

Effect of a Period of Balance Training on Center of Pressure (COP) Fluctuations during Walking in Patients with Multiple Sclerosis

Hamid Reza Taheri Torbati¹, Alireza Saberi Kakhaki¹, Azam Enferadi^{1*}, Mahdi Mahjur², Mostafa Payandeh³

¹Department of Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

²Department of Adapted Physical Education, University of Guilan, Rasht, Iran.

³Department of Exercise Pathology & Corrective Movement, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

* **Corresponding Author:** Azam Enferadi, Department of Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Email: enferadi.azam@yahoo.com

Received: 27 Mar, 2016

Accepted: 1 Aug, 2016

Abstract

Background and Objectives: In patients with multiple sclerosis (MS), difficulty in walking and postural control is observed after a while due to demyelination. The aim of this study was to investigate the effectiveness of balance training on center of pressure (COP) fluctuations during walking in individuals with MS disease.

Methods: In this quasi-experimental research, 30 women with MS were randomly divided into two groups of experimental and control. The experimental group participated in balance training for 8 weeks (3 sessions per week). To measure the amplitude and velocity of COP fluctuations, force plate device was used (before and after of the balance trainings). Statistical analysis was performed using parametric dependent and independent t-tests. The significance level was set at $p < 0.05$.

Results: Balance trainings had a significant impact on the reduction of the velocity of COP fluctuations in the anterior-posterior direction ($p = 0.04$), but these training had no significant effect on the amount of displacement in the anterior-posterior direction as well as the amplitude and velocity of COP fluctuations in the medial-lateral direction.

Conclusion: According to the findings of this study, balance training due to reduction of the COP fluctuations during walking in the anterior-posterior direction can positively affect the efficiency of anterior and posterior muscles of the leg as well as hip muscles to better control of movement. Therefore, it would be hoped that these trainings reduce falling of these individuals during everyday activities.

Keywords: Multiple sclerosis; COP fluctuations; Gait; Circuit-based exercise.

تأثیر یک دوره تمرینات تعادلی بر نوسانات مرکز فشار افراد مبتلا به بیماری مولتیپل اسکلروزیس در حین راه رفتن

حمیدرضا طاهری تربتی^۱، علیرضا صابری کاخکی^۱، اعظم انفرادی^{۲*}، مهدی مهجور^۲، مصطفی پاینده^۳

چکیده

زمینه و هدف: در افراد مبتلا به بیماری مولتیپل اسکلروزیس (MS) با تخریب میلین‌ها، بعد از مدتی اختلال در راه رفتن و کنترل وضعیت مشاهده می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تمرینات تعادلی بر نوسانات مرکز فشار افراد مبتلا به بیماری MS در حین راه رفتن بود. **روش بررسی:** در این تحقیق نیمه تجربی، ۳۰ نفر زن مبتلا به MS به شکل تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه در تمرینات تعادلی شرکت کردند. برای اندازه‌گیری مقدار و سرعت نوسانات مرکز فشار (COP)، از دستگاه صفحه نیروسنج (قبل و بعد از تمرینات تعادلی) استفاده گردید. جهت تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتری تی همبسته و مستقل استفاده شد. سطح معنی‌داری، $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: تمرینات تعادلی بر کاهش سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی تأثیر معنی‌داری داشت ($p=0/04$)، ولی این تمرینات بر مقدار جابه‌جایی در جهت قدامی - خلفی، همچنین بر مقدار و سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی تأثیر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج این مطالعه، تمرینات تعادلی به‌علت کاهش نوسانات مرکز فشار در هنگام راه رفتن در جهت قدامی - خلفی، می‌تواند بر بهبود کارایی عضلات قدامی و خلفی ساق پا، همچنین عضلات ران جهت کنترل بهتر حرکت، تأثیر مثبتی بگذارد. پس می‌توان امیدوار بود این تمرینات بر کاهش سقوط این افراد در هنگام فعالیت روزمره مؤثر باشد.

کلید واژه‌ها: مولتیپل اسکلروزیس؛ نوسانات مرکز فشار (COP)؛ راه رفتن؛ تمرینات گردش اساس.

^۱گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

^۲گروه تربیت بدنی ویژه، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، ایران.

^۳گروه آسیب‌شناسی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات:

اعظم انفرادی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

آدرس پست الکترونیکی:

enferadi.azam@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۷

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۰

لطفاً به این مقاله به‌صورت زیر استناد نمایید:

Taheri Torbati HR, Saberi Kakhaki AR, Enferadi A, Mahjur M, Payandeh M.
Effect of a period of balance training on Center of Pressure (COP) fluctuations
during walking in patients with multiple sclerosis.
Qom Univ Med Sci J 2017;11(6):64-71. [Full Text in Persian]

مقدمه

بیماری مولتیپل اسکلروزیس، یک بیماری مخرب نورولوژیک پیشرونده بوده و شیوع این بیماری در زنان دو برابر مردان است (۱) به طوری که باعث کاهش عملکرد از جمله نقص در راه رفتن، ضعف تعادل، ضعف عضلانی و خستگی در این افراد می شود (۲). در افراد مبتلا به بیماری MS به دلیل تخریب میلین نرون های حسی و حرکتی دستگاه عصبی مرکزی، اختلال کنترل و کاهش ثبات وضعیت نیز دیده می شود (۳). کاهش تحرک ناشی از عدم تعادل کافی و ضعف عضلات به طور معمول در افراد مبتلا به بیماری MS گزارش شده است. این علائم به طور چشمگیر روی عملکرد و کیفیت زندگی مبتلایان به این بیماری اثر می گذارد (۴). تحقیقات نشان داده است در یک دوره ۶ ماهه، بیش از ۵۰٪ افراد مبتلا به بیماری MS به دلیل ضعف و عدم تعادل کافی در فعالیت روزانه خود سقوط های مکرر را تجربه می کنند (۵-۷). در صورت برطرف نشدن این مشکل و گسترش سقوط های مکرر در حین انجام فعالیت های عادی و یا ورزشی در افراد مبتلا به MS، باعث کناره گیری از فعالیت و به شکلی مزوی شدن این افراد می شود، که به نوبه خود ممکن است موجب بروز عوارض جانبی واقعی و فیزیولوژیکی آنان گردد (۸). اگرچه تحقیقات قبلی اطلاعات مهمی را در مورد سقوط و افتادن افراد مبتلا به MS در اختیار ما قرار می دهند، ولی هنوز مسائل مهمی در این مورد وجود دارد که باید بیشتر به آن پرداخته شود.

یکی از این مسائل که کمتر به آن پرداخته شده است، بررسی هرگونه ارتباط بین سقوط و مشخص کردن معیار عینی از تعادل در هنگام راه رفتن در این جمعیت است. بیشتر تحقیقات انجام شده، تعادل افراد مبتلا به MS را در حالت ایستا مورد بررسی قرار داده اند (۹). در حالی که حدود ۶۰٪ سقوط افراد مبتلا به بیماری MS در هنگام راه رفتن رخ داده است (۶). یکی از روش هایی که از آن می توان اطلاعات مفیدی در مورد تعادل پویا به دست آورد بررسی مؤلفه های نوسانات مرکز فشار در هنگام راه رفتن می باشد. نوسانات مرکز فشار در هنگام راه رفتن، بازتابی از پاسخ سیستم عصبی عضلانی به عدم تعادل مرکز ثقل بدن است (۱۰). در بسیاری از این تحقیقات، ارزیابی کمی کنترل وضعیت در افراد مبتلا به بیماری MS توسط اندازه گیری های

نوسانات مرکز فشار صورت گرفته است (۱۶-۱۱). نتایج تحقیقاتی که در گذشته، نوسانات مرکز فشار را در افراد مبتلا به بیماری MS بررسی کرده اند، حاکی از این است که این افراد نسبت به افراد سالم دارای نوسانات مرکز فشار بیشتری هستند که این اطلاعات تعادل ضعیف تر را در این افراد نشان می دهد. برای نمونه Van Emmerik و همکاران (۱۱) در تحقیق خود با استفاده از اندازه گیری نوسانات مرکز فشار (COP) نشان دادند در مقایسه با افراد سالم، افراد مبتلا به بیمار MS دچار نوسانات وضعیت بیشتری هستند، که نشان دهنده تعادل کمتر در این افراد است. با توجه به کاهش تعادل در افراد مبتلا به MS به دلایل مختلف تجویز تمرینات تعادلی برای جلوگیری از انزوای این افراد به دلیل سقوط های مکرر ضروری به نظر می رسد، تحقیقات بسیار اندکی وجود دارد که تأثیر تمرینات تعادلی را بر نوسانات مرکز فشار، به خصوص در هنگام راه رفتن مورد بررسی قرار دهند. لذا در این تحقیق به بررسی تأثیر یک دوره تمرینات تعادلی بر نوسانات مرکز فشار در افراد مبتلا به بیماری MS در هنگام راه رفتن پرداخته شد.

روش بررسی

پژوهش حاضر به روش نیمه تجربی انجام گرفت و از نوع تحقیقات کاربردی بود. جامعه آماری را زنان ۴۵ - ۲۰ سال مبتلا به بیماری MS مراجعه کننده به انجمن بیماران MS شهر مشهد، که امتیاز وضعیت گسترش ناتوانی (Expanded Disability Status Scale) آنها بین ۴-۰ بود، تشکیل می دادند. با توجه به امکانات تیم تحقیق از بین جامعه آماری، تعداد ۳۰ نفر که شرایط حضور در مطالعه را داشتند، انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره تجربی (تمرینات تعادلی به مدت ۲۴ جلسه) و گروه کنترل تقسیم شدند.

معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: نداشتن بیماری های همزمان نظیر بیماری های ارتوپدی، روماتولوژی و ...، عدم وجود اختلال بینایی شدید و پایدار بودن علائم حیاتی بیمار. قبل از شروع ارزیابی، فرم رضایت نامه داوطلبانه در اختیار افرادی که تمایل به شرکت در پژوهش داشتند، قرار گرفت.

$|y_i - y_{i-1}|$ = قدرمطلق y_i منهای y_{i-1} منهای یک به مفهوم قدرمطلق عدد به دست آمده در لحظه دوم در جهت قدامی - خلفی منهای عدد به دست آمده در لحظه اول در همین جهت.

$|x_i - x_{i-1}|$ = قدرمطلق x_i منهای x_{i-1} منهای یک به مفهوم قدرمطلق عدد به دست آمده در لحظه دوم در جهت داخلی - خارجی منهای عدد به دست آمده در لحظه اول در همین جهت.

$V(y)$ = سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی

$V(X)$ = سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی

$L(y)/T$ = مقدار جابه‌جایی در جهت قدامی - خلفی تقسیم بر کل زمان مدنظر در این جهت.

نقطه شروع به فاصله هفت قدم تا رسیدن به صفحه نیرو بود تا فرد سیکل راه رفتن طبیعی خود را پیدا می‌کرد. در این حین، اگر خطایی از جمله اینکه فرد تمام پای خود را روی صفحه نیرو قرار نمی‌داد و یا مواردی که در خروجی داده‌های حرکت مدنظر، اختلال ایجاد می‌کرد رخ می‌داد، حرکت دوباره تکرار می‌شد. سپس داده‌ها با استفاده از فیلتر باترورث درجه ۲۰ پایین گذر، فیلتر شدند.

برای مقایسه مؤلفه‌های نوسانات مرکز فشار بین آزمودنی‌ها، زمان بروز این متغیرها براساس درصدی از کل زمان تماس پا با زمین با استفاده از نرم‌افزار Matlab (7.10.0.499 (R2010 B) تعیین گردید (نمودار).

نوسانات مرکز فشار شامل مسافت حرکت و سرعت نوسانات مرکز فشار، به وسیله دستگاه نیروسنج با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در جهت‌های قدامی - خلفی و داخلی - خارجی مرحله Stance در هنگام راه رفتن به وسیله دستگاه نیروسنج کیستلر (kistler) مدل ba 9286 (ساخت کشور سوئیس) اندازه‌گیری شد. جابه‌جایی و سرعت نوسانات مرکز فشار با فرمول‌های زیر با نرم‌افزار Excel مورد محاسبه قرار گرفت (۱۷).

$[L(Y) = \sum |y_i - y_{i-1}|]$ = جابه‌جایی مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی

$[L(X) = \sum |x_i - x_{i-1}|]$ = جابه‌جایی مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی

$[V(y) = L(y)/T]$ = سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی

$[V(x) = L(x)/T]$ = سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی

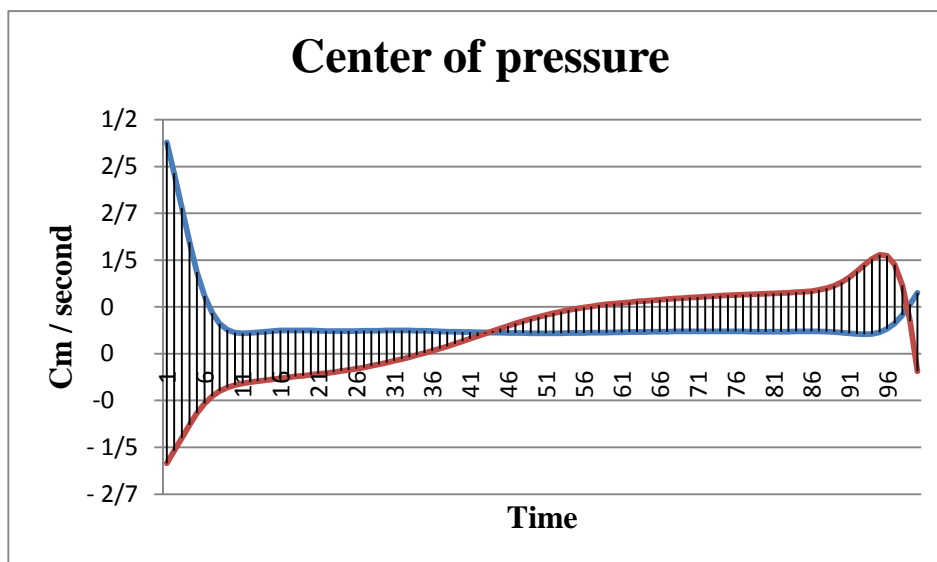
Y = جهت قدامی - خلفی

X = جهت داخلی - خارجی

$L(Y)$ = مقدار جابه‌جایی در جهت قدامی - خلفی

$L(X)$ = مقدار جابه‌جایی در جهت داخلی - خارجی

S_{ni2} = جمع تمام اعداد به دست آمده که ضربدر ۲ شده‌اند.



نمودار: گشتاور آزاد (%Stance).

خط قرمز، نشان‌دهنده نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی و خط آبی، نشان‌دهنده نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی می‌باشد.

یافته‌ها

در این تحقیق، ۳۰ فرد مبتلا به بیماری MS در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. تمامی افراد دو گروه از نظر جنس، قد و وزن همگن بودند. در گروه تجربی، میانگین سن $33/8 \pm 5/8$ سال، میانگین قد $155/5 \pm 5/7$ سانتی‌متر و میانگین وزن $57/7 \pm 9/5$ کیلوگرم بود. گروه کنترل که در این مدت تحت هیچ‌گونه تمرینی قرار نگرفته بودند، دارای میانگین سن $32/8 \pm 6/9$ سال، میانگین قد $157/2 \pm 6/6$ سانتی‌متر و میانگین وزن $68/4 \pm 13/1$ کیلوگرم بودند. با توجه به نمودار تمرینات تعادلی بر کاهش سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی تأثیر معنی‌داری داشت ($p=0/04$). اگرچه این تمرینات مقدار جابه‌جایی مرکز فشار را در جهت قدامی - خلفی کاهش داد، ولی این کاهش بعد از تمرینات تعادلی، معنی‌دار نبود ($p > 0/05$) (جدول).

جدول: مقایسه میانگین مقدار جابه‌جایی و سرعت نوسانات مرکز فشار قبل و بعد از تمرینات تعادلی در گروه تجربی

معنی‌داری	مقدار t	تست لون		میانگین \pm انحراف معیار		مؤلفه‌های مرکز فشار
		f	p	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	
0/79	0/26	2/23	0/14	0/58 \pm 0/15	0/57 \pm 0/24	*1. D COP X
0/82	0/28	2/37	0/46	0/73 \pm 0/18	0/71 \pm 0/30	*2. V COP X
0/07	1/82	1/22	0/27	0/81 \pm 0/33	1/1 \pm 0/39	*3. D COP Y
*0/04	2/06	1/81	0/18	0/98 \pm 0/40	(1/3 \pm 0/44)	*4. V COP Y

اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که کاهش مقدار جابه‌جایی و سرعت مرکز فشار در جهت داخلی و خارجی در گروه تجربی بعد از تمرینات تعادلی معنی‌دار نبوده است ($p > 0/05$) (*1 و *2: مقدار جابه‌جایی و سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی. *3 و *4: مقدار جابه‌جایی و سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی).

بحث

یکی از شایع‌ترین اختلالات مبتلایان به MS اختلال در الگوی راه رفتن بیماران می‌باشد که علائم کلینیکی خاصی باعث تغییر در الگوی راه رفتن این بیماران می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد تمرینات تعادلی توانسته بر کاهش مقدار جابه‌جایی و سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی مؤثر باشد تا جایی که این تمرینات تأثیر معنی‌داری بر کاهش سرعت نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی داشت. در تحقیقات پیشین، تعادل افراد مبتلا به MS با توجه به تست‌های اندازه‌گیری تعادل به شکل قابل‌توجهی بررسی شده است (19-21)، ولی بیشتر این تحقیقات تعادل را در حالت ایستا بررسی کرده‌اند. Cattaneo و همکاران، با مقیاس تعادلی برگ

(Berg Balance Scale, BBS)، تمرینات تعادلی را بر روی افراد مبتلا به MS مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند این نوع تمرینات باعث بهبود تعادل در این افراد می‌شود (22). Nilsagard و همکاران نیز در تحقیق خود نشان دادند تمرینات تعادلی می‌تواند باعث بهبود تعادل پویا و کاهش سقوط افراد مبتلا به بیماری MS شود (23). در زمینه تأثیر تمرین درمانی بر الگوی راه رفتن در بیماران مبتلا به MS، تحقیقاتی صورت گرفته است. Tarakci و همکاران در مطالعه‌ای، تأثیرات 12 هفته تمرین زیر نظر متخصص حرکت‌درمانی بر روی شاخص‌های تعادلی، خستگی، کیفیت زندگی و راه رفتن در بیماران مبتلا به MS را بررسی کردند. نتایج تحقیق، نشان‌دهنده بهبود مقیاس تعادلی Berg و 10 متر راه رفتن در گروه تجربی بود (24).

دامنه حرکتی مچ پا و تفاوت در نحوه فراخوانی عضلات گاستروکمیوس و تیبیالیس قدامی گزارش شده است (۳۲، ۳۳). یکی از دلایل احتمالی بهبود تعادل در جهت قدامی - خلفی بیماران در این تحقیق، تقویت عضلات قدامی - خلفی ران، همچنین ایجاد بالانس در فراخوانی بین عضلات قدامی - خلفی ساق پا می‌باشد. این یافته‌ها می‌تواند برای تجویز تمرینات تعادلی هدفمندتر، برای بهبود بهتر تعادل در همه جهت‌ها در افراد مبتلا به بیماری MS که به دلایل اشاره‌شده به‌طور صعودی کاهش تعادل را تجربه می‌کنند، ما را یاری می‌کند.

از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به عدم پیگیری نتایج به‌دست آمده اشاره کرد. به‌همین علت در پایان به تمامی محققین در آینده پیشنهاد می‌گردد نتایج به‌دست آمده در این مطالعه را در طولانی‌مدت نیز بررسی کنند تا پایداری اثرات این تمرینات بر روی مبتلایان به MS مشخص گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت تمرینات تعادلی به‌علت کاهش نوسانات مرکز فشار در هنگام راه رفتن در جهت قدامی - خلفی، احتمالاً توانسته بر بهبود کارایی عضلات ساق، مچ پا و ایجاد بهبود در عضلات قدامی - خلفی ران جهت کنترل بهتر حرکت، تأثیر مثبتی بگذارد. این بدان معناست که تعادل افراد مبتلا به بیماری MS حداقل در جهت قدامی - خلفی بهبود یافته و می‌توان امیدوار بود بر کاهش سقوط این افراد در هنگام فعالیت روزمره تأثیر مثبتی بگذارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی بیمارانی که در این پژوهش شرکت کردند، همچنین از کلیه دوستان و همکاران در انجمن MS خراسان رضوی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

اکثر تحقیقاتی که به بررسی نحوه راه رفتن بیماران مبتلا به MS پرداخته‌اند بیشتر به فاکتورهای عمومی در راه رفتن مانند سرعت راه رفتن، طول گام، تعداد گام، عرض گام و دامنه حرکات مفاصل این بیماران توجه کرده‌اند. نتایج این مطالعات، نشان‌دهنده کاهش در طول گام (Stride)، کاهش تعداد گام در دقیقه (Cadence)، کاهش دامنه حرکات مفاصل، کاهش سرعت و استقامت راه رفتن در بیماران مبتلا به MS می‌باشد (۲۷-۲۵). تحقیقات بسیار اندکی وجود دارد که به شکل دقیق تعادل را در هنگام راه رفتن به‌وسیله نوسانات مرکز فشار در جهت‌های مختلف مورد بررسی قرار دهند. با توجه به یافته‌های Delval و همکاران (۲۸) و Remelius و همکاران (۲۹) که راه رفتن افراد مبتلا به بیماری MS را مورد بررسی قرار دادند، تغییرات جابه‌جایی مرکز فشار را می‌توان در نتیجه هماهنگی دو مکانیزم دانست. مکانیزم اول مربوط به نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی - خلفی است، که نشان‌دهنده استراتژی مچ پا تحت فرمان عضلات این قسمت از بدن است و مکانیزم دوم نیز مربوط به نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی - خارجی است که نشان‌دهنده استراتژی ران، تحت کنترل عضلات آداکتور و آبداکتور ران می‌باشد (۳۰). به‌طور کلی در هنگام شروع راه رفتن، انسانها به داشتن دو مهارت نیازمندند: مهارت اول ایجاد نیروی محرکه و مهارت دوم کنترل تعادل در حین حرکت است که هرکدام از اینها از حالت تعادل خارج گردد باعث سقوط فرد می‌شود (۳۱). با توجه به نتایج این تحقیق، تمرینات تعادلی ارائه‌شده به بیماران؛ بیشترین تأثیر و بهبود تعادل را در جهت قدامی - خلفی داشت، همچنین تأثیرات کمتری بر بهبود تعادل در جهت داخلی - خارجی مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد عوامل مختلفی از جمله کاهش هماهنگی بین عضلات می‌تواند دو استراتژی مچ پا و ران را برای اجرای بهترین حرکت تحت تأثیر خودش قرار دهد. در بیماران مبتلا به MS، ضعف در عضلات فلکسور ران و عضلات همسترینگ، کاهش

References:

1. Rasova K, Havrdova E, Brandejsky P, Zalisova M, Foubikova B, Martinkova P. Comparison of the influence of different rehabilitation programmes on clinical, spirometric and spiroergometric parameters in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler J* 2006;12(2):227-34.
2. Huisinga JM, Filipi ML, Stergiou N. Supervised Resistance Training Results in Changes in Postural Control in Patients with Multiple Sclerosis. *Motor Control* 2012;16(1):50-63.
3. White LJ, Dressendorfer RH. Exercise and multiple sclerosis. *Sports Med* 2004;34(15):1077-100.
4. McGuinness SD, Peters S. The diagnosis of multiple sclerosis: Peplau's Interpersonal Relations Model in practice. *Rehabil Nurs* 1999;24(1):30-3.
5. Nilsagard Y, Lundholm C, Denison E, Gunnarsson LG. Predicting accidental falls in people with multiple sclerosis - a longitudinal study. *Clin Rehabil* 2009;23(3):259-69.
6. Matsuda PN, Shumway-Cook A, Bamer AM, Johnson SL, Amtmann D, Kraft GH. Falls in multiple sclerosis. *PM R* 2011;3(7):624-32;quiz 632.
7. Finlayson ML, Peterson EW, Cho CC. Risk factors for falling among people aged 45 to 90 years with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(9):1274-9;quiz 1287.
8. Finlayson ML, Peterson EW. Falls, aging, and disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2010;31;21(2):357-73.
9. Sosnoff JJ, Socie MJ, Boes MK, Sandroff BM, Pula JH, Suh Y, et al. Mobility, balance and falls in persons with multiple sclerosis. *PLoS One* 2011;22;6(11):e28021.
10. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. New York: John Wiley & Sons; 2009. p. 12.
11. Van Emmerik R, Remelius J, Johnson M, Chung L, Kent-Braun J. Postural control in women with multiple sclerosis: effects of task, vision and symptomatic fatigue. *Gait Posture* 2010;32(4):608-14.
12. Nelson SR, Di Fabio RP, Anderson JH. Vestibular and sensory interaction deficits assessed by dynamic platform posturography in patients with multiple sclerosis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995;104(1):62-8.
13. Karst GM, Venema DM, Roehrs TG, Tyler AE. Center of pressure measures during standing tasks in minimally impaired persons with multiple sclerosis. *J Neurol Phys Ther* 2005;29(4):170-80.
14. Cattaneo D, Jonsdottir J, Zocchi M, Regol A. Effects of balance exercises on people with multiple sclerosis: A pilot study. *Clin Rehabil* 2007;21(9):771-81.
15. Cattaneo D, Jonsdottir J. Sensory impairments in quiet standing in subjects with multiple sclerosis. *Mult Scler* 2009;15(1):59-67.
16. Cameron MH, Horak FB, Herndon RR, Bourdette D. Imbalance in multiple sclerosis: A result of slowed spinal somatosensory conduction. *Somatosens Mot Res* 2008;25(2):113-22.
17. Satvati B, Karimi MT, Tahmasebi Boldaji R, Pool F. Standing stability evaluation in subjects with flat foot. *J Res Rehabil Sci* 2013;8(8):1277-84. [Full Text in Persian]
18. Freeman JA, Gear M, Pauli A, Cowan P, Finnigan C, Hunter H, et al. The effect of core stability training on balance and mobility in ambulant individuals with multiple sclerosis: A multi-centre series of single case studies. *Mult Scler* 2010;16(11):1377-84.
19. Lord SE, Wade DT, Halligan PW. A comparison of two physiotherapy treatment approaches to improve walking in multiple sclerosis: A pilot randomized controlled study. *Clin Rehabil* 1998;12(6):477-86.

20. Frozvic D, Morris ME, Vowels L. Clinical tests of standing balance: Performance of persons with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(2):215-21.
21. Foley A, Dieruf KA, Ford CC. Balance testing in the MS population. *Neurol Rep* 1999;23(5):193-279.
22. Cattaneo D, Jonsdottir J, Zocchi M, Regola A. Effects of balance exercises on people with multiple sclerosis: A pilot study. *Clin Rehabil* 2007;21(9):771-81.
23. Nilsagard Y, Forsberg A, Koch L. Balance exercise for persons with multiple sclerosis using Wii games: a randomised, controlled multi-centre study. *Mult Scler* 2013;19(2):209-16.
24. Tarakci E, Yeldan I, Huseyinsinoglu BE, Zenginler Y, Eraksoy M. Group exercise training for balance, functional status, spasticity, fatigue and quality of life in multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2013;27(9):813-22
25. Sacco R, Bussman R, Oesch P, Kesselring J, Beer S. Assessment of gait parameters and fatigue in MS patients during inpatient rehabilitation: A pilot trial. *J Neurol* 2011;258(5):889-94.
26. Givon U, Zeilig G, Achiron A. Gait analysis in multiple sclerosis: characterization of temporal-spatial parameters using GAITRite functional ambulation system. *Gait Posture* 2009;29(1):138-42.
27. Crenshaw SJ, Royer TD, Richards JG, Hudson DJ. Gait variability in people with multiple sclerosis. *Mult Scler* 2006;12(5):613-9.
28. Delval A, Dujardin K, Tard C, Devanne H, Willart S, Bourriez J, et al. Anticipatory postural adjustments during step initiation: elicitation by auditory: elicitation by auditory stimulation of differing intensities. *Neuroscience* 2012;219:166-74.
29. Remelius JG, Hamill J, Kent-Braun J, Van Emmerik RE. Gait initiation in multiple sclerosis. *Motor Control* 2008;12(2):93-108.
30. Cau N, Cimolin V, Galli M, Precilios H, Tacchini E, Santovito C, et al. Center of pressure displacements during gait initiation in individuals with obesity. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:82.
31. Uemura K, Yamada M, Nagai K, Tanaka B, Mori S, Ichihashi N. Fear of falling is associated with prolonged anticipatory postural adjustment during gait initiation under dual-task conditions in older adults. *Gait Posture* 2012;35(2):282-6.
32. Mevellec E, Lamotte D, Cantalloube S, Amarenco G, Thoumie P. Relationship between gait speed and strength parameters in multiple sclerosis. *Ann Readapt Med Phys* 2003;46(2):85-90.
33. Benedetti MG, Piperno R, Simoncini L, Bonato P, Tonini A, Giannini S. Gait abnormalities in minimally impaired multiple sclerosis patients. *Mult Scler* 1999 Oct;5(5):363-8.