DOI: 10.48305/jims.v43.i840.1553

مجله دانشکده پزشکی اصفهان | سال چهل و سوم/شماره‌ی ۸۴۰/هفته‌ی چهارم دی ۱۴۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۹ | تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱۰/۲۸

تأثیر ۱۲ هفته تمرینات کششی بر هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی تحت خستگی حین راه رفتن در زنان مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس

فاطمه فرهمندی[۱]، لیلا غزاله[۲]، سید مسعود نبوی[۳]، محمدرضا کردی[۴]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: تضعیف هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی در افراد مبتلا به مولتیپل‌اسکلروزیس MS (Multiple Sclerosis) باعث اختلال در راه رفتن می‌شود. خستگی یکی از شایع‌ترین علائم در بیماری MS است که بر توانایی‌های حرکتی و کیفیت زندگی بیماران تأثیر منفی می‌گذارد. پژوهش حاضر به بررسی تأثیر ۱۲هفته تمرینات کششی ایستا بر هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی تحت خستگی حین راه رفتن در زنان مبتلا به MS پرداخت.

روش‌ها: مطالعه‌ی حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی بود. آزمودنی‌ها ۲۸ نفر زن مبتلا به MS عودکننده فروکش‌کننده و مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده ۰ الی ۵ بودند (قد ۴/۷۴ ± ۱۶۰/۱۲، وزن ۹/۹۸ ± ۶۳/۰۹، شاخص توده‌ی بدنی ۳/۲۹ ± ۲۴/۵۶) که به صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۱۳ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. پروتکل تمرینی شامل ۱۲هفته تمرینات کششی ایستا (۴ جلسه در هفته) بود که در خانه انجام می‌شد. گروه کنترل در این ۱۲ هفته هیچگونه فعالیت ورزشی انجام ندادند. هماهنگی ۳ جفت مفصل پای برتر در مرحله‌ی استقرار راه رفتن با استفاده از دوربین‌های آنالیز حرکت و فورس پلیت در ۴ نوبت (قبل و پس از ۱۲هفته، قبل و پس از خستگی) اندازه‌گیری شد. پروتکل خستگی شامل درجا زدن تا یک دقیقه پس از مقیاس ۱۷بورگ بود. روش آماری پژوهش تحلیل واریانس یکراهه با اندازه‌گیری مکرر بود.

یافته‌ها: تمرینات کششی ایستا مزمن، تأثیر معنی‌داری بر هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی نداشت (ران–مچ پا P = ۰/۱۲) (زانو–مچ پا P = ۰/۵۹) (ران–زانو P = ۰/۷۱). خستگی، تأثیر معنی‌داری بر هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی نداشت (ران–مچ پا P = ۰/۴۴) (زانو–مچ پا P = ۰/۳۲) (ران–زانو P = ۰/۷۵).

نتیجه‌گیری: ۱۲ هفته تمرینات کششی ایستا در خانه منجر به بهبود هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی زنان مبتلا به MS نشد. خستگی تأثیری بر هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی در زنان مبتلا به MS نداشت.

واژگان کلیدی: تمرینات کششی عضلات؛ خستگی؛ مولتیپل اسکلروزیس؛ نوع عودکننده– فروکش‌کننده

ارجاع: فرهمندی فاطمه، غزاله لیلا، نبوی سید مسعود، کردی محمدرضا. **تأثیر ۱۲ هفته تمرینات کششی بر هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی تحت خستگی حین راه رفتن در زنان مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۴؛ ۴۳ (۸۴۰): ۱۵۵۳– ۱۵۶۱.

مقدمه

مولتیپل‌اسکلروزیس (Multiple Sclerosis) MS، یک بیماری التهابی مزمن است که باعث میلین‌زدایی عصب در سیستم عصبی‌مرکزی می‌شود (۱). اگرچه علت بیماری اماس مشخص نیست، دلایل مختلفی از جمله ژنتیک، مکانیسم‌های خود ایمنی و عوامل محیطی، به ویژه عفونت‌های ویروسی در بروز این بیماری مؤثر هستند (۲). ۲/۵ میلیون نفر در سراسر جهان از بیماری MS رنج می‌برند و شیوع آن در زنان دو برابر بیشتر از مردان می‌باشد (۳). بیماری MS می‌تواند منجر به ظهور علائم جسمی و روحی قابل توجه مانند اختلالات حسی و حرکتی در اندام‌ها، مکانیک غیرطبیعی راه‌رفتن، تضعیف هماهنگی، ضعف عضلانی، اسپاسم، خستگی و افسردگی شود (۴–۸).

راه رفتن به عنوان مهم‌ترین عملکرد بدن در طیف ناتوانی‌های

۱- کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

۳- استاد، گروه پزشکی، مدیر گروه نورولوژی و اماس، پژوهشگاه رویان، پژوهشکده زیست‌شناسی و فناوری سلول‌های بنیادی جهاد دانشگاهی، مرکز تحقیقات علوم سلولی گروه پزشکی بازساختی، تهران، ایران

۴- استاد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: فاطمه فرهمندی: کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

Email: Fatemefarahmandi76@gmail.com

افراد مبتلا به MS قرار می‌گیرد (۹). ۸۵ درصد افراد مبتلا به MS مشکل راه رفتن دارند (۷). راه رفتن بهینه نتیجه حرکت هماهنگ مفاصل اندام‌تحتانی است (٦). هماهنگی یک استراتژی کنترل‌کننده برای راه رفتن هموار و کارآمد است و به عنوان توانایی سازماندهی صحیح حرکات بین مفاصل تعریف می‌شود (۷). عواملی مانند اسپاسیتی (۵)، ضعف عضلانی (۱۰)، اختلالات حسی‌حرکتی (۱۱) و تخریب غلاف میلین (۱۲) در تضعیف هماهنگی مفاصل افراد مبتلا به MS نقش دارند. بطوریکه عضلات دوقلو و همسترینگ که مسئول جابه‌جایی بدن هستند در افراد مبتلا به MS دچار اسپاسم می‌شوند. همین امر باعث سفتی در مفاصل اندام تحتانی و تضعیف هماهنگی مفاصل می‌گردد (۵).

مطالعه‌ی Zajac نشان داد، ضعف عضلات در افراد مبتلا به MS می‌تواند فعال‌سازی عضلات را دچار اختلال کرده و همین امر منجر به تضعیف هماهنگی مفاصل شود (۱۰). از سوی دیگر اختلالات حسی‌حرکتی و آسیب حس‌عمقی می‌تواند باعث تضعیف حس موقعیت و حرکت مفاصل حین اجرای عملکرد حرکتی شود. همین امر باعث سفتی در مفاصل اندام تحتانی و تضعیف هماهنگی مفاصل می‌گردد (۱۱، ۱۳).

خستگی، یکی از شایع‌ترین و ناتوان کننده‌ترین علائم تجربه شده توسط افراد مبتلا به MS می‌باشد که بر کیفیت زندگی آنها تأثیر منفی می‌گذارد. خستگی افراد مبتلا به MS چند بعدی است و از اجزای مختلفی مانند خستگی درک شده فیزیکی و شناختی و خستگی پذیری عملکردی تشکیل شده است. خستگی پذیری عملکردی غیرطبیعی در افرد مبتلا به MS ناشی از کاهش فعال‌سازی مرکزی و هدایت عصبی به عضلات (عمدتاً عضلات اندام‌های تحتانی) است که منجر به تغییر در به کارگیری واحدهای حرکتی و کاهش حداکثر سرعت شلیک واحد حرکتی می‌شود (١٤). در نتیجه خستگی‌پذیری حرکتی در افراد مبتلا به MS به کاهش نیرو، قدرت، سرعت و دقت پس از انجام فعالیت بدنی اطلاق می‌شود (۱۵). در افراد سالم خستگی منجر به کاهش هماهنگی مفاصل می‌شود (١٦)، اما تاکنون اثر خستگی بر هماهنگی در افراد مبتلا به MS بررسی‌نشده‌است.

دارو درمانی و روش‌های مکمل درمانی مانند فعالیت ورزشی برای کاهش علائم افراد مبتلا به ام اس بسیار حائز اهمیت است. داروها می‌توانند پیشرفت و وخامت بیماری MS را به تأخیر بیندازند، اما بیشتر بیماران با درجات مختلفی از علائم بیماری MS مانند ضعف و اسپاسم عضلانی و غیره باقی می‌مانند (۱۷).

فعالیت ورزشی، یک جنبه‌ی اساسی در مدیریت این بیماری و افزایش فعالیت بدنی برای مقابله با بی‌تحرکی و کاهش سایر علائم می‌باشد (۳). از جمله فعالیت‌های ورزشی که به افراد مبتلا به MS توصیه می‌شود تمرینات کششی است (٤). کشش به عنوان اعمال نیرو بر ساختارهای عضلانی- وتری با هدف تغییر طول آنها، بهبود دامنه‌ی حرکتی مفصل، کاهش سفتی و درد عضلانی تعریف شده است (۱۸). کشش ایستا، متداول‌ترین نوع کشش است که شامل قراردادن اندام‌ها در حداکثر دامنه‌ی حرکتی و حفظ آن برای مدت زمان معین است (۱۹). این نوع کشش به دلایل مقرون به صرفه بودن، آموزش راحت و اجرای آسان، عدم نیاز به یارکمکی و تجهیزات و همچنین فوایدی که نسبت به تمرینات کششی دیگر دارد، استفاده از آن به افراد مبتلا به MS توصیه می‌شود (۲۰، ۲۱). کشش ایستا موجب افزایش دامنه‌حرکتی مفصل، تغییر رابطه طول- تنش، انطباق واحد تاندون- عضله و هایپرتروفی عضلانی می‌شود (۲۲-۲٤).

Thomas و همکاران نشان دادند، تمرینات کششی ایستا در مقایسه با سایر تمرینات کششی تغییرات بیشتری در دامنه‌ی حرکتی مفصل ایجاد می‌کند (۲۵). تمرینات کششی همچنین باعث تغییر رابطه طول- تنش می‌شود، بطوریکه طول عضلانی بیشتر باعث افزایش تولید نیرو در آن عضله می‌شود (۲۲). انطباق واحد تاندون- عضله به دلیل تغییر در خاصیت ویسکوالاستیک و یا کاهش سفتی رفلکس رخ می‌دهد (۲٦). مطالعات حیوانی نشان می‌دهند، کشش مزمن باعث هایپرتروفی و افزایش طول تار عضلانی می‌شود (۲۷، ۲۸)، این امر می‌تواند ناشی از افزایش سنتز پروتئین و افزودن سارکومرهای سری باشد (۲۸). افزایش طول عضلات اسپاسم عضلانی در افراد مبتلا به MS کاهش می‌دهد (٤).

با درنظر گرفتن عواملی که باعث تضعیف هماهنگی مفاصل در افراد مبتلا به MS می‌شوند و باتوجه به اثرات فیزیولوژیکی تمرینات کششی بر سیستم اسکلتی- عضلانی می‌توان این سؤال را مطرح کرد که آیا تمرینات کششی مزمن می‌توانند باعث بهبود هماهنگی مفاصل و کاهش تاثیر خستگی بر هماهنگی در افراد مبتلا به MS شوند؟ تنها در دو مطالعه تأثیر تمرینات کششی مزمن بر علائم افراد مبتلا به MS بررسی شده است.

Ponzano و همکاران، اثر ١٦هفته تمرینات کششی ایستا در افراد مبتلا به MS مورد ارزیابی قرار دادند و اظهار داشتند که حرکات کششی ایستا باعث افزایش انعطاف‌پذیری می‌شود اما تأثیری بر تعادل ندارد (۲۹). همچنین در مطالعه‌ی Pazokian و همکاران، تأثیر تمرینات کششی همراه با تمرینات هوازی و تمرینات هوازی به تنهایی را بر خستگی افراد مبتلا به MS مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنان نشان داد تمرینات کششی همراه با تمرینات هوازی منجر به بهبود قابل توجهی در خستگی افراد مبتلا به MS شد (۳۰). طبق بررسی های به عمل آمده تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با تأثیر تمرینات کششی بر هماهنگی مفاصل در افراد مبتلا به MS صورت نگرفته است.

افراد مبتلا به MS بدلیل مشکلاتی مانند افسردگی (۳۱) و خستگی (۳۲) تمایلی به حضور در محیط‌های ورزشی ندارند. لذا انجام تمرینات

ورزشی در خانه می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش علائم بیماری آنها باشد. بخشی از پژوهش‌هایی که تأثیر ورزش بر کاهش علائم بیماری MS را بررسی کرده‌اند بر تمرینات در خانه متمرکز بوده‌اند و نتایج مثبتی را نیز اظهار کرده‌اند (۳۳، ۳٤). هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۱۲هفته تمرینات کششی ایستا در خانه بر هماهنگی مفاصل حین راه‌رفتن و هماهنگی تحت خستگی در زنان مبتلا به MS می‌باشد.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود که با کد IR.SSRC.REC.1403.022 در کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی مورد تأیید قرار گرفت. آزمودنی‌ها از طریق اطلاعات مندرج در فرم رضایت‌نامه نسبت به نحوه‌ی اجرای آزمون‌ها و نحوه‌ی انتشار نتایج آگاه شدند و قبل از شرکت در آزمون فرم رضایت‌نامه را امضا نمودند. پژوهش حاضر سال ۱٤۰۱ در آزمایشگاه آنالیز حرکت دانشکده علوم ورزشی دانشگاه الزهرا تهران انجام شده است.

جامعه‌ی آماری پژوهش حاضر، زنان مبتلا به MS با دامنه‌ی سنی ٤۵-۳۰ سال بودند. از بین جامعه‌ی آماری ۳٦ نفر انتخاب شدند، تعداد ۲۸ نفر بر اساس معیارهای ورود به پژوهش گزینش و به روش تصادفی ساده در دو گروه تجربی (۱۳ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G-Power تعیین شد (۳۵). این نرم‌افزار نشان داد در روش آماری اندازه‌گیری مکرر برای دستیابی به اندازه‌ی اثر برابر با ۰/۲۵ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و توان آماری ۰/۸۰ برای دو گروه نیاز به حجم نمونه‌ی ۲۸ نفری می‌باشد. آزمودنی‌ها از طریق مراجعه به مطب پزشک متخصص مغز و اعصاب در شهر تهران انتخاب می‌شدند. لازم به ذکر می‌باشد تشخیص بیماری MS و کنترل معیارهای ورود به پژوهش توسط پزشک متخصص مغز و اعصاب انجام شده است.

معیارهای ورود به پژوهش شامل ابتلا به بیماری MS، فنوتیپ عودکننده بهبودیابنده، EDSS ۰ تا ۵، نداشتن عود بیماری در ۳ ماه گذشته، عدم ابتلا به بیماری‌های مقاوم و درمان نشده و نداشتن سابقه‌ی فعالیت ورزشی در 6 ماه گذشته بود. حضور نامنظم و غیبت در جلسات تمرینی و عود بیماری به عنوان معیارهای خروج از پژوهش در نظر گرفته شدند.

تمرینات کششی به مدت ۱۲ هفته (٤ جلسه در هفته) انجام شدند. تمرینات کششی متمرکز بر عضلات اندام‌تحتانی بود، البته عضلات اندام فوقانی و تنه نیز تحت کشش قرار گرفتند. پروتکل تمرینی پژوهش حاضر بر اساس توصیه‌های مربوط به تمرینات کششی در افراد مبتلا به MS طراحی شد (۳٦). هر جلسه تمرینی شامل ۵ دقیقه گرم‌کردن با حرکات پویا بود. بدنه اصلی تمرینات هفته اول تا هشتم شامل ۸ حرکت از تمرینات منتخب کشش ایستا (۵ گروه عضلانی در اندام تحتانی و ۳ گروه عضلانی در اندام فوقانی) و مدت زمان جلسات تمرینی ۱٦ الی ۲٤ دقیقه بود. بدنه اصلی تمرینات هفته‌ی نهم تا دوازدهم شامل ۵ حرکت کششی از گروه عضلانی اندام تحتانی (۳ جلسه در هفته) و ۵ حرکت از گروه عضلانی اندام فوقانی و تنه (یک جلسه در هفته) و مدت زمان جلسات تمرینی ٤۵ دقیقه بود. شدت کشش در طی ۱۲هفته تا آستانه درد در نظر گرفته شده بود. اصل اضافه بار با افزایش حجم تمرین (افزایش مدت زمان کشش هر عضله و تعداد تکرارها) اعمال شد. اطلاعات مربوط به برنامه تمرین در طول ۱۲ هفته به تفکیک هر جلسه در جدول ۱ ارائه شده‌است.

جدول ۱. برنامه‌ی ۱۲ هفته تمرینات کشش ایستا در گروه تجربی

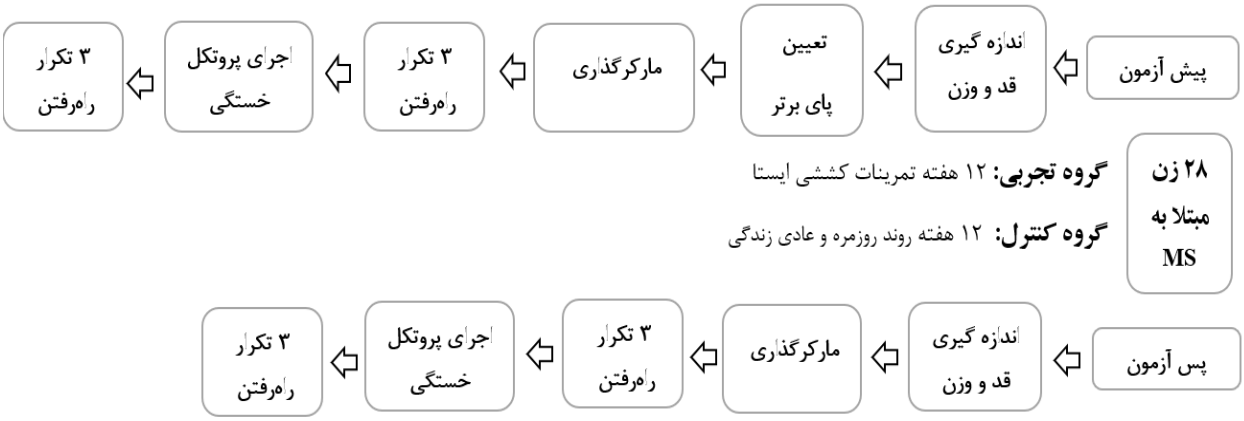
جلسه	تمرینات	تکرار	مدت کشش (ثانیه)	استراحت (ثانیه)	زمان هر جلسه تمرین (دقیقه)
هفته اول و دوم (جلسات ۱ تا ۸)	کشش ۵ گروه عضلانی در اندام‌تحتانی و ۳ گروه عضلانی در اندام فوقانی	۲	۲۵	۳۰	۱۶
هفته سوم و چهارم (جلسات ۹ تا ۱۶)	کشش ۵ گروه عضلانی در اندام‌تحتانی و ۳ گروه عضلانی در اندام فوقانی	۲	۳۵	۳۰	۱۸
هفته پنجم و ششم (جلسات ۱۷ تا ۲۴)	کشش ۵ گروه عضلانی در اندام تحتانی و ۳ گروه عضلانی در اندام فوقانی	۲	۳۵	۲۵	۱۸
هفته هفتم و هشتم (جلسات ۲۵ تا ۳۲)	کشش ۵ گروه عضلانی در اندام تحتانی و ۳ گروه عضلانی در اندام فوقانی	۳	۳۵	۲۵	۲۴
هفته نهم تا دوازدهم (جلسات ۳۳ تا ۴۸)	جلسه ۱ کشش ۵ گروه عضلانی در اندام تحتانی	۳	۶۰، ۵۰، ۵۵	۲۵	۴۵
	جلسه ۲ کشش ۵ گروه عضلانی در اندام فوقانی و تنه	۳	۵۰	۲۵	۱۷
	جلسه ۳ کشش ۵ گروه عضلانی در اندام تحتانی	۳	۶۰، ۵۰، ۵۵	۲۵	۴۵
	جلسه ۴ کشش ۵ گروه عضلانی در اندام تحتانی	۳	۶۰، ۵۰، ۵۵	۲۵	۴۵

نحوه‌ی اجرای تمرینات توسط محقق به هریک از آزمودنی‌ها بطورجداگانه آموزش داده می‌شد. سپس یک فایل الکترونیکی که شامل تصاویر تمرینات کششی، توضیح پروتکل‌های تمرینی و همچنین یک ویدیو که در آن شیوه‌ی گرم کردن برای هر جلسه آموزش داده شده بود در اختیار گروه تجربی قرارگرفت و هر آزمودنی به صورت انفرادی در خانه به انجام تمرینات پرداخت. محقق بطور منظم با بیماران در ارتباط بود و نحوه اجرای تمرینات را نظارت می‌کرد. بطوریکه جلسات تمرینی را به آزمودنی‌ها یادآور می‌شد و آن‌ها موظف بودند گزارش انجام تمرینات هر جلسه را به محقق اطلاع دهند. علاوه بر این به منظور کنترل دقیق اجرای تمرینات محقق هر هفته بطور تصادفی با آزمودنی‌ها تماس تصویری می‌گرفت.

به منظور ارزیابی متغیر وابسته، آزمودنی‌های هر دو گروه تجربی و کنترل در دو جلسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون (قبل و پس از ۱۲ هفته) در آزمایشگاه حضور پیدا کردند. نحوه‌ی شرکت آزمودنی‌ها در جلسات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در شکل ۱ نشان‌داده شده است. در دو جلسه‌ی پیش‌آزمون و پس‌آزمون هماهنگی قبل و پس از اعمال پروتکل خستگی مورد اندازه‌گیری قرارگرفت. پروتکل خستگی شامل درجا زدن با سرعت ۹۵ ضربه در دقیقه تا یک دقیقه پس از مقیاس ۱۷ بورگ (Ratings of Perceived Exertion) RPE (٦ =بدون خستگی، ۲۰ = حداکثر خستگی) بود (۳۷، ۳۸). لازم به ذکر می‌باشد سرعت ۹۵ ضربه در دقیقه بعد از انجام پایلوت مشخص شد و با مترونوم کنترل می‌گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها در پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه تجربی ۱۲ هفته به اجرای تمرینات کششی ایستا در خانه پرداختند. از گروه کنترل نیز خواسته شد به مدت ۱۲هفته هیچ گونه فعالیت ورزشی انجام ندهند و به روند عادی و طبیعی زندگی خود بپردازند.

در جلسات پیش‌آزمون و پس‌آزمون ابتدا مارکرگذاری (۳٦ مارکر ۱٤ میلی‌متری) بر روی لندمارک‌های آناتومیکی پا، ران، ساق و لگن پای برتر به روش visiual3D (V3D) انجام گردید. به منظور تعیین پای برتر از آزمون ضربه به توپ استفاده شد. موقعیت لحظه‌ای مارکرها توسط ۸ دوربین آنالیز حرکت (مدل Oqus +5، شرکت Qualysis، سوئد) با فرکانس ۲۵۰ هرتز ثبت گردید. به منظور ارزیابی هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی حین راه‌رفتن، آزمودنی ۳ مرتبه در طول آزمایشگاه با پای برهنه و سرعت انتخابی خود راه می‌رفت. پس از اجرای آزمون هماهنگی سپس پروتکل خستگی اعمال می‌شد و بلافاصله مجدد آزمون هماهنگی اجرا می‌شد. در طول مسیر راه رفتن از یک فورس پلیت (مدل ۹۲۸٦BA، شرکت Kistler، سوئیس) برای ثبت لحظه اولین برخورد پا و همچنین ثبت لحظه جدا شدن پا از زمین استفاده گردید. داده‌های دوربین و فورس پلیت با استفاده از فیلتر Butterworth (مرتبه ٤ و نقطه برش ۱۰) فیلتر شدند. زوایای مفاصل اندام‌تحتانی با استفاده از نرم‌افزار V3D و هماهنگی ۳ جفت مفصل ران و زانو، زانو و مچ و ران و مچ پا در صفحه فازی سرعت بر حسب زاویه با استفاده نرم‌افزار متلب مورد محاسبه قرارگرفت. هماهنگی مفاصل اندام تحتانی در فاز استقرار راه رفتن به روش فاز نسبی پیوسته مورد ارزیابی قرار گرفت (۳۹).

برای بررسی نرمالیتی داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از روش آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر طرح ۲×٤ (گروه×تکرار آزمون) و نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۷ (version 27, IBM Corporation, Armonk, NY) انجام شد. سطح معنی‌داری $P \leq ۰/۰۵$ درنظر گرفته شد.



شکل ۱. طرح شماتیک نحوه‌ی شرکت آزمودنی‌ها در جلسات پیش‌آزمون و پس‌آزمون

یافته‌ها

اطلاعات دموگرافیک مربوط به آزمودنی‌های گروه تجربی و کنترل در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج مربوط به هماهنگی مفاصل ران و مچ پا در فاز استقرار راه رفتن در گروه تجربی و گروه کنترل در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشـــان داد عامل تکرار آزمون تأثری بر میزان هماهنگی مفاصل ران و مچ پا نداشت (P = ۰/٤٤، F = ۰/۹۲، d = ۰/۰۳). همچنین تغییرات مقادیر هماهنگی در ٤ مرتبه تکرار آزمون در هر دو گروه یکسـان بود. به عبارت دیگر عامل گروه، تأثیری بر هماهنگی مفاصـــل ران و مچ پا نداشـــت (P = ۰/٦۰، d = ۰/۰۱، F = ۰/۲۳).

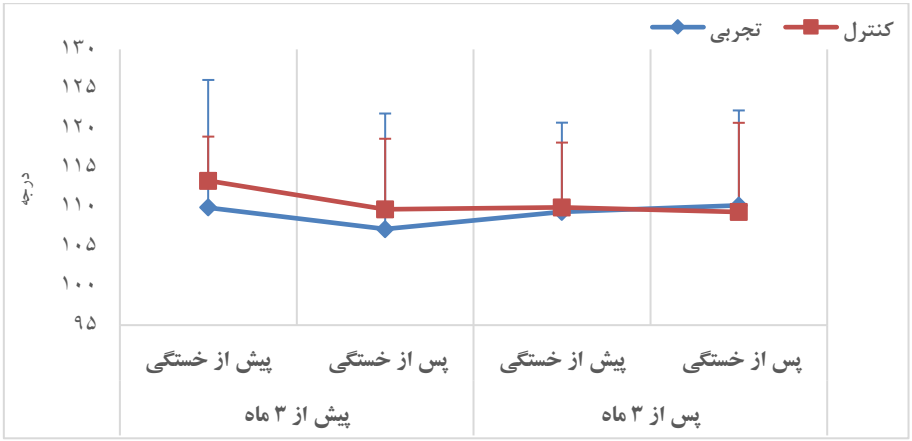
همچنین نتایج نشـــان داد بین عامل گروه و تکرار آزمون تأثیر متقابل وجود ندارد (P = ۰/۱۲، d = ۰/۰۷، F = ۲/۰۳).

نتایج مربوط به هماهنگی مفاصل زانو و مچ پا در فاز استقرار راه رفتن در گروه تجربی و گروه کنترل در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، عامل تکرار آزمون، تأثیری بر میزان هماهنگی مفاصل زانو و مچ پا نداشـــت (P = ۰/۳۲، d = ۰/۰٤، F = ۱۸/۱). همچنین عامل گروه، تأثیری بر هماهنگی مفاصـــل زانو و مچ پا در چهار مرتبه تکرار آزمون نداشـــت (P = ۰/۷۱، d = ۰/۰۰۵، F = ۰/۱٤). بین عامل گروه و تکرار آزمون نیز تاثیر متقابل وجود نداشـــت (P = ۰/۵۹، d = ۰/۰۲، F = ۰/٦۳).

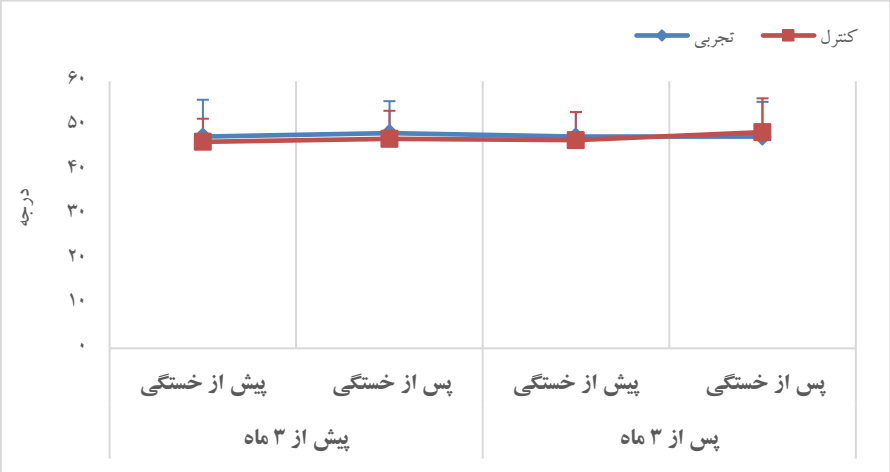
جدول ۲. اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها

گروه‌ها	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده‌ی بدنی	مقیاس وضعیت ناتوانی
تجربی	۱۳	۳۸/۶۹	۱۵۸/۳۸	۶۴/۶۳	۲۵/۳۶	۱/۸۸
کنترل	۱۵	۳۸/۱۳	۱۶۰/۸۶	۶۱/۵۵	۲۳/۷۶	۱/۰۳

شکل ۲. هماهنگی مفاصل ران و مچ پا در فاز استقرار راه رفتن در گروه تجربی و گروه کنترل



شکل ۳. هماهنگی مفاصل زانو و مچ پا در فاز استقرار راه رفتن در گروه تجربی و گروه کنترل



شکل ٤. هماهنگی مفاصل ران و زانو در فاز استقرار راه رفتن در گروه تجربی و گروه کنترل

نتایج مربوط به هماهنگی مفاصل ران و زانو در فاز استقرار راه رفتن در گروه تجربی و گروه کنترل در شکل ٤ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد، عامل تکرار آزمون، تأثیری بر میزان هماهنگی مفاصل ران و زانو نداشت (d = ۰/۰۲، P = ۰/۷۵، F = ۰/٤۰). همچنین تغییرات مقادیر هماهنگی در ٤ مرتبه تکرار آزمون در هر دو گروه یکسان بود. به عبارت دیگر عامل گروه، تأثیری بر هماهنگی مفاصل ران و زانو نداشت (d = ۰/۰۰۳، P = ۰/۸۰، F = ۰/۰٦). همچنین نتایج نشان داد بین عامل گروه و تکرار آزمون تأثیر متقابل وجود ندارد (d = ۰/۰۲، P = ۰/۷۱، F = ۰/٤۷).

بحث

تمرینات ورزشی مناسب و منظم توانایی‌های حرکتی افراد مبتلا به MS را بهبود می‌بخشند. از این‌رو افراد مبتلا به MS می‌توانند از ورزش به عنوان یک فعالیت‌بدنی ایمن و سودمند برای به حداقل رساندن علائم بیماری MS سود ببرند. تمرینات کششی از جمله فعالیت‌های ورزشی است که به این افراد توصیه می‌شوند (٤). پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات کششی مزمن در خانه بر هماهنگی مفاصل اندام تحتانی تحت خستگی حین راه‌رفتن در زنان مبتلا به MS انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد، ۱۲ هفته تمرینات کششی ایستا، تأثیری بر هماهنگی مفاصل اندام تحتانی در مرحله‌ی استقرار راه رفتن در زنان مبتلا به MS نداشت.

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده پژوهشی یافت نشد که تأثیر تمرینات ورزشی را بر هماهنگی مفاصل افراد مبتلا به MS مورد ارزیابی قرار داده باشد، لذا امکان مقایسه‌ی نتایج با پژوهش‌های دیگر وجود ندارد.

نتایج پژوهش Shafizade و همکاران نشان داد، هماهنگی مفاصل اندام تحتانی در افراد مبتلا به MS به دلیل تغییرات ساختاری و عملکردی ناشی از بیماری MS با افراد سالم متفاوت است (٥). در افراد مبتلا به MS، به دلیل تخریب غلاف میلین در چندین ساختار عصبی، به ویژه قشر مغز، گانگلیون‌های پایه در مغز و مخچه می‌تواند بر توانایی ایجاد حرکات هماهنگ اندام‌ها تأثیر بگذارد (۱۲). وضعیت هماهنگی به دلیل بیماری تغییر می‌کند. اگر اندام‌ها به دلیل نقص عصبی سفت‌تر شوند، هماهنگی بین اندام‌ها متعاقباً تغییر می‌کند (٥). همچنین عوامل متعددی مانند اسپاسیتی (٥)، ضعف عضلانی (۱۰) و اختلالات حسی- حرکتی (۱۱) منجر به تضعیف هماهنگی مفاصل در افراد مبتلا به MS می‌شوند، در نتیجه راه‌رفتن در این افراد مختل می‌شود (٦). همچنین Sinkjær و همکاران نشان دادند اسپاسیتی یکی از عوامل مؤثر در ایجاد اختلال در الگوی راه رفتن افراد مبتلا به MS است (٤۰). تحقیقات انجام شده در زمینه اثر تمرینات کششی مزمن نشان می‌دهند کشش سفتی عضلات را کاهش داده و از محدود شدن دامنه‌ی حرکتی ناشی از کاهش فعالیت، ضعف یا اسپاسم عضلانی، جلوگیری می‌کند.

Ponzano و همکاران نیز اظهار داشتند تمرینات کششی ایستا منجر به افزایش انعطاف‌پذیری تاندون- عضله در افراد مبتلا به MS می‌شود (۲۹). از این رو باتوجه به موارد مذکور می‌توان انتظار داشت تمرینات کششی ایستا هماهنگی مفاصل افراد مبتلا به MS را بهبود ببخشد. یکی از دلایل عدم تاثیر تمرینات کششی بر هماهنگی مفاصل افراد مبتلا به MS در پژوهش حاضر، می‌تواند مربوط به EDSS آزمودنی‌های پژوهش باشد که میانگین آن ۱/۸۸ بوده است. به دلیل اینکه نتیجه پژوهش Pau و همکاران نشان داد کاهش هماهنگی بین

مفاصل لندام‌تحتانی در افراد مبتلا به MS حین راه رفتن تحت تأثیر EDSS می‌باشد (٦).

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش حاضر این بود که پروتکل خستگی تاثیری بر هماهنگی مفاصل اندام تحتانی زنان مبتلا به MS حین راه رفتن نداشت. از آنجایی که تاکنون پژوهشی در زمینه‌ی تأثیر خستگی ناشی از فعالیت بدنی بر هماهنگی مفاصل افراد مبتلا به MS انجام نشده است امکان مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعات دیگر وجود ندارد. خستگی در افراد مبتلا به MS به صورت فقدان انرژی جسمی یا روانی که به شکل ذهنی به وسیله بیمار و یا مراقب بیمار درک می‌شود، بروز می‌یابد (٤١). علل ایجاد خستگی در افراد مبتلا به MS به دو دسته خستگی اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. خستگی اولیه مربوط به عواملی مانند دمیلینه شدن و از دست دادن آکسون در سیستم عصبی مرکزی می‌باشد. از سوی دیگر، خستگی ثانویه به دلیل عوامل همراه با بیماری MS مانند کاهش فعالیت بدنی و افسردگی می‌باشد (٤٢، ٤٣). پروتکل خستگی پژوهش حاضر درجا زدن تا یک دقیقه پس از رسیدن به مقیاس RPE۱۷ بود. RPE یک مقیاس معتبر می‌باشد که در مطالعات متعدد برای نظارت بر شدت فعالیت ورزشی افراد مبتلا به اماس استفاده شده است (٣٧). علت عدم تأثیر پروتکل خستگی اعمال شده بر هماهنگی مفاصل می‌تواند مربوط به این باشد که این میزان از خستگی منجر به کاهش هماهنگی مفاصل لندام تحتانی زنان مبتلا به MS حین راه رفتن نمی‌شود. احتمالاً شدت‌های بالاتر خستگی (مقیاس RPE ۱۸-۲۰) منجر به کاهش هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی زنان مبتلا به MS عودکننده فروکش‌کننده می‌شود.

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به پایین بودن میانگین EDSS، حجم نمونه کم و کوتاه بودن مدت زمان دوره‌ی تمرین اشاره‌کرد. از این‌رو توصیه می‌شود پژوهش‌های آتی اثر تمرینات کششی مزمن بر هماهنگی مفاصل افراد مبتلا به MS با EDSS بالاتر، حجم نمونه‌ی بیشتر و مدت زمان بیشتر دوره تمرین را مورد بررسی قرار دهند. علاوه بر این توصیه می‌شود پژوهش‌های آتی پروتکل تمرینی پژوهش حاضر را به جای تمرین در خانه در سالن ورزشی اجرا نمایند، زیرا ممکن است نتایج دیگری حاصل شود.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که ۱۲ هفته تمرینات کششی ایستا در خانه تأثیری بر هماهنگی مفاصل اندام تحتانی در زنان مبتلا به MS عودکننده فروکش‌کننده نداشت. خستگی نیز تأثیری بر میزان هماهنگی مفاصل اندام‌تحتانی زنان مبتلا به MS نداشت.

تشکر و قدردانی

از تمامی بیماران اماس که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند کمال تشکر را داریم.

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیولوژی ورزشی با کد ۲۹۸۳۱۳٤ می‌باشد که در دانشگاه الزهرا به تصویب رسیده و حامی مالی نداشته است.

References

1. Guo LY, Lozinski B, Yong VW. Exercise in multiple sclerosis and its models: Focus on the central nervous system outcomes. J Neurosci Res 2020; 98(3): 509-23.
2. Hosseini SS, Rajabi H, Sahraian MA, Moradi M, Mehri K, Abolhasani M. Effects of 8-week home-based yoga and resistance training on muscle strength, functional capacity and balance in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled study. Asian Journal of Sports Medicine 2018; 9(3): e68807.
3. Cano-Sánchez J, Aibar-Almazán A, Hita-Contreras F, Afanador-Restrepo DF, Martínez-Amat A, Achalandabaso-Ochoa A, et al. Is resistance training an option to improve functionality and muscle strength in middle-aged people with multiple sclerosis? A systematic review and meta-analysis. J Clin Med 2024; 13(5): 1378.
4. Halabchi F, Alizadeh Z, Sahraian MA, Abolhasani M. Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. BMC Neurol 2017; 17(1): 185.
5. Shafizadeh M, Watson PJ, Mohammadi B. Intra-limb Coordination in Gait Pattern in Healthy People and Multiple Sclerosis Patients. Clinical Kinesiology (Online Edition). 2013; 67(3): 32.
6. Pau M, Leban B, Massa D, Porta M, Frau J, Coghe G, et al. Inter-joint coordination during gait in people with multiple sclerosis: A focus on the effect of disability. Mult Scler Relat Disord 2022; 60: 103741.
7. Salehi R, Mofateh R, Mehravar M, Negahban H, Tajali S, Monjezi S. Comparison of the lower limb inter-segmental coordination during walking between healthy controls and people with multiple sclerosis with and without fall history. Mult Scler Relat Disord 2020; 41: 102053.
8. Tillery EE, Clements JN, Howard Z. What's new in multiple sclerosis? Ment Health Clin 2017; 7(5): 213-20.
9. Comber L, Galvin R, Coote S. Gait deficits in people with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. Gait Posture 2017; 51: 25-35.
10. Zajac FE. Muscle coordination of movement: a perspective. J Biomech 1993; 26(Suppl 1): 109-24.
11. Cordo P, Carlton L, Bevan L, Carlton M, Kerr G. Proprioceptive coordination of movement sequences: role of velocity and position information. J Neurophysio 1994; 71(5): 1848-61.

12. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
13. Sainburg RL, Ghilardi MF, Poizner H, Ghez C. Control of limb dynamics in normal subjects and patients without proprioception. J Neurophysiol 1995; 73(2): 820-35.
14. Beretta-Piccoli M, Cescon C, Barbero M, Villiger M, Clijsen R, Kool J, et al. Upper and lower limb performance fatigability in people with multiple sclerosis investigated through surface electromyography: a pilot study. Physiol Meas 2020; 41(2): 025002.
15. Kluger BM, Krupp LB, Enoka RM. Fatigue and fatigability in neurologic illnesses: proposal for a unified taxonomy. Neurology 2013; 80(4): 409-16.
16. Knihs DA, Dias JA, Pupo JD. Effects of different levels of fatigue on vertical jump performance, vertical stiffness, and intralimb coordination. Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine 2022; 11(1): 9-14.
17. Duan H, Jing Y, Li Y, Lian Y, Li J, Li Z. Rehabilitation treatment of multiple sclerosis. Front Immunol 2023; 14: 1168821.
18. Sands WA, McNeal JR, Murray SR, Ramsey MW, Sato K, Mizuguchi S, et al. Stretching and its effects on recovery: A review. Strength & Conditioning Journal. 2013; 35(5): 30-6.
19. Baxter C, Mc Naughton LR, Sparks A, Norton L, Bentley D. Impact of stretching on the performance and injury risk of long-distance runners. Res Sports Med 2017; 25(1): 78-90.
20. Brichetto G, Piccardo E, Pedullà L, Battaglia MA, Tacchino A. Tailored balance exercises on people with multiple sclerosis: a pilot randomized, controlled study. Mult Scler 2015; 21(8): 1055-63.
21. Kaya F, Biçer B, Yuktasir B, Willems ME, Yildiz N. The effects of two different stretching programs on balance control and motor neuron excitability. Journal of Education and Training Studies 2018; 6(5): 85-91.
22. Behm DG, Kay AD, Trajano GS, Alizadeh S, Blazevich AJ. Effects of stretching on injury risk reduction and balance. Journal of Clinical Exercise Physiology 2021; 10(3): 106-16.
23. Wilson SJ, Christensen B, Gange K, Todden C, Hatterman-Valenti H, Albrecht JM. Chronic stretching during 2 weeks of immobilization decreases loss of girth, peak torque, and dorsiflexion range of motion. J Sport Rehabil 2019; 28(1): 67-71.
24. Bigland-Ritchie B, Woods J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. Muscle Nerve 1984; 7(9): 691-9.
25. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The relation between stretching typology and stretching duration: the effects on range of motion. Int J Sports Med 2018; 39(04): 243-54.
26. Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. Exerc Sport Sci Rev 2006; 34(4): 154-8.
27. Tatsumi R. Mechano-biology of skeletal muscle hypertrophy and regeneration: Possible mechanism of stretch-induced activation of resident myogenic stem cells. Anim Sci J 2010; 81(1): 11-20.
28. Goldspink DF, Cox VM, Smith SK, Eaves LA, Osbaldeston NJ, Lee DM, et al. Muscle growth in response to mechanical stimuli. Am J Physiol 1995; 268(2): E288-E97.
29. Ponzano M, Beratto L, Mazza C, Di Tommaso S, Abate Daga F, Allois R, et al. Benefits of static stretching, Pilates® and elastic bands resistance training on patients with relapsing-remitting multiple sclerosis: A longitudinal study. J Neurol Neurophysiol 2017; 8: 4.
30. Pazokian M, Shanan M, Zakerimoghadam M, Mehran A, Yekefallah L. The comparative effects of stretching with aerobic and aerobic exercises on fatigue in multiple sclerosis patients: a randomized controlled clinical trial [in Persian]. Qom Univ Med Sci J 2013; 7(1): 50-6.
31. Patten SB, Marrie RA, Carta MG. Depression in multiple sclerosis. International Review of Psychiatry 2017; 29(5): 463-72.
32. Manjaly Z-M, Harrison NA, Critchley HD, Do CT, Stefanics G, Wenderoth N, et al. Pathophysiological and cognitive mechanisms of fatigue in multiple sclerosis. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2019; 90(6): 642-51.
33. Eldemir K, Guclu-Gunduz A, Eldemir S, Saygili F, Ozkul C, Irkec C. Effects of Pilates-based telerehabilitation on physical performance and quality of life in patients with multiple sclerosis. Disabil Rehabil 2024; 46(9): 1807-14.
34. Tarakci E, Tarakci D, Hajebrahimi F, Budak M. Supervised exercises versus telerehabilitation. Benefits for persons with multiple sclerosis. Acta Neurol Scand 2021; 144(3): 303-11.
35. Kang H. Sample size determination and power analysis using the G* Power software. J Educ Eval Health Prof 2021; 18: 17.
36. Ronai P, LaFontaine T, Bollinger L. Exercise guidelines for persons with multiple sclerosis. Strength & Conditioning Journal 2011; 33(1): 30-3.
37. Sehle A, Vieten M, Sailer S, Mündermann A, Dettmers C. Objective assessment of motor fatigue in multiple sclerosis: the Fatigue index Kliniken Schmieder (FKS). J Neurol 2014; 261(9): 1752-62.
38. Williams N. The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. Occupational medicine 2017; 67(5): 404-5.
39. Lamb PF, Stöckl M. On the use of continuous relative phase: Review of current approaches and outline for a new standard. Clin Biomech (Bristol) 2014; 29(5): 484-93.
40. Sinkjær T, Andersen JB, Nielsen JF, Nielsen J. Impaired stretch reflex and joint torque modulation during spastic gait in multiple sclerosis patients. J Neurol 1996; 243(8): 566-74.
41. Ayache SS, Serratrice N, Abi Lahoud GN, Chalah MA. Fatigue in multiple sclerosis: a review of the exploratory and therapeutic potential of non-invasive brain stimulation. Front Neurol 2022; 13: 813965.
42. Strober LB. Fatigue in multiple sclerosis: a look at the role of poor sleep. Front Neurol 2015; 6: 21.
43. Zimek D, Miklusova M, Mares J. Overview of the current pathophysiology of fatigue in multiple sclerosis, its diagnosis and treatment options–review article. Neuropsychiatr Dis Treat 2023: 2485-97.

DOI: *10.48305/jims.v43.i840.1553*

Journal of Isfahan Medical School **Vol. 43, No. 840, 4th Week, January 2026**

Received: 02.02.2025?? Accepted: 10.12.2025 Published: 18.01.2026

The Effect of 12 Weeks of Stretching Exercises on Lower Limb Joints Coordination during Gait under Fatigue in Women with Multiple Sclerosis

Fatemeh Farahmandi[1], Leila Ghazaleh[2], Seyed Masoud Nabavi[3], Mohammad Reza Kordi[4]

Original Article

Abstract

Background: Weak lower limb joint coordination in individuals with multiple sclerosis (MS) impairs gait. Fatigue is a common MS symptom, which negatively affects patients' motor abilities and quality of life. This study investigated the effect of 12 weeks of static stretching exercises on lower limb joint coordination during gait under fatigue in women with MS.

Methods: This quasi-experimental, applied study was conducted on 28 women with relapsing-remitting MS and an Expanded Disability Status Scale score of 0–5 (height: 160.12 ± 4.74 cm, weight: 63.09 ± 9.98 kg, body mass index: 24.56 ± 3.29 kg/m²). Participants were randomly assigned to an experimental (n=13) or control (n=15) group. The 12-week training protocol consisted of at-home static stretching exercises (4 sessions per week). The control group performed no exercise during this period. Dominant leg joint coordination (three pairs) was measured during the stance phase of gait using motion analysis cameras and a force plate at four time points (pre- and post-12 weeks, and pre- and post-fatigue). The fatigue protocol involved on-the-spot jogging until one minute after the patient reached 17 on the Borg scale.

Findings: Chronic static stretching exercises had no significant effect on lower limb joint coordination (Hip-Ankle, P = 0.12; Knee-Ankle, P = 0.59; Hip-Knee, P = 0.71). Fatigue had no significant effect on lower limb joint coordination (Hip-Ankle, P = 0.44; Knee-Ankle, P = 0.32; Hip-Knee, P = 0.75).

Conclusion: 12 weeks of at home static stretching exercises did not improve lower limb joint coordination in women with MS. Fatigue did not affect lower limb joint coordination in women with MS.

Keywords: Muscle Stretching Exercises; Fatigue; Multiple Sclerosis, Relapsing-Remitting

Citation: Farahmandi F, Ghazaleh L, Nabavi SM, Kordi MR. **The Effect of 12 Weeks of Stretching Exercises on Lower Limb Joints Coordination during Gait under Fatigue in Women with Multiple Sclerosis.** J Isfahan Med Sch 2026; 43(840): 1553- 61.

1- MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran.
2- Assistant professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran.
3- Professor, Head of the Department of Neurology and MS, Faculty of Medicine, Department of Regenerative Medicine, Cell Science Research Center, Royan Institute for Stem Cell Biology and Technology, ACECR, Tehran, Iran
4- Professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Fatemeh Farahmandi, MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran; Email: Fatemefarahmandi76@gmail.com