

Determining the Effects of Fatigue Due to Physical Exercise on Postural Control of Patients with Multiple Sclerosis

Golzari Z¹, *Ghadiri F², Yaali R³, Hassanlouei H⁴, Jabedari B⁵

Author Address

1. PhD Student of Motor Development, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran;

2. Assistant Professor of Motor Behavior Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran;

3. Associate Professor of Motor Behavior Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran;

4. Assistant Professor in Cognitive and Behavioral Science and Technology in Sport Department, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran;

5. Assistant Professor of Neurology Department, Faculty of Medical Sciences, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author E-mail: ghadiri@khu.ac.ir

Received: 2023 June 4; Accepted: 2023 July 14

Abstract

Background & Objectives: Multiple sclerosis (MS) is a chronic neurological disorder that commonly affects individuals over the age of 20 and can impair motor control, including walking and balance disorders. Fatigue is a significant symptom among MS patients that can harm their quality of life and ability to perform daily activities. Regarding the deficiencies of posture control and the effect of fatigue on the quality of life of MS patients, the impact of fatigue caused by physical exercise on the posture control of these patients is worthy of consideration. So, this study aimed to investigate how physical exercise-induced fatigue affects MS patient's postural control.

Methods: This quasi-experimental study followed a pretest-posttest design with a control group. The statistical population comprised MS patients in Tehran City, Iran. The samples from among qualified volunteers were purposefully included in the study and were divided into control (20 people) and MS patients (18 people). The study's inclusion criteria for the study patients were as follows: individuals must have a confirmed diagnosis of MS by a qualified neurologist and fall within the age range of 20 to 50 years. Additionally, participants must have an Expanded Disability Status Scale score below 4.5, be able to stand for at least 30 seconds and walk independently for a minimum of 10 meters without the assistance of any devices. They should also be free of any cardiovascular or musculoskeletal disorders, not currently taking any medication that affects balance or fatigue, and without vision, hearing, or mental impairment. Lastly, they must possess the ability to perform active muscle contraction. The exclusion criterion was non-participation and lack of cooperation during the sessions. The indices of anteroposterior and mediolateral sway and sway area were obtained using the Kistler force plate device to evaluate postural control in two stages: before and after fatigue due to physical exercise. The Bruce modified fatigue protocol was used on a Sportec treadmill to induce fatigue. The data analysis used descriptive statistical indicators such as mean and standard deviation. In the inferential statistic, we conducted a multivariate analysis of the covariance test to compare the effect of fatigue on the sway indices, anteroposterior, and mediolateral of the center of pressure (COP) in two groups: patients with MS and control. The data were analyzed using SPSS software version 28, and the significance level of the tests was considered 0.05.

Results: The results of this study showed significant differences between the control and MS patients in the displacement of COP in the anteroposterior and mediolateral directions ($p < 0.001$) and also in the sway area ($p = 0.003$).

Conclusion: Based on the study results, a tiring movement task harms the postural control of people with MS, and it seems that fatigue caused by physical exercise leads to an increase in the displacement of the COP in MS patients compared to healthy people.

Keywords: Postural balance, Multiple sclerosis, Muscle fatigue, Exercise.

تعیین اثر خستگی ناشی از تمرین بدنی بر کنترل قامت بیماران مولتیپل اسکلروزیس

زهرا گلزاری^۱، *فرهاد قدیری^۲، رسول یاعلی^۳، حمیداله حسنلویی^۴، بهنام جبه‌داری^۵

توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی دکتری رشد حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی، علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛

۲. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛

۳. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛

۴. استادیار گروه علوم رفتاری و شناختی در ورزش، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران؛

۵. استادیار گروه مغز و اعصاب، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران.

*وابانامه نویسنده مسئول: ghadiri@khu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴ خرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۲۳ تیر ۱۴۰۲

چکیده

زمینه و هدف: خستگی در بیماری مولتیپل اسکلروزیس به‌عنوان بیماری مزمن خودایمن و التهابی بسیار شایع است. تحقیق حاضر باهدف تعیین اثر خستگی ناشی از تمرین بدنی، به‌منزله ناتوان‌کننده‌ترین علامت در بیماران مولتیپل اسکلروزیس، بر کنترل قامت این افراد انجام شد.

روش بررسی: روش پژوهش حاضر نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری را بیماران ام‌اس شهر تهران تشکیل دادند. نمونه‌های آماری از بین افراد داوطلب واجد شرایط به‌صورت هدفمند در دو گروه افراد سالم (بیست نفر) و بیماران ام‌اس (هجده نفر) وارد مطالعه شدند. شاخص‌های نوسانات قدامی خلفی و نوسانات داخلی خارجی و محدوده نوسان با استفاده از دستگاه صفحه نیروی کیستلر به‌منظور ارزیابی کنترل قامت در دو مرحله قبل و بعد از خستگی ناشی از تمرین بدنی به‌دست آمد. به‌منظور ایجاد خستگی از پروتکل خستگی تعدیل‌شده بروس روی تردمیل اسپرک استفاده شد. آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره برای مقایسه اثر خستگی بر شاخص‌های نوسان و جابه‌جایی داخلی خارجی و جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز فشار در دو گروه بیماران ام‌اس و افراد سالم در سطح معناداری ۰/۰۵ به‌کار رفت. تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۸ انجام شد.

یافته‌ها: تفاوت معناداری بین جابه‌جایی مرکز فشار درجهت‌های قدامی خلفی و داخلی خارجی ($p < ۰/۰۰۱$) و همچنین در محدوده نوسان ($p = ۰/۰۰۳$) بین دو گروه گواه و مولتیپل اسکلروزیس وجود داشت.

نتیجه‌گیری: تکلیف حرکتی خسته‌کننده بر کنترل قامتی افراد مبتلا به ام‌اس تأثیر منفی دارد و به‌نظر می‌رسد خستگی ناشی از تمرین بدنی منجر به افزایش جابه‌جایی مرکز فشار در بیماران ام‌اس در مقایسه با افراد سالم می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تعادل قامت، مولتیپل اسکلروزیس، خستگی عضلانی، تمرین.

مولتیپل اسکلروزیس (ام‌اس)^۱، بیماری مزمن خودایمن و التهابی سیستم عصبی مرکزی است که اغلب در افراد دارای سنین بیشتر از بیست سال مشاهده می‌شود و در زنان در مقایسه با مردان شیوع بیشتری دارد (۱). علائم بیماری ام‌اس شامل آسیب‌های پایه حرکتی مانند اختلال تعادل^۲ و گام‌برداری^۳ و خستگی^۴ است و این علائم با پیشروی بیماری بارزتر می‌شود (۲). ارزیابی شدت علائم در بیماران ام‌اس چالش برانگیز است؛ زیرا بسیاری از علائم ام‌اس مانند خستگی و درد، تجربیات ذهنی و ساختارهای چندبعدی هستند که به‌طور عینی نمی‌توان آن‌ها را اندازه‌گیری کرد (۳). اختلال در کنترل حرکتی^۵ در افراد دارای ام‌اس گزارش شده است (۴). پنجاه درصد بیماران مبتلا به ام‌اس، صدمات ناشی از افتادن هنگام راه‌رفتن را در یک دوره سه‌الی شش‌ماهه گزارش کردند (۵). با پیشرفت بیماری، اختلالات راه‌رفتن و تعادل در افراد مبتلا به ام‌اس بارزتر می‌شود و مجموعه این علائم منجر به استقلال‌نداشتن و خطر افتادن این بیماران خواهد شد که این مسئله تبعاتی در عملکرد فعالیت‌های روزمره و کاهش کیفیت زندگی آن‌ها خواهد داشت (۶،۷).

کنترل قامت^۶، اصطلاحی فراگیر است که به حفظ و تنظیم وضعیت بدن برای جلوگیری از افتادن اشاره دارد (۸). عوامل مختلفی نظیر عناصر اسکلتی-عضلانی، سینرژی‌های عصبی-عضلانی^۷، سیستم‌های حسی منحصربه‌فرد، راهبردهای حسی و سازوکارهای پیش‌بینی‌کننده حرکتی در کنترل قامت درگیر است (۹). سیستم عصبی مرکزی نقش اصلی را در کنترل حرکت ایفا می‌کند و ممکن است پیچیدگی کنترل حرکتی را با کاهش ابعاد متغیرهای کنترل‌شده یعنی تعداد عضلات، کاهش دهد (۱۰). آسیب سیستم عصبی مرکزی در افراد دارای ام‌اس بر کارکردهای حسی و حرکتی اثر دارد و از دست‌دادن حس و خستگی ناشی از آن نیز ممکن است در کنترل ضعیف تعادل نقش داشته باشد (۱۱). این بیماری به‌شدت بر کنترل قامت بدن تأثیر می‌گذارد و بیماران را مستعد افتادن^۸ پیش‌بینی‌نشده و آسیب‌های ناشی از افتادن می‌کند و سبب تحمیل بار مربوط بر خانواده و سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی و خود آن‌ها می‌شود. این درحالی است که مقیاس‌های بالینی باهدف ارزیابی تعادل در محیط‌های بالینی روزانه به‌راحتی اجرایی هستند؛ اما محدودیت‌های متعددی از جمله اجرای متغیر و قضاوت ذهنی در سیستم امتیازدهی، دارند (۱۲).

از عوامل بسیار مهم اثرگذار بر فاکتورهای حرکتی، خستگی است. خستگی در بیماران ام‌اس شیوع دارد و براساس خودگزارشی بیماران ام‌اس به‌عنوان یکی از عوارض بسیار بد این بیماری نام برده شده است (۳). خستگی، فرایند تدریجی و تجمعی است که با بی‌میلی برای هرگونه تلاش، کاهش کارایی و هشیاری و درنهایت اختلال در عملکرد ذهنی همراه است. در مطالعه‌ای، اکثر بیماران خستگی را یا بدترین یا یکی از علائم بسیار بد خود گزارش کردند (۳). علت دقیق

خستگی در بیماران ام‌اس نامشخص است؛ اگرچه احتمالاً شامل فرایندهای بیماری عصبی (برای مثال، سازوکارهای خستگی مرکزی) و نیز نبود آمادگی ناشی از نداشتن فعالیت جسمانی (یعنی سازوکارهای خستگی محیطی) می‌شود. این پیچیدگی، مدیریت خستگی را دشوار می‌کند و به‌همین دلیل درمان‌های مدیریت خستگی اغلب بی‌اثر است (۱۳). بیماران ام‌اس، خستگی حرکتی بیشتری در مقایسه با افراد سالم در طول انقباضات مداوم و مکرر و سرپایی تجربه می‌کنند و خستگی در بیماران ام‌اس می‌تواند ناشی از کاهش فعال‌شدن ارادی عضلات از طریق سازوکارهای مرکزی باشد. خستگی به تغییرات در عملکرد سیستم عصبی مرکزی نیز بستگی دارد (۱۴، ۱۵).

باتوجه به کمبودهای کنترل قامتی و تأثیر خستگی بر کیفیت زندگی بیماران ام‌اس، تأثیر خستگی ناشی از تمرین بدنی بر کنترل قامت این بیماران جای تأمل دارد؛ در این راستا، جالولی و همکاران، اثر ترکیبی تفاوت‌های جنسیتی و خستگی را بر کنترل قامت بیماران و کارکرد حرکتی و خطر افتادن بیماران ام‌اس بررسی کردند. نتایج نشان داد، خستگی فقط در مردان اثرات منفی بر نوسانات قامتی^۹ و کارکرد حرکتی و خطر افتادن دارد (۱۶). سانتیلینی و همکاران، به ارزیابی اثر خستگی بر کنترل قامت بیماران ام‌اس دارای شاخص ناتوانی کم، پرداختند. آن‌ها دریافتند، فقط خستگی تأثیر معناداری بر نوسانات قامتی داخلی-خارجی بیماران ام‌اس می‌گذارد و در دیگر عوامل تفاوت معناداری بین گروه گواه و ام‌اس وجود ندارد (۸). ون امریک و همکاران، اثرات تکلیف، بینایی و نشانه‌های خستگی را بر کنترل قامت بیماران زن دارای ام‌اس بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که اثر تکلیف، بینایی و خستگی منجر به افزایش نوسانات قامتی در بیماران ام‌اس در مقایسه با افراد سالم می‌شود (۱۱).

در مجموع، در برخی نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات گذشته مشخص شد، بین خستگی ادراک‌شده و زمین‌خوردن ارتباط وجود دارد؛ لذا تأثیر نهفته خستگی بر کنترل تعادل^{۱۰} برجسته است (۱۱). در نگاهی جزئی‌تر، نقص در تعادل بیماران ام‌اس ناشی از عوامل بی‌شماری مانند کندی هدایت اطلاعات حسی-پیکری^{۱۱} و اختلال در یکپارچگی مرکزی^{۱۲} است و اغلب تمرکز راهبردهای توان‌بخشی روی همین موضوع صورت می‌گیرد؛ از این رو، ارزیابی دقیق تعادل می‌تواند برای ردیابی بیماری و مداخله درمانی در بیماران ام‌اس در نظر گرفته شود (۱۷). همچنین، برخی مطالعات گذشته اثرات خستگی را بر کنترل قامت بیماران ام‌اس بررسی کردند و نتایج معناداری را فقط در جهت‌های قدیمی-خلفی^{۱۳} و داخلی-خارجی^{۱۴} مرکز فشار یا نوسانات قامت به‌دست آوردند؛ اما بررسی‌ها در زمینه اثر خستگی ناشی از حداکثر فعالیت ارادی بر کنترل قامت بیماران ام‌اس هنوز ناشناخته مانده است؛ از سوی دیگر باتوجه به کمبود پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه و نتایج متناقض مطالعات قبلی، ضرورت انجام پژوهش در این باره احساس می‌شود. باتوجه به اینکه آگاهی از میزان تأثیر

⁸. Fall

⁹. Postural sway

¹⁰. Balance

¹¹. Somatosensory information

¹². Central integration disorder

¹³. Anteroposterior

¹⁴. Mediolateral

¹. Multiple Sclerosis (MS)

². Balance disorder

³. Gait

⁴. Fatigue

⁵. Motor control

⁶. Postural control

⁷. Neuromuscular synergies

((IR.UT.PSYEDU.REC.1401.076) تأیید شده از سوی کمیته اخلاق دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران است.

دستگاه صفحه نیروی کیستلر مدل ۹۶۲۰، دارای ابعاد ۳۰*۵۰ سانتی‌متر ساخت کشور سوئیس است که تعادل افراد را در وضعیت‌های پویا و ایستا با استفاده از بخش نرم‌افزاری براساس ثبت موقعیت لحظه‌ای مرکز فشار پا تحلیل می‌کند. نرم‌افزار بایور برنامه‌ای است که برای پردازش داده‌ها و محاسبه مؤلفه‌های مرکز فشار از جمله تمام اطلاعات کسب سیگنال و تجزیه و تحلیل صفحه نیرو استفاده می‌شود. نرم‌افزار دستگاه برآیند نیروهای مرکز فشار را در سه سطح X و Y و Z تحلیل می‌کند و براساس جابه‌جایی مرکز فشار شاخص‌هایی نظیر نوسانات قدامی خلفی و نوسانات جانبی و نیروی عمودی را هدف ارزیابی قرار می‌دهد (۱۸).

تردمیل اسپرتک ۳۳۰۱ دارای قدرت موتور ۲/۷ اسب بخار است و می‌تواند تا ۱۲۵ کیلوگرم را تحمل کند. این تردمیل تک‌کاره اسپرتک، شیب برقی دارد و قادر است تا ۲۲ درجه تغییر شیب را ایجاد کند و فضای کوه‌نوردی را در خانه شبیه‌سازی کند. ابعاد تسمه این تردمیل ۴۴*۱۳۰ سانتی‌متر است و فضای راه‌رفتن و دویدن را مشخص می‌کند. نمایشگر LCD این دستگاه، قابلیت نمایش سرعت، مسافت، زمان، ضربان قلب و میزان کالری سوزانده شده را دارد. روی دسته‌ها کلیدهای تنظیم سرعت و شیب تعبیه شده است. این تردمیل اسپرتک دارای گیره ایمنی است که به هنگام از دست رفتن تعادل، با جداشدن از دستگاه سبب خاموش شدن موتور تردمیل می‌شود و از بروز حادثه جلوگیری می‌کند.

خستگی در طی تمرین بیشینه بر کنترل قامت بیماران ام‌اس می‌تواند بیش مربیان و درمانگران را به طراحی تمرین افزایش دهد، هدف تحقیق حاضر، تعیین اثر خستگی ناشی از تمرین بدنی بر کنترل قامت بیماران ام‌اس بود.

۲ روش بررسی

روش پژوهش حاضر نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری تحقیق را بیماران ام‌اس ساکن شهر تهران تشکیل دادند. نمونه‌های آماری به صورت هدفمند از بین افراد داوطلب واجد شرایط شهر تهران در دو گروه افراد سالم (بیست نفر) و بیماران ام‌اس (هجده نفر) وارد مطالعه شدند. همه شرکت‌کنندگان با رضایت‌نامه کتبی در این تحقیق شرکت داشتند. معیارهای ورود بیماران به پژوهش عبارت بود از: تشخیص قطعی بیماری ام‌اس توسط پزشک متخصص؛ دامنه سنی بین ۲۰ الی ۵۰ سال؛ انقباض عضلانی فعال؛ کسب نمره کمتر از ۴ از مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده^۱؛ توانایی ایستادن به مدت سی ثانیه و راه رفتن مستقل حداقل ده متر بدون کمک با هرگونه دستگاه؛ نداشتن هرگونه اختلال قلبی عروقی و اسکلتی عضلانی؛ استفاده نکردن از داروهای مؤثر بر تعادل؛ استفاده نکردن از داروهای مؤثر بر خستگی مانند دالفیرا؛ نداشتن اختلالات بینایی و شنوایی یا هرگونه نارسایی ذهنی. معیارهای خروج از تحقیق شامل ناتوانی تحمل تمرین تا سرحد خستگی و هرگونه بروز حمله یا تمایل نداشتن به ادامه همکاری بود. تمام اندازه‌گیری‌ها برای شرکت‌کنندگان قبل از ظهر و در شرایط دمایی یکسان صورت گرفت. پژوهش حاضر دارای شناسه اخلاق

جدول ۱. آزمون خستگی تعدیل شده بروس

مرحله	سرعت (مایل/ساعت)	شیب (درصد)	مدت زمان (دقیقه)
۰	۱/۷	۰	۳
۰/۵	۱/۷	۵	۳
۱	۱/۷	۱۰	۳
۲	۲/۵	۱۲	۳
۳	۳/۴	۱۴	۳
۴	۴/۲	۱۶	۳
۵	۵/۰	۱۸	۳
۶	۵/۵	۲۰	۳
۷	۶/۰	۲۲	۳

سه مرتبه برای ارزیابی کنترل قامت به کار رفت. بعد از ثبت پیش‌آزمون مرتبط با کنترل قامت، پروتکل خستگی براساس آزمون تعدیل شده بروس اجرا شد؛ به این ترتیب که شرکت‌کننده روی تردمیل (۱۹) قرار گرفت و حین گام برداری بر تردمیل، افزایش شیب و سرعت به صورت تدریجی انجام شد. این افزایش سرعت و شیب طی هفت مرحله سه دقیقه‌ای تا زمانی اجرا شد که شرکت‌کننده بعد از سه بار بازخورد و تشویق برای ادامه فعالیت، اعلام خستگی و ناتوانی برای ادامه کار کند و براساس مقیاس بورگ^۲ نمره بیشتر از ۷ به دست آورد. جدول ۱

برای انجام پیش‌آزمون پس از توضیحات لازم درباره نحوه اجرای آزمون، از هر شرکت‌کننده خواسته شد برای اندازه‌گیری تعادل با چشم باز و پای برهنه بر دو پای خود روی دستگاه صفحه نیرو قرار بگیرد. سپس با اعلام آمادگی و پس از زدن دکمه شروع، شرکت‌کننده بدون هیچ‌گونه صحبت و تکان دادن بدن خود به طور مستقیم به کاغذ نصب شده در جلوی او روی دیوار، به مدت زمان ۳۵ ثانیه نگاه کند. در این مدت نوسانات قامت به طور لحظه‌ای و مستمر به حافظه دستگاه منتقل و ثبت شد. این فرایند سه بار تکرار شد و میانگین اطلاعات

^۲. Borg Scale

^۱. Expanded Disability Status Scale

به تفصیل روند تغییرات در آزمون تعدیل شده بروس را نشان می دهد. پس از اتمام پروتکل خستگی، بلافاصله شرکت کنندگان برای اجرای پس آزمون مشابه با پیش آزمون آماده شدند. همه شرکت کنندگان آزمون ها را به طور کامل اجرا کردند.

تحلیل داده ها در نرم افزار SPSS نسخه ۲۸ صورت گرفت. از آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده ها و از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس ها استفاده شد. آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد شاخص های کنترل قامت به کار رفت. از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره برای مقایسه اثر

خستگی بر شاخص های نوسان و جابه جایی داخلی خارجی و جابه جایی قدامی خلفی مرکز فشار در دو گروه بیماران ام اس و افراد سالم در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

۳ یافته ها

اطلاعات دموگرافیک شرکت کنندگان شامل سن و قد و وزن در جدول ۲ آورده شده است. میانگین و انحراف معیار شاخص های کنترل قامت برای دو گروه گواه و افراد دارای ام اس در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. اطلاعات دموگرافیک شرکت کنندگان در تحقیق

متغیر	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار
سن	گواه	۲۰	۳۰/۲۰	۶/۵۰
(سال)	ام اس	۱۸	۳۰/۰۰	۶/۸۳
قد	گواه	۲۰	۱۵۷/۹۵	۲۶/۴۲
(سانتی متر)	ام اس	۱۸	۱۵۷/۵۰	۲۷/۸۷
وزن	گواه	۲۰	۶۰/۹۳	۶/۶۴
(کیلوگرم)	ام اس	۱۸	۶۶/۶۸	۸/۳۷

جدول ۱ نشان می دهد، در گروه گواه میانگین سنی ۳۰/۲۰ سال (انحراف معیار ۶/۵۰) و میانگین قد ۱۵۷/۹۵ سانتی متر (انحراف معیار ۲۶/۴۲) و میانگین وزن ۶۰/۹۳ کیلوگرم (انحراف معیار ۶/۶۴) بود؛ همچنین، در گروه بیماران ام اس، میانگین سنی ۳۰/۰۰ سال (انحراف معیار ۶/۸۳) و میانگین قد ۱۵۷/۵۰ سانتی متر (انحراف معیار ۲۷/۸۷) و میانگین وزن ۶۶/۶۸ کیلوگرم (انحراف معیار ۸/۳۷) بود. نرمال بودن توزیع داده ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف (۰/۳۱۲)، برابری ماتریس های کوواریانس از طریق آزمون ام باکس

(۰/۰۹۲) و برابری واریانس متغیرهای وابسته در گروه های مستقل نوسانات قدامی خلفی (۰/۱۴۹)، نوسانات داخلی خارجی (۰/۱۴۹) و محدوده نوسان (۰/۴۶۶) توسط آزمون لون به تأیید رسید. مفروضه همگنی شیب رگرسیون (۰/۶۰۷) برقرار بود. همچنین نتایج به دست آمده از آزمون چندمتغیره حاکی از تفاوت معنادار بین گروه های گواه و ام اس از نظر حداقل میانگین های متغیرهای وابسته بود ($p < ۰/۰۰۱$).

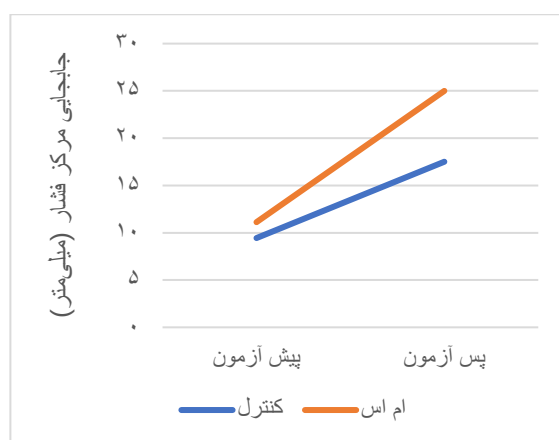
جدول ۳. آمار توصیفی و شاخص های کنترل قامت به تفکیک دو گروه گواه و بیماران ام اس به همراه نتایج آزمون تحلیل کوواریانس

متغیر	گروه	پیش آزمون		پس آزمون		مقایسه پس آزمون	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	مقدار F	مقدار p
جابه جایی مرکز فشار در جهت قدامی خلفی (میلی متر)	گواه	۱۵/۸۴	۱/۳۷	۲۳/۶۱	۱/۵۷	۲۶/۱۷۴	< ۰/۰۰۱
	بیماران ام اس	۱۵/۶۸	۱/۵۲	۳۳/۰۴	۱/۴۶		
جابه جایی مرکز فشار در جهت داخلی خارجی (میلی متر)	گواه	۹/۴۴	۱/۲۵	۱۷/۵۱	۱/۴۱	۱۷/۳۲۶	< ۰/۰۰۱
	بیماران ام اس	۱۱/۱۲	۱/۴۶	۲۵/۰۰	۱/۹۴		
محدوده نوسان (میلی متر)	گواه	۲۰۳/۳۱	۳۱/۵۱	۳۲۹/۰۲	۴۶/۶۲	۱۰/۷۵۳	۰/۰۰۳
	بیماران ام اس	۲۳۱/۳۴	۳۵/۳۹	۴۷۷/۷۹	۴۳/۴۱		

نتایج به دست آمده از جدول ۳ نشان می دهد، بعد از حذف اثر پیش آزمون، در پس آزمون تفاوت بین جابه جایی مرکز فشار در جهت های قدامی خلفی و داخلی خارجی ($p < ۰/۰۰۱$) و نیز در محدوده نوسان ($p = ۰/۰۰۳$) بین دو گروه گواه و بیماران ام اس معنادار بود.



نمودار ۱. مقایسه نوسانات قدامی خلفی در دو گروه بیماران ام اس و گواه



نمودار ۲. مقایسه نوسانات داخلی خارجی در دو گروه بیماران ام اس و گواه



نمودار ۳. مقایسه محدوده نوسان در دو گروه بیماران ام اس و گواه

۴ بحث

کافی برای تشخیص اختلالات در کنترل قامت حساس نباشد. اختلالات سیستم عصبی مرکزی در بیماران ام اس می‌تواند بر کارکردهای حسی و حرکتی اثر بگذارد و از دست دادن حس و خستگی ناشی از آن نیز ممکن است در کنترل ضعیف تعادل نقش داشته باشد (۱۱)؛ در این راستا می‌توان از دلایل احتمالی تفاوت معنادار افراد سالم و بیماران ام اس را به تغییرات تأثیرگذار بر چندین ساختار مانند نخاع، سیستم لیمبیک و عقده‌های قاعده‌ای و قشر پیش حرکتی بیماران ام اس نسبت داد (۲۰). از دیگر دلایل احتمالی تفاوت بین دو گروه گواه و

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر خستگی ناشی از تمرین بدنی بر کنترل قامت بیماران ام اس بود. نتایج این تحقیق نشان داد، تفاوت معناداری بین دو گروه بیماران ام اس و سالم پس از خستگی ناشی از تمرین بدنی در شاخص‌های کنترل قامت وجود داشت. توانایی حفظ وضعیت ساکن عمودی به مدت سی ثانیه در شرایط حسی طبیعی تحت تأثیر اختلالات خفیف تا متوسط ناشی از ام اس نیست؛ لذا، اندازه‌گیری‌های زمان‌بندی‌شده وضعیت ایستاده و آرام به‌تنهایی ممکن است به‌اندازه

بیماران ام‌اس، نبود آمادگی ناشی از نداشتن فعالیت جسمانی (یعنی سازوکارهای خستگی محیطی) است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با قسمتی از نتایج پژوهش سانتیلنی و همکاران، مبنی بر تأثیر معنادار خستگی بر نوسانات داخلی-خارجی همسوست؛ اما با دیگر بخش‌های این تحقیق همسو نیست (۸). نتایج تحقیق سانتیلنی و همکاران نشان داد، خستگی فقط اثر معناداری بر نوسانات قاطمی داخلی-خارجی بیماران ام‌اس دارد و در دیگر فاکتورها تفاوت معناداری بین گروه گواه و گروه بیماران ام‌اس مشاهده نمی‌شود (۸). از دلایل این تفاوت می‌توان به تفاوت درخور توجه در ماهیت و تعداد نمونه دو تحقیق اشاره کرد. در پژوهش سانتیلنی و همکاران، مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده کمتر از ۲/۵ و در تحقیق حاضر مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده کمتر از ۴/۵، جزو ملاک‌های ورود به تحقیق بود. مقایسه کنترل قامت بیماران ام‌اس دارای مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده خفیف (صفر تا ۱/۵) با گروه‌های سالم با استفاده از معیارهای اندازه‌گیری مرکز فشار (مانند محدوده نوسان، سرعت و جابه‌جایی مرکز فشار) مشخص کرد، توانایی کنترل قامت در این افراد مشابه افراد سالم است؛ اما هنگامی که درجه ناتوانی افزایش می‌یابد، تفاوت‌های چشمگیری بین بیماران ام‌اس آسیب‌دیده‌تر و افراد دارای فقط ناتوانی کم یا متوسط، مشاهده می‌شود (۸). جالولی و همکاران به بررسی اثر ترکیبی تفاوت‌های جنسیتی و خستگی بر کنترل قامت بیماران و کارکرد حرکتی و خطر افتادن بیماران مبتلا به ام‌اس پرداختند. آن‌ها دریافتند، خستگی فقط در مردان تأثیر منفی بر نوسانات قاطمی و کارکرد حرکتی و خطر افتادن دارد (۱۶)؛ البته نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیق جالولی و همکاران تفاوت‌هایی دارد که می‌توان آن را به متفاوت بودن ابزار ارزیابی شده و شدت ناتوانی بیماران نسبت داد؛ زیرا افراد با شدت‌های مختلف ناتوانی در جزئیاتی نظیر قابلیت حرکت، قابلیت بینایی، قابلیت حسی و قابلیت شنوایی متفاوت هستند؛ در نتیجه، تفاوت در مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده دو تحقیق می‌تواند عامل پررنگی در تبیین تفاوت نتایج باشد.

مطالعات مختلفی برای روشن شدن سازوکارهای درگیر در خستگی مرتبط با ام‌اس انجام شده است. با وجود این تلاش‌ها، خستگی همچنان پدیده‌ای ناشناخته باقی مانده است. بخشی از مشکلات درک خستگی این است که ویژگی‌های متعددی دارد؛ در واقع، بیماران ام‌اس اغلب نه تنها کاهش انرژی بدنی بلکه فقدان طاقت ذهنی را نیز گزارش می‌دهند (۲۱). از بین رفتن غلاف میلین در بیماران مبتلا به ام‌اس اغلب سبب اختلال در کنترل حرکتی می‌شود؛ در این راستا آموزش تمرینات تکلیف ویژه می‌تواند انعطاف‌پذیری عصبی و تقویت یکپارچگی حسی مرکزی و در نتیجه بهبود کنترل قامت را فراهم کند (۲۲).

در این راستا، آزمون شش دقیقه راه رفتن با هدف به حداکثر رساندن تلاش برای ارزیابی بهتر خستگی حرکتی در افراد دارای ام‌اس، تکلیفی رایج به‌شمار می‌رود. موريسن و همکاران، اثر خستگی ناشی از تکلیف حرکتی مذکور را بر فاکتورهای تعادل مطالعه کردند. در تحقیق آن‌ها، افزایش درخور توجهی در چندین معیار مرکز فشار پس از آزمون شش دقیقه راه رفتن مشاهده شد (۲۳)؛ به‌طور کلی، افزایش نوسان در جهت قدامی-خلفی، در جهت داخلی-خارجی و طول مسیر مرکز فشار گزارش

شد که با نتایج پژوهش حاضر همسوست؛ البته باید به این نکته توجه کرد که در تحقیق موريسن و همکاران، بزرگسالان مسن (با میانگین سنی $56/1 \pm 9/1$ سال) حضور داشتند (۲۳) که این نمونه با تحقیق حاضر دارای تفاوت درخور توجهی است. در تفسیر این قضیه، احتمال دارد که در اغلب گروه‌های سنی بیماران ام‌اس، خستگی اثر منفی بر کنترل قامت می‌گذارد. پژوهش درینگر و همکاران از دیگر مطالعات همسوست. آن‌ها به مقایسه افراد دارای ام‌اس و افراد سالم با پاسچروگرافی ایستا قبل و بعد از شش دقیقه راه رفتن پرداختند. نتایج نشان داد، نوسان پاسچرال پس از شش دقیقه راه رفتن با افزایش ناشی از خستگی در گروه دارای ام‌اس همراه است (۲۴). علاوه بر این، جالولی و همکاران اثر خستگی بر کنترل پاسچرال را در افراد دارای ام‌اس مطالعه کردند. محدوده نوسان بعد از اعمال خستگی ناشی از فعالیت به‌طور معنادار افزایش یافت که با پژوهش حاضر همسوست؛ از این رو تحقیق جالولی و همکاران به این نکته اشاره کرد که تکلیف خسته‌کننده بر کنترل پاسچرال تأثیر منفی دارد (۱۶). ون امریک و همکاران در مطالعه‌ای مشابه روی زنان دارای ام‌اس، موضوع خستگی اضافی را در گروه دارای این بیماری و کنترل پاسچرال بررسی کردند؛ به‌طوری‌که جابه‌جایی مرکز فشار در جهت قدامی دارای تفاوت معناداری بود و همسو با تحقیق حاضر است؛ اما جابه‌جایی مرکز فشار در جهت خلفی در حرکت خم شدن به عقب، تفاوت معناداری نداشت (۱۱). این نتیجه ناهمسو با پژوهش حاضر است و نشان داد، وابستگی بیشتر به بینایی در افراد مبتلا به ام‌اس، به‌خصوص در حرکات جهت خلفی است. تفاوت تکلیف خستگی در دو تحقیق می‌تواند دلیل همسوی نبودن نتایج باشد. شدت فعالیت مداخله برای ایجاد خستگی، ممکن است نتایج مختلفی را در ارزیابی کنترل قامتی ارائه دهد. در مطالعات مذکور از یک پروتکل خستگی با زمان و شدت مشخص و یکسان در بازه‌ای زمانی محدود استفاده شد. این در حالی است که در پژوهش حاضر یک پروتکل متناسب و تأیید شده برای افراد دارای ناتوانی‌های حرکتی مانند بیماران ام‌اس (۱۹) به‌کار رفت و این افراد به ادامه فعالیت تا ایجاد شرایط واماندگی ترغیب شدند. با در نظر داشتن این تفاوت‌ها می‌توان با قطعیت بیشتر در رابطه با صحت نتایج به‌دست‌آمده صحبت کرد. از طرفی، نتایج متناقض را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که زنان انقباض خسته‌کننده را برای مدت طولانی‌تری در مقایسه با مردان حفظ می‌کنند (۲۵).

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود. نتایج این تحقیق تعمیم‌یافتنی به افراد دارای ام‌اس کمتر از بیست سال و بیشتر از پنجاه سال نیست. علاوه بر این، برخی از عوامل تأثیرگذار بر خستگی و کنترل قامت افراد دارای ام‌اس نظیر کیفیت خواب و اختلال شناختی، بررسی نشد.

۵ نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج پژوهش حاضر، به‌نظر می‌رسد تکلیف حرکتی خسته‌کننده بر کنترل قامتی افراد مبتلا به ام‌اس تأثیر منفی دارد. در این مطالعه مشاهده شد، نوسانات مرکز فشار در جهت‌های قدامی-خلفی و داخلی-خارجی افزایش یافته و محدوده نوسانات قامتی در حالت خستگی بیشتر شده است. در نهایت، به‌نظر می‌رسد خستگی ناشی از

تمرین بدنی منجر به افزایش جابه‌جایی بیشتر مرکز فشار در بیماران ام‌اس در مقایسه با افراد سالم می‌شود؛ با این حال، برای بررسی دقیق‌تر عوامل تأثیرگذار بر کنترل قامت این افراد، نیاز به تحقیقات بیشتر و دقیق‌تر وجود دارد.

رضایت برای انتشار
این امر غیرفایل اجرا است.
تضاد منافع
بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

۶ تشکر و قدردانی

از زحمات اساتید محترم گروه رفتار حرکتی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی و شرکت‌کنندگانی که در این تحقیق یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مالی
مقاله حاضر براساس رساله دکتری رشته رفتار حرکتی خانم زهرا گلزاری به‌راهنمایی دکتر فرهاد قدیری و دکتر رسول یاعلی و مشاوره دکتر حمیدالله حسنلویی و دکتر بهنام جبه‌داری است.
مشارکت نویسندگان
تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

۷ بیانیه‌ها

تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان
در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورعمل کمیته اخلاق دانشگاه تهران در نظر گرفته شد و کد اخلاق به‌شماره IR.UT.PSYEDU.REC.1401.076 دریافت شد.

References

1. Stojanov A, Vojinovic S, Stojanov J, Malobabic M, Stevic M, Milosevic V, et al. Quality of sleep and fatigue in patients with the relapsing–remitting multiple sclerosis during the coronavirus disease–2019 pandemic. Clin Neurol Neurosurg. 2021;205:106640. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106640>
2. Marques KAP, Trindade CBB, Almeida MCV, Bento-Torres NVO. Pilates for rehabilitation in patients with multiple sclerosis: a systematic review of effects on cognition, health-related physical fitness, general symptoms and quality of life. J Bodyw Mov Ther. 2020;24(2):26–36. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.01.008>
3. de Sèze J, Devy R, Planque E, Delabrousse-Mayoux JP, Vandhuick O, Kabir M, et al. Fatigue in teriflunomide-treated patients with relapsing remitting multiple sclerosis in the real-world Teri-FAST study. Mult Scler Relat Disord. 2021;47:102659. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2020.102659>
4. Sosnoff JJ, Shin S, Motl RW. Multiple sclerosis and postural control: the role of spasticity. Arch Phys Med Rehabil. 2010;91(1):93–9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.09.013>
5. Mosadegh Y, Nasiri M, Ghadimi Kalate Z, Alghosbi M. Cognitive task on stance phase timing of walking in multiple sclerosis patients. Middle Eastern Journal of Disability Studies. 2019;9:83. [Persian] <https://jdisabilstud.org/article-1-1086-en.pdf>
6. Lopez LP, Palmero NV, Ruano LG, San Leon Pascual C, Orile PW, Down AV, et al. The implementation of a reflex locomotion program according to Vojta produces short-term automatic postural control changes in patients with multiple sclerosis. J Bodyw Mov Ther. 2021;26:401–5. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.01.001>
7. Abou L, Wong E, Peters J, Dossou MS, Sosnoff JJ, Rice LA. Smartphone applications to assess gait and postural control in people with multiple sclerosis: a systematic review. Mult Scler Relat Disord. 2021;51:102943. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2021.102943>
8. Santinelli FB, Barbieri FA, Pinheiro CF, Amado AC, Sebastião E, van Emmerik REA. Postural control complexity and fatigue in minimally affected individuals with multiple sclerosis. J Mot Behav. 2019;51(5):551–60. <https://doi.org/10.1080/00222895.2019.1567458>
9. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: theory and practical applications. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1995; 89–90.
10. Taborri J, Agostini V, Artemiadis PK, Ghislieri M, Jacobs DA, Roh J, et al. Feasibility of muscle synergy outcomes in clinics, robotics, and sports: a systematic review. Appl Bionics Biomech. 2018;2018:3934698. <https://doi.org/10.1155/2018/3934698>
11. Van Emmerik REA, Remelius JG, Johnson MB, Chung LH, Kent-Braun JA. Postural control in women with multiple sclerosis: effects of task, vision and symptomatic fatigue. Gait Posture. 2010;32(4):608–14. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.002>
12. Prosperini L, Castelli L. Spotlight on postural control in patients with multiple sclerosis. Degener Neurol Neuromuscul Dis. 2018;8:25–34. <https://doi.org/10.2147/dnnd.s135755>
13. Pilutti LA, Greenlee TA, Motl RW, Nickrent MS, Petruzzello SJ. Effects of exercise training on fatigue in multiple sclerosis: a meta-analysis. Psychosom Med. 2013;75(6):575–80. <https://doi.org/10.1097/psy.0b013e31829b4525>

14. Newland P, Starkweather A, Sorenson M. Central fatigue in multiple sclerosis: a review of the literature. *J Spinal Cord Med.* 2016;39(4):386–99. <https://doi.org/10.1080/10790268.2016.1168587>
15. Liepert J, Mingers D, Heesen C, Bäumer T, Weiller C. Motor cortex excitability and fatigue in multiple sclerosis: a transcranial magnetic stimulation study. *Mult Scler.* 2005;11(3):316–21. <https://doi.org/10.1191/1352458505ms1163oa>
16. Jallouli S, Ben Dhia I, Sakka S, Mhiri C, Yahia A, Elleuch MH, et al. Combined effect of gender differences and fatiguing task on postural balance, functional mobility and fall risk in adults with multiple sclerosis: a preliminary study. *Neurol Res.* 2022;44(12):1074–85. <https://doi.org/10.1080/01616412.2022.2112370>
17. Sun R, McGinnis R, Sosnoff JJ. Novel technology for mobility and balance tracking in patients with multiple sclerosis: a systematic review. *Expert Rev Neurother.* 2018;18(11):887–98. <https://doi.org/10.1080/14737175.2018.1533816>
18. Rottoli M, La Gioia S, Frigeni B, Barcella V. Pathophysiology, assessment and management of multiple sclerosis fatigue: an update. *Expert Rev Neurother.* 2017;17(4):373–9. <https://doi.org/10.1080/14737175.2017.1247695>
19. Wright KE, Lyons TS, Navalta JW. Effects of exercise-induced fatigue on postural balance: a comparison of treadmill versus cycle fatiguing protocols. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(5):1303–9. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2553-z>
20. Hegazy BS, Badawy MS, Rashad D, Mohammad UM, El-Gendy HH. Effect of dual task on balance in multiple sclerosis patients. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine.* 2021;8(3):2637–43.
21. Penner IK, Bechtel N, Raselli C, Stöcklin M, Opwis K, Kappos L, et al. Fatigue in multiple sclerosis: relation to depression, physical impairment, personality and action control. *Mult Scler.* 2007;13(9):1161–7. <https://doi.org/10.1177/1352458507079267>
22. Gervasoni E, Cattaneo D, Jonsdottir J. Effect of treadmill training on fatigue in multiple sclerosis: a pilot study. *Int J Rehabil Res.* 2014;37(1):54–60. <https://doi.org/10.1097/mrr.0000000000000034>
23. Morrison S, Armitano-Lago C, Rynders CA, Sosnoff JJ. Changes in trunk and head acceleration during the 6-minute walk test and its relation to falls risk for adults with multiple sclerosis. *Exp Brain Res.* 2022;240(3):927–39. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06296-1>
24. Drebingen D, Rasche L, Kroneberg D, Althoff P, Bellmann-Strobl J, Weygandt M, et al. Association between fatigue and motor exertion in patients with multiple sclerosis: a prospective study. *Front Neurol.* 2020;11:208. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00208>
25. Hunter SK, Critchlow A, Shin IS, Enoka RM. Men are more fatigable than strength-matched women when performing intermittent submaximal contractions. *J Appl Physiol (1985).* 2004;96(6):2125–32. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01342.2003>