رسد توزیع مناسب فشار و نیروها در کاهش و جلوگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی کف پا بسیار مهم باشد و اندازه‌گیری فشار کف پای، اطلاعات مفیدی مرتبط با ساختار آناتومیکی و عملکرد پا و نیز بیومکانیک راه رفتن برای محققین فراهم می‌کند. همچنین ابزاری مفید برای ارزیابی افراد دارای مشکلات اندام تحتانی به شمار می‌رود (۱۳).

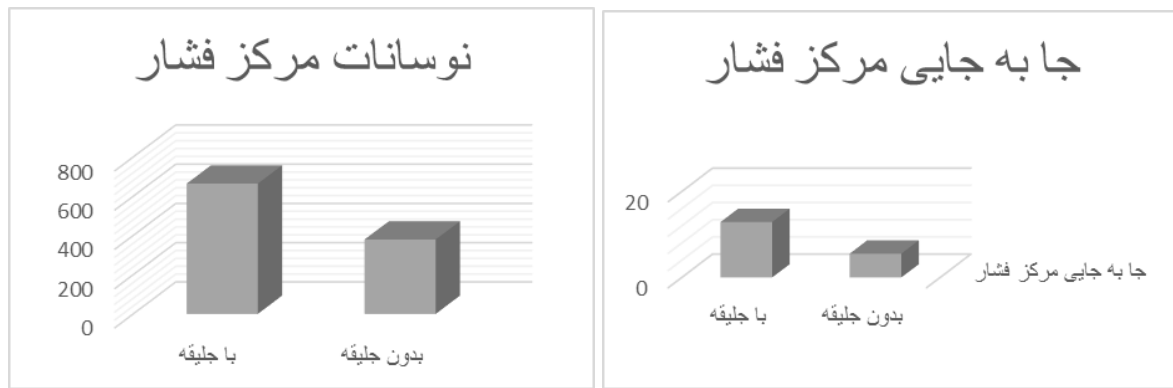
نتایج این مطالعه نشان داد الگوی صحیح گام برداشتن با و بدون جلیقه تحریک الکتریکی عضلانی بر میزان فشار کف پای و نوسانات مرکز فشار ورزشکاران تأثیر مثبت دارد. (شکل ۳) همچنین میزان جابجایی مرکز فشار در راستای داخلی و خارجی در مقایسه با سیستم تحریک‌پذیری الکتریکی طی راه رفتن بیشتر بوده است. در راستای این پژوهش Pezeshk و همکاران نوسانات مرکز فشار را روش مناسبی برای بررسی کنترل وضعیت بدن در حین راه رفتن دانستند که با پژوهش حاضر در یک راستا نیست (۱۴).

Smith و همکاران گزارش کردند، میزان جابجایی عمودی مرکز جرم بدن هنگام راه رفتن در زنان کمتر از مردان است و همچنین فعالیت عضله درشت نئی قدامی در راه رفتن بیشتر است. افزایش فعالیت عضلات دورسی و پلانتر فلکسور مچ پا باعث عملکرد بهتر فرد هنگام تماس با زمین می‌شود که نتیجه به دست آمده با تحقیق حاضر همسو است (۱۵). مطالعه‌ای که توسط Yoshida و همکاران انجام شد شامل ۷ شرکت‌کننده بود که از TENS^۱ برای تحریک عصب پروئال در طول تمرین تعادلی استفاده کردند. این تحقیق مشخص کرد که اندازه COP^۲ به‌طور قابل‌توجهی در سمت آسیب‌دیده در مقایسه با سمت غیر آسیب‌دیده بیشتر است. نتایج نشان می‌دهد که میزان مرکز فشار پس از مداخله تحریک الکتریکی عصب از طریق پوست به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و بی‌ثباتی

^۱ Transcutaneous electrical nerve stimulation

^۲ Center of pressure

^۳ Functional electrical stimulation



شکل ۳. جابه‌جایی مرکز فشار و نوسانات مرکز فشار در دو حالت با جلیقه و بدون جلیقه

با توجه به این نتایج، به متخصصان حرکات اصلاحی و متخصصان بالینی توصیه می‌شود که برای بهینه کردن مکانیک راه رفتن بیماران خود از دستگاه تحریک الکتریکی عضلانی برای تقویت اندام فوقانی و تحتانی استفاده کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده نکاتی مانند بررسی این یافته‌ها در جامعه زنان، استفاده از جلیقه تحریک الکتریکی عضلات با نگاهی ویژه بر مکانیسم‌های درگیر در انتقال تعادل و راه رفتن رعایت شود.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر حاصل طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه اصفهان است. بدین‌وسیله از تمامی افراد شرکت‌کننده در پژوهش و مسئولان محترم که در اجرای پژوهش ما را کمک نمودند، صمیمانه تشکر می‌نماییم.

تضاد منافع

هیچ گونه تعارض منافع از سوی نویسندگان بیان نشده است.

منابع

1. Lippert LS, Minor MAD. Laboratory Manual for Clinical Kinesiology and Anatomy: FADavis; 2017.
2. Dirks ML, Wall BT, Snijders T, Ottenbros CL, Verdijk LB, Van Loon,

محدود بودن پژوهش به بررسی داده‌های مربوط به فوت اسکن و استفاده از آزمودنی‌های مرد از محدودیت‌های مطالعه حاضر بود. استفاده از ابزار کینتیک و کینماتیک می‌تواند اطلاعاتی جامع‌تر فراهم کند، در نتیجه برای تعمیم دادن نتایج باید با احتیاط عمل شود.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، نتایج مطالعه حاضر نشان داد تحریک الکتریکی عضلات ناحیه اندام تحتانی سبب گام برداشتن صحیح می‌شود. این تغییرات شامل داخلی‌تر شدن مسیر مرکز فشار در فازهای صاف شدن جلوی پا و پوش‌آف جلوی پا بود. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تحریک الکتریکی عضلانی اندام تحتانی می‌تواند در وضعیت راه رفتن افراد تأثیر مثبت بگذارد و آن‌ها را از معرض مشکلات بیومکانیکی دور نگه دارد. به هم خوردن زمان‌بندی فازهای راه رفتن با تغییر در زمان بارگیری نقاط مختلف پا همراه است که ممکن است در آینده باعث بروز مشکلاتی در افراد شود.

تقویت عضلات ناحیه تنه به روش تحریک‌پذیری با سیستم الکتریکی عضلانی باعث افزایش زاویه پیشروی پا، تغییر در زمان‌بندی فازهای چهارگانه فرایند حین راه رفتن و نزدیک‌تر شدن مرکز فشار به داخل پا می‌شود. این امر می‌تواند نشان دهنده اثر مثبت تقویت عضلات تنه مخصوصاً اندام تحتانی روی صحیح راه رفتن افراد باشد.

- Hee Do. Physiological Effect of Exercise Training with Whole Body Electric Muscle Stimulation Suit on Strength and Balance in Young Women: A Randomized Controlled Trial, *Chonnam Med J* 2021; 57: 76-86.
9. Nishikawa Y, Takahashi T, Kawade S, Maeda N, Maruyama H, Hyngstrom A. The Effect of Electrical Muscle Stimulation on Muscle Mass and Balance in Older Adults with Dementia. *Brain Sci.* 2021, 11: 339.
 10. Esmaeili H, Askari Z. Effect of Trunk Muscles Fatigue on the Trajectory of Center of Pressure during Walking. *Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2021; 12 (28): 183-202.* (Persian). Doi: 10.22089/SMJ. 2021. 10394. 1489 (Farsi).
 11. Bily W, Trimmel L, Mödlin M, Kaider A, Kern H. Training program and additional electric muscle stimulation for patellofemoral pain syndrome: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2008; 89(7): 1230-6.
 12. Allet L, Armand S, Golay A, Monnin D, De Bie R, de Bruin ED. Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review. *Diabetes/metabolism research and reviews.* 2008; 24(3): 173-91.
 13. Koblauch H, Heilskov-Hansen T, Alkjær T, Simonsen EB, Henriksen M. The effect of foot progression angle on knee joint compression force during walking. *Journal of applied biomechanics.* 2013; 29(3): 32935.
 - LJ. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta Physiol.* 2014, 210, 628–641. (CrossRef) (PubMed).
 3. Li B, Xiang Q, Zhang X. The center of pressure progression characterizes the dynamic function of high-arched feet during walking. *Journal of Leather Science and Engineering.* 2020; 2(1): 1-10.
 4. Zhang X, Li B, Hu K, Wan Q, Ding Y, Vanwanseele B. Adding an arch support to a heel lift improves stability and comfort during gait. *Gait & posture.* 2017; 58: 94-7.
 5. Dirks ML, Wall BT, Snijders, T, Ottenbros, CL, Verdijk, LB, Van Loon, LJ. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta Physiol.* 2014, 210, 628–641. (CrossRef) (PubMed).
 6. Wu Y, Li Y, Liu A-M, Xiao F, Wang Y-Z, Hu F, et al. Effect of active arm swing to local dynamic stability during walking. *Human movement science.* 2016; 45: 102-9.
 7. Nishikawa Y, Watanabe K, Kawade S, Takahashi T, Kimura H, Maruyama H, Hyngstrom A. The effect of a portable electrical muscle stimulation device at home on muscle strength and activation patterns in locomotive syndrome patients: A randomized control trial. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2019, 45, 46–52. (CrossRef) (PubMed).
 8. Hyeng-Kyu Park, Seung Min Na, Se-Lin Choi, Jong-Keun Seon, and Wol-

- functional electrical stimulation on laterally deviated centre of plantar pressure position and star excursion balance test performance, *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering* Volume 8: 1–9.2021.
18. Hyeng-Kyu Park, Seung Min Na, Se-Lin Choi, Jong-Keun Seon, and Wol-Hee Do. Physiological Effect of Exercise Training with Whole Body Electric Muscle Stimulation Suit on Strength and Balance in Young Women: A Randomized Controlled Trial, *Chonnam Med J* 2021; 57: 76-86.
 19. Morrison KE, Hudson DJ, Davis IS, Richards JG, Royer TD, Dierks TA, et al. Plantar pressure during running in subjects with chronic ankle instability. *Foot & ankle international*. 2010; 31(11): 994-10.
 14. Pezeshk F. The trajectory of center of pressure during stance phase of gait in healthy males and females using pedar-X system. *jsmt*. 2016; 14(11):1-13. (Farsi).
 15. Smith LK, Lelas JL, Kerrigan DC. Gender differences in pelvic motions and center of mass displacement during walking: stereotypes quantified. *Journal of women's health & gender-based medicine*. 2002; 453-458.
 16. Yoshida T, Tanino Y and Suzuki T. Effect of exercise therapy combining electrical therapy and balance training on functional instability resulting from ankle sprain-focus on stability of jump landing. *J Phys Ther Sci* 2015; 27, 3069–3071.
 17. Bamber Z, Wheeler PC, Swain ID and Fong DTP. Effect of 8-week treadmill running with peroneal muscle

Cite this article as:

Rafiei AH, Sadeghi M, Esmaili H. The Effect of Electrical Muscle Stimulation System on Gait and Balance Patterns in Male Athletes. *Sadra Med Sci J* 2023; 11(1): 55-64.