



Original Article

The Effect of a Pilates Exercise Training on Muscle Fatigue, Balance Indices and Muscle Strength in Patients with Multiple Sclerosis

**Saeed Ilbeigi¹ , Mohamad Reza Haghiroodi² , Asghar Nikseresht³ ,
Mehdi Alidoost⁴ **

1. Associate professor of Sport Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran
2. Master of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran
3. Assistant Professor of Islamic Azad University, Jahrom Branch
4. Master of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

Received: 05/11/2023, Revised: 13/05/2024, Accepted: 29/05/2024

* Corresponding Author: Saeed Ilbeigi, E-mail: silbeigi@birjand.ac.ir

How to Cite: Ilbeigi, S; Haghiroodi, M. R; Nikseresht, A; Alidoost, M. (2024). The Effect of a Pilates Exercise Training on Muscle Fatigue, Balance Indices and Muscle Strength in Patients with Multiple Sclerosis. Sport Medicine Studies, 16(41), 79-94. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

Multiple sclerosis (MS) is a chronic autoimmune disorder characterized by the immune system mistakenly attacking the myelin sheath, the protective covering of nerve fibers in the central nervous system (CNS). This demyelination disrupts the efficient transmission of nerve signals, leading to a wide range of neurological symptoms that vary depending on the location and extent of the damage. Over time, the cumulative damage results in progressive motor and functional impairments, significantly impacting patients' daily lives. Among the most debilitating symptoms of MS are balance disorders, muscle weakness, and fatigue, which collectively contribute to reduced mobility, increased risk of falls, and diminished independence. These symptoms not only affect physical health but also have profound psychological and social consequences, often leading to decreased quality of life and increased dependency on caregivers. Given the progressive and unpredictable nature of MS, managing its symptoms requires a multidisciplinary approach, including pharmacological treatments, physical therapy, and lifestyle modifications. Exercise has emerged as a promising non-pharmacological intervention to mitigate some of the physical challenges associated with MS. However, due to the variability in symptom severity and physical limitations among patients, finding an appropriate and effective exercise regimen is crucial. Pilates, a low-impact exercise method focusing on core strength, flexibility, balance, and controlled movements, has gained attention as a potential therapeutic tool for individuals with MS. Its adaptability to different fitness levels and emphasis on mindful movement make it particularly suitable for those with neurological conditions.



Methods and Materials

This quasi-experimental study investigated the effects of a 12-week Pilates training program on balance, muscle fatigue, and muscle strength in individuals with MS. Twenty-two men and women were recruited from the Fars Province MS Association in Iran. Participants were purposively and randomly assigned to either an experimental group ($n = 11$), which underwent the Pilates intervention, or a control group ($n = 11$), which continued their usual daily activities without structured exercise. The experimental group participated in supervised Pilates sessions three times per week for 12 weeks, with each session lasting approximately 60 minutes. Exercises were tailored to accommodate participants' physical capabilities, ensuring safety and gradual progression in intensity. Outcomes were assessed before and after the intervention. Balance was evaluated using the Berg Balance Scale (BBS), a widely used clinical tool assessing static and dynamic balance through functional tasks such as standing on one leg, reaching forward, and turning. Muscle fatigue was measured via electromyography (EMG), recording electrical activity during muscle contractions to assess endurance and fatigue patterns. Muscle strength was assessed using a manual dynamometer, focusing on key muscle groups involved in posture and mobility, including the quadriceps, hamstrings, and core muscles.

Results

Following the 12-week Pilates intervention, the experimental group demonstrated significant improvements. Balance, as measured by the BBS, showed statistically significant enhancement ($p < 0.05$), indicating better postural stability and reduced fall risk. EMG assessments revealed a significant reduction in muscle fatigue ($p < 0.05$), suggesting improved muscular endurance and delayed fatigue onset during physical activities. Muscle strength, measured by dynamometry, increased notably ($p < 0.05$), particularly in the lower extremities and core muscles critical for maintaining upright posture and coordinated movement. These findings align with previous research highlighting the benefits of mind-body exercises like Pilates in enhancing neuromuscular function and physical performance in neurological disorders. The focus on core stabilization likely contributed to improved balance by maintaining the center of gravity and preventing falls. Controlled, rhythmic Pilates movements promote better muscle coordination and efficiency, which may explain reduced muscle fatigue. Additionally, the progressive resistance inherent in Pilates supports muscle strengthening without excessive strain on weakened or spastic muscles, making it a safe and effective option for MS patients.

Conclusion

Pilates is a viable exercise intervention for managing MS-related symptoms, particularly due to its low-impact nature and adaptability to individual needs. Unlike high-intensity workouts that may exacerbate fatigue or trigger muscle spasms, Pilates offers a balanced approach that enhances physical function without overwhelming the nervous system. Furthermore, the mind-body connection fostered by Pilates can positively affect mental well-being, reducing stress and improving overall mood—benefits especially valuable for individuals coping with chronic conditions like MS. Despite promising results, limitations include the relatively small sample size and short intervention duration. Future research should explore long-term effects of Pilates in larger, more diverse MS populations, including individuals at various disease stages. Investigating potential neuroprotective effects, such as impacts on neuroplasticity and cognitive function, could expand Pilates' therapeutic applications. Comparative studies with other exercise forms, such as yoga or conventional physical therapy, would help identify the most effective strategies for symptom management in MS.

Keywords: Multiple Sclerosis, Pilates, Balance, Muscle Fatigue, Muscle Strength

Article Message

Pilates, as a low-impact and adaptable exercise method, can enhance balance, muscle strength, and fatigue resistance in individuals with MS, making it a recommended intervention for managing MS-related symptoms.



تأثیر تمرینات پیلاتس بر میزان خستگی، تعادل و قدرت عضلانی در بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس

سعید ایل بیگی^۱ , محمدرضا حق رودی^۲ , اصغر نیک سرشت^۳ , مهدی علیدوست^۴ 

۱. دانشیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم
۴. کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۴، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹

* Corresponding Author: Saeed Ilbeigi, E-mail: silbeigi@birjand.ac.ir

How to Cite: Ilbeigi, S; Haghiroodi, M. R; Nikseresht, A; Alidoost, M. (2024). The Effect of a Pilates Exercise Training on Muscle Fatigue, Balance Indices and Muscle Strength in Patients with Multiple Sclerosis. Sport Medicine Studies, 16(41), 79-94. In Persian.

چکیده

از ام اس به عنوان یکی از شایع ترین بیماری های مزمن و خودایمنی در سیستم عصبی مرکزی یاد می شود. از مهم ترین مشکلات این بیماران، نقص های تعادلی و مشکلات مربوط به ضعف های عضلانی و خستگی است؛ از این رو هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی تأثیر دوازده هفته تمرین پیلاتس بر تعادل، قدرت عضلانی و خستگی در بیماران مبتلا به ام اس بود. در پژوهش نیمه تجربی حاضر، ۲۲ زن و مرد مراجعه کننده به انجمن ام اس استان فارس به صورت تصادفی و هدفمند به دو گروه مساوی یازده نفره تجربی و کنترل تقسیم شدند. اندازه گیری تعادل در این تحقیق به وسیله آزمون برگ، اندازه گیری خستگی با دستگاه الکترومیوگرافی و اندازه گیری قدرت عضلانی به وسیله دینامومتر دستی قبل و بعد از انجام تمرینات پیلاتس صورت گرفت. تحلیل داده ها با آزمون های تی مستقل و وابسته انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که تمرینات پیلاتس به طور معناداری به کاهش خستگی عضلانی، بهبود شاخص های تعادلی و بهبود قدرت عضلانی مبتلایان به ام اس منجر شده است. پیشنهاد نهایی محقق به این صورت بیان می شود که این روش تمرینی می تواند برای بهبود تعادل، قدرت عضلانی و کاهش خستگی در این بیماران مناسب باشد.

واژگان کلیدی: مولتیپل اسکلروزیس، پیلاتس، تعادل، خستگی عضلانی، قدرت عضلانی.



مقدمه

مولتیپل اسکلروزیس یا ام‌اس^۱ شایع‌ترین بیماری نورولوژی پیش‌رونده و ناتوان کننده در افراد جوان بالغ است (۱). ام‌اس بیماری خودایمنی، التهابی و مزمن است که به صورت ضایعات عصبی با میلین تخریب‌شده، در جسم سفید مغز، طناب نخاعی و اعصاب بینایی بروز می‌کند (۲). علت‌های مکانیکی این بیماری ناشناخته است. نزدیک به ۴۰۰ هزار نفر در آمریکا و ۲/۲ میلیون نفر در سر تا سر جهان به این بیماری مبتلا هستند (۳). درصد بیماران مبتلا به ام‌اس در ایران ۴۰ نفر در هر ۱۰۰ هزار نفر است. زنان دو برابر بیش از مردان در سنین ۲۰ تا ۴۰ سالگی تحت‌تأثیر این بیماری قرار می‌گیرند (۴). علائم بیماری از دامنه وسیعی برخوردار است که از آن جمله می‌توان به ضعف عضلات، آتاکسی، اسپاسیتی، اختلالات بینایی، اختلالات حسی و اختلالات شناختی اشاره کرد (۵-۷) و همچنین کاهش توانایی‌های حرکتی و خستگی از مشکلات اساسی این بیماران است. بیش از ۸۵ درصد از این بیماران از مشکلات راه رفتن و بی‌تعادلی رنج می‌برند (۸،۹). تعادل در ایستادن نیاز اساسی زندگی روزمره است (۱۰) اختلال راه رفتن و تعادل ناشی از ضعف، اسپاستیسیتی و آتاکسی معمولاً در بیماران مبتلا به ام‌اس مشاهده می‌شود و ممکن است منجر به مشکلاتی در فعالیت‌های زندگی روزمره شود (۱۱-۱۳).

مشکلات تعادلی و کنترل وضعیت بدن در افراد مبتلا به ام‌اس شایع است و نبود تعادل، سقوط و محدودیت در راه رفتن در افراد مبتلا به ام‌اس می‌تواند بر طیفی گسترده از عملکردها، فعالیت‌ها و مشارکت در فعالیت‌های روزمره در خانه، محل کار و جامعه تأثیر بگذارد (۱۴). اختلالات تعادلی یکی از علائم اولیه و شایع‌ترین در بیماران مبتلا به ام‌اس است که می‌تواند همراه با دیگر فاکتورهای خطر سبب افزایش خطر افتادن افراد شود. این ناهنجاری‌ها با دیگر اختلالات و ناتوانی‌ها اغلب سبب ممانعت از انجام فعالیت‌های روزمره در بیماران می‌شود. کاهش توانایی‌های حرکتی و خستگی از مشکلات اساسی این بیماران است. بیش از ۸۵ درصد این بیماران از مشکلات راه رفتن رنج می‌برند. توانایی حرکتی فرد ممکن است تحت‌تأثیر عوامل متعددی مانند ضعف، نبود تعادل، خستگی، اسپاستیسیتی و شرایط محیطی قرار گیرد. این مشکلات بر زندگی فردی و اجتماعی بیمار اثر می‌گذارد؛ در نتیجه ام‌اس را بیماری به شدت ناتوان‌کننده معرفی می‌کند (۱۵). یکی دیگر از عوارض بیماری ام‌اس، خستگی است (۱۶) خستگی احساس ناخوشایند ذهنی است که سبب کاهش عملکرد جسمی و روحی فرد می‌شود و بیمار را از انجام کارهای روزانه بازمی‌دارد (۱۷). در طول برخی از مراحل بیماری ام‌اس، بیشتر از ۷۵ تا ۹۵ درصد بیماران از خستگی که معمولاً در طول روز افزایش می‌یابد رنج می‌کشند و ۵۰ تا ۶۰ درصد گزارش‌ها، خستگی را بدترین مشکل گزارش کرده‌اند (۱۸). برخی از شایع‌ترین مشکلاتی که به دنبال خستگی در بیماران ام‌اس ایجاد می‌شود، مشکلات تنفسی، مشکلات قلبی، ضعف پاها و مشکلات حرکتی، اغتشاشات خواب و بیماری‌های تیروئیدی است (۱۹). اندازه‌گیری خستگی باید براساس ارزیابی خستگی هر فرد و تأثیر آن باشد. برخی معیارها که برای سنجش خستگی ایجاد شده‌اند، میزان شدت خستگی (FSS)^۲ و شدت متوسط میزان خستگی (MFIS)^۳ هستند (۲۰). استراتژی‌هایی که می‌توانند به بهبود مشکلات خستگی در این بیماران کمک کنند، ترکیبی از دارو و تمرین‌های ورزشی است. از مهم‌ترین مشکلات ام‌اس، خستگی، افسردگی، انقباض غیرارادی عضلات و اختلالات جنسی است از جمله اختلالات حرکتی می‌توان به سفتی عضلات، ضعف عضلانی و سفتی اندام اشاره کرد (۲۲). ضعف عضلانی می‌تواند منجر به کاهش قدرت در یک یا گروهی

1. Multiple Sclerosis

2. Fatigue Severity Scale

3. Modified Fatigue Impact Scale

از عضلات شود (۲۳). آتش زاده شوریده و همکاران در تحقیقی درمورد تأثیر ورزش بر کیفیت زندگی و انجام فعالیت‌های روزانه در زنان مبتلا به ام‌اس نشان دادند که ورزش به طور محسوسی باعث کاهش خستگی در این بیماران می‌شود (۲۴). تیلور و همکاران برخی از تمرینات مقاومتی پیش‌رونده را بر ۹ بیمار مبتلا به ام‌اس با میانگین سنی ۴۵ سال و دارای سطوح ناتوانی جسمی کم تا متوسط، به کار بردند. براساس نتایج این تحقیق، قدرت عضلانی دست، استقامت عضلات پا و سرعت دویدن در یک تست دو دقیقه‌ای بهبود چشمگیری را نشان داد (۲۵). بسیاری از استراتژی‌های ورزشی مختلف برای مقابله با این ناتوانی ارائه شده‌اند و نشان داده‌اند که ورزش منظم به بهبود قدرت عضلانی آمادگی هوازی، کیفیت زندگی، تعادل و تحرک و کاهش خستگی کمک می‌کند (۲۶-۲۸). ازجمله روش‌های تمرینی که در سال‌های اخیر مدنظر قرار گرفته است، تمرینات پيلاتس (علم کنترلوژی) است. کنترلوژی عبارت از ایجاد هماهنگی کامل بین جسم، ذهن و روح است (۲۹). ژوزف پيلاتس در سال ۱۹۲۰ ورزش پيلاتس را معرفی کرد و توسعه داد و در سال ۱۳۸۵ وارد ایران شد (۳۰). این ورزش مجموعه‌ای از تمرینات تخصصی است که استفاده از فکر را برای کنترل عضلات تشویق می‌کند (۳۱). این امر بر توانایی وضعیت عضلات برای حفظ تعادل بدن و حمایت از بهبود وضعیت ستون مهره‌ها تأکید دارد. این روش تمرینی در وضعیت‌های ایستا (ایستاده، نشسته و خوابیده) و بدون طی مسافت، پرش و جهش انجام می‌گیرد و آسیب‌های ناشی از صدمات مفصلی را کاهش می‌دهد (۳۰).

تمرینات پيلاتس شامل حرکات کششی و قدرتی است که در طول دامنه حرکتی مفصل، با سرعت کنترل‌شده همراه با تمرکز و تنفس‌های عمیق انجام می‌شود. اجرای این تمرینات به مهارت و تجهیزات خاصی نیاز ندارد و روی تشک و برای افراد با سطح آمادگی جسمانی معمولی قابل اجرا است (۳۲). گوکلو و همکاران اثرات پيلاتس را بر تعادل، تحرک و قدرت در بیماران مبتلا به ام‌اس مطالعه کردند. نتایج پژوهش آن‌ها تأیید کرد که این تمرینات می‌تواند تعادل، تحرک و قدرت را در بیماران سرپایی مبتلا به ام‌اس بهبود بخشد (۳۳). امروزه در تحقیقات بسیاری نشان داده شده است که تمرینات ورزشی منجر به سلامت و بهبود عملکرد مغز می‌شود و همچنین ممکن است مسیرهای عصبی و نورولوژیک را در مغز افزایش دهد. حفظ سلامت مغز برای پیشگیری از بسیاری از بیماری‌های سیستم اعصاب مرکزی، ضروری به نظر می‌رسد. از دیگر فواید افزایش فعالیت بدنی و تمرینات ورزشی می‌توان به افزایش ترشح هورمون‌های ضدالتهابی و پاسخ‌های مطلوب سیستم ایمنی بدن برای کاهش یا جلوگیری از دمیلاسیون و از بین رفتن آکسون‌ها اشاره کرد (۳۴). همچنین چندین مطالعه به بررسی اثرات تمرینات ورزشی بر شاخص‌های تعادلی، خستگی و شاخص‌های روانی در مبتلایان به ام‌اس انجام شد که نتایج این مطالعات بهبود کیفیت زندگی و افزایش شاخص‌های تعادلی و کاهش خستگی در این بیماران را نشان داد (۳۵،۳۶).

پيلاتس یکی از روش‌های تمرینی است که در سال‌های اخیر در بیماران مبتلا به ام‌اس استفاده زیادی شده است و بیشتر این مطالعات نتایج امیدوارکننده و مثبتی را نشان دادند. این تمرینات بیشتر در حالت خوابیده و بدون تحمل وزن انجام می‌شود و از این حیث برای مبتلایان به ام‌اس مناسب است (۳۷). اسوار و همکاران به مطالعه هشت هفته تمرینات پيلاتس بر سطوح اینترلوکین ۱۷، تعادل و خستگی در بیماران مبتلا به ام‌اس پرداختند. نتایج نشان داد که این تمرینات می‌تواند باعث کاهش سطح اینترلوکین ۱۷ (افزایش این فاکتور باعث افزایش التهاب و آسیب بافتی در سیستم عصبی مرکزی می‌شود و فعالیت ورزشی می‌تواند سبب سرکوب این فاکتور شود) و کاهش میزان خستگی و افزایش شاخص‌های تعادلی شود (۳۵). تاکنون مطالعاتی اثرات روش‌های مختلف تمرین‌درمانی و ازجمله تمرینات پيلاتس را در بیماران مبتلا به ام‌اس بررسی کرده‌اند، اما در جست‌وجوی ادبیات تحقیق به این نتیجه می‌رسیم که تحقیقاتی بررسی‌کننده اثرات تمرینات پيلاتس به‌صورت

دقیق و با وسایل معتبر آزمایشگاهی مانند دستگاه الکترومیوگرافی بر خستگی و ضعف عضلانی بیماران مبتلا به اماس، بسیار محدود است. علاوه بر این، در این مطالعه با بررسی مزایای بالقوه پيلاتس که بر قدرت، انعطاف پذیری و تعادل تمرکز دارد، محققان در حال بررسی روش تمرینی جامع و هدفمندی هستند که به طور بالقوه می تواند کیفیت زندگی افراد مبتلا به اماس را بهبود بخشد. این رویکرد نوآورانه ممکن است بینش های جدیدی را در مورد راه های جایگزین برای رسیدگی به علائم رایج اماس و افزایش رفاه کلی بیماران ارائه دهد؛ بنابراین در این تحقیق تأثیر یک دوره تمرینات پيلاتس بر خستگی عضلانی و مشکلات تعادلی بیماران مبتلا به اماس مطالعه شد.

روش پژوهش

تحقیق حاضر به روش نیمه تجربی انجام گرفت و از نوع تحقیقات کاربردی بود. مردان و زنان ۳۵ تا ۴۰ سال مبتلا به بیماری اماس مراجعه کننده به انجمن اماس شهر شیراز که امتیاز وضعیت گسترش ناتوانی آن ها بین ۱ تا ۴ بود، جامعه آماری را تشکیل دادند. از بین جامعه آماری و با توجه به معیارهای ورود به پژوهش و خروج از آن، ۲۲ نفر زن و مرد (۱۲ مرد و ۱۰ زن) که شرایط ورود به مطالعه را داشتند، انتخاب شدند که به صورت مساوی و تصادفی در دو گروه تجربی (تمرینات پيلاتس) و کنترل تقسیم شدند. تعداد نمونه با در نظر گرفتن آلفای ۰/۵ درصد و بتای ۰/۸ و حجم تأثیر ۰/۳ در نرم افزار جی پاور (۳۸) انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل نداشتن بیماری دیگری به جز اماس مانند بیماری های روماتولوژی و ارتوپدی و نبود اختلال شدید بینایی در بیمار بود. EDSS^۱ بیماران نیز باید بین ۱ تا ۴ بود. تمامی شرکت کنندگان در تحقیق فرم رضایت نامه را تکمیل کردند و همه پروتکل های تحقیق با رعایت اصول اخلاقی براساس معاهده هلسینکی-توکیو در مورد مطالعات بالینی در انسان انجام شد.

اندازه گیری خستگی عضلات با دستگاه الکترومیوگرافی: میزان خستگی عضلانی توسط داده های کمی سیگنال الکترومیوگرافی توسط دستگاه sEMG و میزان تعادل از طریق آزمون تعادلی برگ اندازه گیری شد. در این تحقیق از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی قابل حمل، با برند Datalogger هشت کاناله (شماره ۳×۸ p3، Datalog، ساخت شرکت Biometric Ltd، نوع Cwafelinfaeh کشور انگلستان) استفاده شد. همچنین از الکترودهای دوقطبی به شماره ۲۳۰- SM ساخت شرکت Biometric Ltd، انگلستان استفاده شد. این دستگاه برای اندازه گیری سیگنال های عصبی و ثبت فعالیت الکتریکی عضله به کار رفت.

در این پژوهش سیگنال های الکترومیوگرافی از فعالیت عضله پهن خارجی (۵۰ درصد فاصله بین تروکانتر بزرگ ران و اپی کنديل خارجی ران) از گروه عضلات اصلی و مهم چهار سر ران در حالت اکستنشن زانو اندازه گیری و ثبت شد (۳۹). برای انجام دادن پروتکل خستگی، هر آزمودنی حرکت اکستنشن کامل زانو را از وضعیت فلکشن ۹۰ درجه زانو با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه تا حد و اماندگی و خستگی به شکلی که قادر به اجرای حرکت اکستنشن کامل زانو نباشد، ادامه داد (۴۰). الکترودهای استفاده شده از نوع الکترودهای تک قطبی و از جنس آلایژ نقره بودند. برای عضله پهن خارجی یک الکتروده مثبت، یک الکتروده منفی و یک الکتروده زمین استفاده شد که هر سه به یک پری آمپلی فایر متصل می شد. الکتروده زمین برای کاهش آرتیفکت ها و با فاصله حداقل ۱۰ سانتی متر و به نزدیک ترین برجستگی استخوانی (استخوان کشکک) متصل شد. در مرحله

1. Expanded Disability Status Scale

آماده‌سازی آزمودنی، ابتدا محل مدنظر برای نصب الکترودهای سطحی مربوط به عضلات آزمایش‌شده پاک و تمیز شد. سپس الکترودهای سطحی مثبت و منفی با فاصله میان الکتروودی دو سانتی‌متر در محل مدنظر چسبانده شد. در پایان اجرای هر آزمون، سیگنال خام الکترومایوگرافی از نظر وجود آرتیفکتهای حرکتی حین اجرای انقباض به دقت بررسی شد و داده‌ها با استفاده از فیلترهای میان‌گذر ۸ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر شدند (۳۹). در پردازش نهایی سیگنال‌های الکترومایوگرافی، شاخص فرکانس میانه (MF) به‌دست‌آمده از سیگنال‌های خام الکترومایوگرافی برای اندازه‌گیری خستگی عضلانی و با استفاده از آنالیز طیف تبدیل سریع فوریر (FFT) به وسیله نرم‌افزار Mega Win Version 2/0 و Mega Electron استفاده شد.

اندازه‌گیری تعادل ایستا: برای اندازه‌گیری تعادل از آزمون تعادلی برگ استفاده شد. نحوه اجرای آزمون بدین شرح است که این آزمون شامل چهارده مرحله ساده و متعادل برای بیماران است که بین ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به طول می‌انجامد که از مرحله ایستادن از موقعیت نشسته شروع شده و در مرحله چهاردهم به ایستادن بر روی یک پا ختم می‌شود. میزان موفقیت در دستیابی به هریک از مراحل، در بازه نمره صفر (ناتوانی کامل) تا چهار (استقلال کامل) ارزش‌گذاری می‌شود و نمره نهایی از مجموع امتیازات به‌عنوان نمره تعادلی فرد استفاده می‌شود (۴۱). در تحقیقات آماری نشان داده شده است که آزمون برگ دارای قابلیت اطمینان نسبی ($ICC=0/98$) و ثبات درونی (آلفا کرونباخ= $0/96$) و پایایی درون‌آزمونگر ($ICC=0/99$) است (۴۲). شواهد حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که آزمون برگ معیاری معتبری از آزمون تعادل در بیماران پس از ابتلا به ام‌اس است.

اندازه‌گیری قدرت عضلات دست: ابزار استفاده‌شده برای اندازه‌گیری قدرت دست، دینامومتر دستی بود و توانایی حداکثر فشار واردشده به دسته دینامومتر به‌عنوان قدرت دست ثبت شد. به‌منظور وضعیت‌دادن به بیمار از شرایط استاندارد ارائه‌شده توسط انجمن درمانگران دست آمریکایی^۱ استفاده شد. در این شرایط بیمار روی یک صندلی بدون دسته با ارتفاع مناسب می‌نشیند و شانه آزمایش‌شده در آداکسیون، بدون چرخش، آرنج خمیده با زاویه ۹۰ درجه و ساعد در حالت خنثی، مچ دست بین صفر تا ۲۰ درجه اکستانسیون و صفر تا ۲۵ درجه deviation ulnar قرار می‌گیرد (۴۳،۴۴). متوسط سه بار تلاش بیمار به‌عنوان قدرت هر دست ثبت شد. برای جلوگیری از خستگی، فاصله‌های استراحت دو تا سه دقیقه‌ای بین نوبت‌های مختلف تست برای هر بیمار در نظر گرفته شد.

تمرینات پیلاتس: تمرینات پیلاتس مجموعه‌ای از تمرینات است که بدن و ذهن را به کار می‌اندازد و به ثبات در ناحیه مرکزی بدن، قدرت، انعطاف‌پذیری با توجه ویژه به کنترل عضلات، وضعیت بدن و تنفس نیاز دارد (۴۵). پیلاتس فیزیوتراپی کم‌هزینه در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند با خیال راحت توسط افراد مبتلا به بیماری‌های عصبی انجام شود (۴۶). گروه تجربی در این تحقیق به مدت ۱۲ هفته و هر هفته سه جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه‌ای تمرینات پیلاتس را با شدت کم تا متوسط انجام داد. در ابتدای جلسه تمرینی شرکت‌کنندگان به مدت ۱۰ دقیقه تمرینات کششی ساده را انجام دادند و سپس وارد فاز اصلی تمرینات شدند که حدود ۳۰ دقیقه طول می‌کشید. در این مرحله تمریناتی مانند بلندکردن ساق پا، چرخش ساق پا، حرکت دوچرخه، قفل ساق پا، الکلنگ، وضعیت کشش معده، پیچ کلی ستون فقرات و وضعیت قایق در نظر گرفته شد.

جدول ۱- پروتکل تمرینی پيلاتس (* استراحت بين ست‌ها)

Table 1 - Pilates training protocol (* rest between sets)

گرم کردن	هفته 1	هفته 2	هفته 3	هفته 4	هفته 5	هفته 6	هفته 7	هفته 8	هفته 9	هفته 10	هفته 11	هفته 12	سرکردن
هر جلسه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	40 دقیقه	هر جلسه
۱۰ دقیقه	7 تکرار	7 تکرار	7 تکرار	8 تکرار	8 تکرار	8 تکرار	9 تکرار	9 تکرار	10 تکرار	11 تکرار	11 تکرار	12 تکرار	10 دقیقه
حرکات	4 دقیقه*	4 دقیقه	4 دقیقه	3.5 دقیقه	3.5 دقیقه	3.5 دقیقه	3.2 دقیقه	3.2 دقیقه	3.2 دقیقه	3 دقیقه	3 دقیقه	3 دقیقه	حرکات
کششی و	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	3 ست	کششی و
درج‌زدن	40-45 درصد	40-45 درصد	40-45 درصد	45-55 درصد	45-55 درصد	55-60 درصد	55-60 درصد	55-65 درصد	55-65 درصد	60-65 درصد	65-70 درصد	65-70 درصد	آرام راه رفتن

با توجه به اینکه تمرینات پيلاتس در این تحقیق به صورت گروهی انجام شد، تمامی دستورالعمل‌های تمرینی ویژه بیماران ام‌اس توسط محقق و مربی رعایت شد؛ به عنوان مثال، از آنجاکه بیماران مبتلا به ام‌اس به دما حساس هستند و گرما باعث کلافه شدن آن‌ها می‌شود، دستگاهی استفاده شد تا بتواند دمای بدن بیماران را برای مربی پيلاتس نشان دهد. این داده‌های رقمی، مربی پيلاتس را راهنمایی می‌کنند تا بیمار را کنترل کند و نسبت به شرایط بیمار به وی تمرین دهد. همچنین افرادی که نمی‌توانستند بعضی از حرکات را انجام دهند، از انجام حرکت توسط مربی جلوگیری می‌شد. در طول انجام تمرینات از وسایل کمکی مانند توپ سوئیس‌بال، صندلی و دیوار برای انجام تمرینات استفاده شد. بعد از اتمام دوره تمرینی تست‌هایی که در پیش‌آزمون از تمامی افراد گروه تجربی و کنترل اندازه‌گیری شده بود، دوباره تکرار و نتایج بررسی شد. اطلاعات نهایی به‌دست‌آمده در این تحقیق با استفاده از آزمون‌های آماری کلموگروف-اسمیرنوف (برای بررسی نرمال بودن داده‌ها) و برای تفسیر داده‌ها و اختلافات درون‌گروهی و بین‌گروهی از آزمون‌های تی همبسته و مستقل استفاده شد. سطح معناداری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

ویژگی‌های جمعیت شناختی دو گروه تجربی و کنترل در جدول (۲) آورده شده است. هر دو گروه تجربی و کنترل در شاخص‌های سن، قد، و توده بدنی و نمره EDSS با یکدیگر همگن بودند و از لحاظ آماری تفاوت معناداری نداشتند.

جدول ۲- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

Table 2- Demographic characteristics of subjects

شاخص	گروه	میانگین و انحراف معیار	مقدار معناداری
سن (سال)	زن	کنترل	0.673
		پیلاتس	34.5±1.37
	مرد	کنترل	0.533
		پیلاتس	37.2±3.82
شاخص توده بدنی (BMI)	زن	کنترل	0.749
		پیلاتس	23.8±3.27
	مرد	کنترل	0.630
		پیلاتس	25.1±4.41
EDSS	زن	کنترل	0.831
		پیلاتس	23.24±3.24
	مرد	کنترل	0.80
		پیلاتس	24.45±2.25

افزایش در شاخص خستگی، نتیجه بهبود استقامت و کاهش خستگی عضلات در افراد مبتلا به ام‌اس است. همان‌طور که در جدول (۳) نشان داده شده است، نتایج درون‌گروهی آزمون تی همبسته بیانگر افزایش استقامت ($P=0/02$) و بهبود تعادل ($P=0/03$) و افزایش قدرت عضلات دست ($P=0/02$) پس از انجام تمرینات پیلاتس بود، ولی در گروه کنترل این متغیر از لحاظ آماری معنادار نبود. درمورد بررسی اختلافات بین دو گروه تجربی و کنترل نیز آزمون تی مستقل اختلاف معناداری را در افزایش استقامت ($P=0/03$)، افزایش شاخص تعادل ($P=0/04$) و افزایش قدرت عضلانی ($P=0/04$) بعد از خاتمه دوره تمرینی پیلاتس نشان داد.

جدول ۳- نتایج آزمون‌های تی مستقل و وابسته در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه تجربی و کنترل

Table 3- Results of independent and dependent t-tests in pre-test and post-test in the experimental and control groups

شاخص‌های	گروه‌ها	میانگین (انحراف استاندارد)		درون گروهی		بین گروهی	
		پیش آزمون	پس آزمون	T	sig	T	sig
فعالیت الکتریکی - خستگی عضلانی (شاخص فرکانس میانه /هرتز)	تجربی	68.09±24	79.08±32	6.42	*0.04	4.23	*0.03
	کنترل	68.08±59	65.06±32	6.33	0.32		
تعادل (نمره)	تجربی	32.07±45	46.05±15	6.32	*0.03	4.45	*0.04
	کنترل	30.06±33	31.09±10	4.33	0.32		
قدرت عضلات دست (کیلوگرم)	تجربی	12.07±32	19.07±42	8.72	*0.02	6.38	*0.04
	کنترل	13.06±25	1.08±97	2.65	0.32		

بحث و نتیجه‌گیری

هدف تحقیق حاضر، تأثیر یک دوره برنامه تمرینی پيلاتس بر شاخص‌های خستگی عضلانی و تعادل در مبتلایان به ام‌اس بود. از مهم‌ترین و شایع‌ترین اختلالات افراد مبتلا به ام‌اس می‌توان به خستگی عضلانی و اختلالات تعادلی اشاره کرد که می‌تواند منجر به کاهش سطح کیفیت زندگی این بیماران شود. در مطالعه حاضر، پس از انجام دوازده هفته تمرین پيلاتس، میزان خستگی عضلانی ارزیابی شده به وسیله دستگاه الکترومیوگرافی، در افراد گروه تجربی تغییری معناداری پیدا کرد. در مطالعات بسیاری نشان داده شده است که تمرینات ورزشی باعث بهبود تعادل یا جلوگیری از کاهش تعادل بیماران مبتلا به ام‌اس می‌شود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که تمرینات پيلاتس بر تعادل و قدرت عضلانی بیماران مبتلا به ام‌اس تأثیر دارد. تمرینات پيلاتس از طریق بهبود عوامل نوروتروفیک در حفاظت از سیستم عصبی مؤثر است؛ بنابراین از پتانسیل ایجاد اثر مثبت بر عملکرد حرکتی افراد مبتلا به ام‌اس برخوردار است. از آنجاکه ورزش پيلاتس برای تمرین آگاهی ذهن، بدن و کنترل حرکات وضعیتی با درخواست‌های عصبی-عضلانی زیاد، مناسب است، می‌توان از این روش برای بهبود اختلالات تعادل و بیماری روحی و جسمی افراد یا به عنوان روش کمکی برای درمان استفاده کرد. تمرینات قدرتی در تمرینات پيلاتس جایگاه خاصی دارند و باعث افزایش قدرت بیماران می‌شوند (۴۷، ۴۸) و همچنین توانایی حفظ تعادل مبتنی بر اطلاعات حسی بوده و متأثر از هماهنگی، دامنه حرکتی مفصل و قدرت عضلانی است؛ بنابراین در پژوهش حاضر، تقویت عضلات مربوط به حفظ تعادل و به طور کلی حفظ قامت، بیشتر مدنظر قرار گرفت و احتمالاً بهبود تعادل در بیماران در اثر افزایش قدرت این عضلات است (۴۹). خستگی عبارت است از کاهش نیروهای ارگانیسم به دنبال کار شدید، کار طولانی مدت یا شرایط عملکردی نادرست (۵۰). طیف چگالی الکترومیوگرافی سطحی خلاصه‌ای از تمام توزیعات طیفی پتانسیل عمل واحد حرکتی فعال را نشان می‌دهد که توسط الکترومیوگرافی ثبت شده‌اند (۵۱). تغییر در طیف چگالی اغلب نشانه‌ای از خستگی عضلانی محسوب می‌شود. فرکانس میانه از رایج‌ترین شاخص‌های منفرد در بررسی خستگی عضلانی است. کاهش در فرکانس میانه نشانه‌ای از کاهش خستگی در عضلات است و برعکس، افزایش شیب فرکانس میانه‌ای نشانه‌ای از افزایش شاخص‌های خستگی عضلانی است. کاهش فرکانس میانه همراه با کاهش خستگی در مطالعات دیگر نیز تأیید شده است (۵۲). در این مطالعه نیز بعد از انجام تمرینات یوگا کاهش خستگی و به طبع کاهش فرکانس میانه عضلات چهارسر رانی دیده شد. باستیانز و همکاران نشان دادند اجرای یک دوره برنامه ورزشی موجب کاهش نمرات خستگی در بیماران مبتلا به ام‌اس می‌شود (۵۳) که با نتایج پژوهش حاضر همسوست. تفاوت پژوهش آن‌ها با پژوهش حاضر در نوع اندازه‌گیری خستگی است. در پژوهش باستیانز و همکاران از مقیاس شدت خستگی برای اندازه‌گیری خستگی عضلانی استفاده شد؛ در حالی که در پژوهش حاضر دستگاه الکترومیوگرافی سطحی به کار رفت که ابزار اندازه‌گیری معتبرتر و دقیق‌تری است.

دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات پيلاتس بر خستگی بیماران مبتلا به ام‌اس تأثیر معناداری داشت. این یافته مهم با نتایج پژوهش شانظری و همکاران که نشان دادند شش هفته تمرین ورزش در آب و پيلاتس بر خستگی زنان مبتلا به ام‌اس تأثیر مثبت دارد (۵۴)، هموست. در یکی از مطالعات مشابه و هم راستا با این تحقیق، اسوار و همکاران به بررسی اثرات تمرینات پيلاتس بر میزان خستگی بیماران مبتلا به ام‌اس پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نیز نشان‌دهنده کاهش خستگی بعد از انجام هشت هفته تمرینات پيلاتس بود (۳۵). تفاوت این مطالعه با تحقیق حاضر از نظر طول دوره تحقیق و تفاوت در نحوه اندازه‌گیری خستگی بود؛ به طوری که اسوار و همکاران از مقیاس شدت خستگی برای تعیین میزان خستگی بیماران استفاده کردند. تاراکسی و همکاران نیز به این نتیجه رسیدند که انجام تمرینات ورزشی منظم می‌تواند در خستگی بیماران مبتلا به

اماس تأثیرات مثبت داشته باشد (۵۵). در مطالعه‌ای که در داخل کشور انجام شد، رحمانی و همکاران نیز اثربخشی یوگای هوشیارانه را بر شدت خستگی و کیفیت زندگی بیماران مبتلا به اماس بررسی کردند. نتایج نشان داد که این روش درمانی بر کاهش خستگی و بهبود کیفیت زندگی این بیماران مؤثر است (۵۶) که با نتایج تحقیق حاضر همخوان است. در تحقیق رحمانی و همکاران برای اندازه‌گیری شدت خستگی از پرسش‌نامه مربوط به اندازه‌گیری خستگی استفاده شد (۵۶). علاوه بر این، نتایج دیگر این پژوهش نشان داد، تمرینات پیلاتس باعث افزایش شاخص‌های تعادلی در بیماران با اختلال اماس شده است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بیماران مبتلا به اماس به علت ضعف عضلانی شدید، خستگی، اختلال در سیستم‌های عصبی، دهلیزی و بینایی مشکلات تعادلی دارند. اختلالات تعادلی به همراه اختلالات و ناتوانی‌های دیگر اغلب سبب ممانعت از فعالیت‌های روزمره بیماران می‌شود (۵۷). نتایج به‌دست‌آمده در این فرضیه با نتایج پژوهش سالگاد و همکاران نیز همسوست. نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات پیلاتس می‌تواند بر تعادل ایستا و پویای بیماران مبتلا به اماس اثری مثبت داشته باشد (۵۸). در مطالعاتی نشان داده شد که پیلاتس می‌تواند منجر به بهبود علائم بالینی متعددی شود که اغلب در افراد مبتلا به اماس وجود دارد و به شدت بر عملکرد فیزیکی آن‌ها تأثیر می‌گذارد؛ مانند اختلال در راه‌رفتن، اختلالات تعادلی یا کاهش قدرت عضلانی (۵۹،۶۰). سانچزلاسترا و همکاران یک مقاله متاآنالیز درباره اماس انجام دادند. آن‌ها دریافتند که پیلاتس در مقایسه با سایر درمان‌های فیزیکی برتری ندارد، اما برای بیماران مبتلا به اماس درمانی امکان‌پذیر است (۶۱). دو مقاله مروری سیستماتیک دیگر در مورد اثرات تمرین پیلاتس بر تعادل و عملکرد راه‌رفتن در سالمندان انجام شده است. براساس مقاله متاآنالیز بارکر و همکاران، مطالعه‌ای در مقایسه با گروه‌های کنترل غیرفعال، پیلاتس تعادل را بهبود می‌بخشد (تفاوت میانگین استاندارد شده = ۰/۸۴) و تعداد زمین‌خوردن‌ها را کاهش می‌دهد (تفاوت میانگین استاندارد شده = ۲/۰۳) (۶۲). به‌طور مشابه، بررسی بولو و همکاران نشان داد که به دنبال تمرینات ورزشی پیلاتس، تغییراتی در تعادل ایستا (اندازه اثر = ۰/۳۴) و معیارهای تعادل پویا (اندازه اثر = ۰/۷۷) مشاهده شد (۶۳). محققان اخیراً گزارش داده‌اند که پیلاتس برای افراد با گروه‌های سنی مختلف، تیپ بدنی و آمادگی جسمانی مفید است، اما مطالعات بیشتری از نظر ارزیابی دقیق اثر پیلاتس بر افراد مبتلا به اماس، به‌ویژه نقش آن در تعادل و کنترل پوسچر پویایی بدن مورد نیاز است (۶۴).

از یافته‌های نهایی این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که دوازده هفته تمرینات پیلاتس می‌تواند باعث افزایش شاخص‌های تعادلی و همچنین کاهش خستگی عضلانی در بیماران مبتلا به اماس شود؛ بنابراین به مربیان ورزشی و بیماران مبتلا به اماس پیشنهاد می‌شود برای بهبود در شاخص‌های خستگی عضلانی و بهبود ظرفیت‌های تعادلی از برنامه تمرینی پیلاتس این پژوهش استفاده کنند.

پیام مقاله

پیلاتس به‌عنوان یک روش تمرینی کم‌فشار و قابل‌تنظیم می‌تواند تعادل، قدرت عضلانی و مقاومت در برابر خستگی را در بیماران مبتلا به اماس بهبود بخشد؛ بنابراین روش مذکور به‌مثابه مداخله‌ای مؤثر بر مدیریت علائم این بیماری توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از همه بیمارانی که در این پژوهش شرکت کردند و همچنین از تمام دوستان و همکاران در انجمن اماس استان فارس که با محقق نهایت همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Pugliatti M, Rosati G, Carton H, Riise T, Drulovic J, Vécsei L, Milanov I. The epidemiology of multiple sclerosis in Europe. *European Journal of Neurology*. 2006;13(7):700-22.
2. Rae-Grant A, Fox R, Béthoux F. Multiple sclerosis and related disorders: diagnosis, medical management, and rehabilitation. Demos Medical Publishing; 2013.
3. Hauser SL. Multiple sclerosis and other demyelinating diseases. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 1994;2287.
4. Dymant DA, Ebers GC, Sadovnick AD. Genetics of multiple sclerosis. *The Lancet Neurology*. 2004;3(2):104-10.
5. Svensson B, Gerdle B, Elert J. Endurance training in patients with multiple sclerosis: five case studies. *Physical Therapy*. 1994;74(11):1017-26.
6. Hale L, Schou E, Piggot J, Littman A, Tumilty S. The effect of combined exercise program for people with Multiple sclerosis: a Case series. *Newzeland Jomal of Physiotherapy*. 2003;31(3):130-8.
7. Snook EM, Motl RW. Effect of exercise training on walking mobility in multiple sclerosis: a meta-analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2009;23(2):108-16.
8. Morris ME, Cantwell C, Vowels L, Dodd K. Changes in gait and fatigue from morning to afternoon in people with multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2002;72(3):361-5.
9. White LJ, Dressendorfer RH. Exercise and multiple sclerosis. *Sports Medicine*. 2004;34:1077-100.
10. Frzovic D, Morris ME, Vowels L. Clinical tests of standing balance: performance of persons with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000;81(2):215-21.
11. Olgiati R, Burgunder J-M, Mumenthaler M. Increased energy cost of walking in multiple sclerosis: effect of spasticity, ataxia, and weakness. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1988;69(10):846-9.
12. Rodgers MM, Mulcare JA, King DL, Mathews T, Gupta SC, Glaser RM. Gait characteristics of individuals with multiple sclerosis before and after a 6-month aerobic training program. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 1999;36(3):183-8.
13. Thompson AJ. Symptomatic management and rehabilitation in multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2001;71(suppl 2):ii22-ii7.
14. Cameron MH, Nilsagård YE. Measurement and treatment of imbalance and fall risk in multiple sclerosis using the international classification of functioning, disability and health model. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 2013;24(2):337-54.
15. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams J, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989;41(6):304-11.
16. Ford H, Trigwell P, Johnson M. The nature of fatigue in multiple sclerosis. *Journal of Psychosomatic Research*. 1998;45(1):33-8.
17. Pan CX, Morrison RS, Ness J, Fugh-Berman A, Leipzig RM. Complementary and alternative medicine in the management of pain, dyspnea, and nausea and vomiting near the end of life: a systematic review. *Journal of Pain and Symptom Management*. 2000;20(5):374-87.
18. Lamers F, Vogelzangs N, Merikangas K, De Jonge P, Beekman A, Penninx B. Evidence for a differential role of HPA-axis function, inflammation and metabolic syndrome in melancholic versus atypical depression. *Molecular Psychiatry*. 2013;18(6):692-9.
19. Galea MP, Cofré Lizama LE, Butzkueven H, Kilpatrick TJ. Gait and balance deterioration over a 12-month period in multiple sclerosis patients with EDSS scores ≤ 3.0 . *NeuroRehabilitation*. 2017;40(2):277-84.
20. Feinstein A. Is there a cognitive signature for multiple sclerosis-related fatigue? London, England: SAGE Publications; 2015, pp. 353-4.
21. Asgari AH, Akbari HAN. Multiple sclerosis. *Razi Magazine*. 2007;18(5):24-32. (in Persian).
22. Bayer Sharing Ph. Introduction to multiple sclerosis. (Bayer Sharing Ph Co., Translator). Tehran, Iran: Jalal Publications, 2010. (in Persian).
23. Shaygannejad V, Sadr-Ameli M. Successful life with multiple sclerosis. Iran: Vajiran, Mashhad; 2010, pp. 68-94. (in Persian).

24. Shoorideh AZ, Foroozan SH, Eshgh ZM, Saniei M. The effect of sport exercises on the ability of doing the daily activities in women with Multiple sclerosis referred to the multiple sclerosis association of Iran between the years of 2001 and 2002. *Med Sci Uni J Rafsanjan*. 2003; 8:164-71. (in Persian).
25. Taylor N, Dodd K, Prasad D, Denisenko S. Progressive resistance exercise for people with multiple sclerosis. *Disability and Rehabilitation*. 2006;28(18):1119-26.
26. DeBolt LS, McCubbin JA. The effects of home-based resistance exercise on balance, power, and mobility in adults with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(2):290-7.
27. Hayes HA, Gappmaier E, LaStayo PC. Effects of high-intensity resistance training on strength, mobility, balance, and fatigue in individuals with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2011;35(1):2-10.
28. White L, McCoy S, Castellano V, Gutierrez G, Stevens J, Walter G, Vandenborne K. Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*. 2004;10(6):668-74.
29. Pilates JH, Miller WJ. *Return to life through Contrology*. Ravenio Books; 1945.
30. Atri B, Shafiee M. *Pilates exercise (based science Contrology)*, Tehran: Talia; 2007; 221-6.
31. Caldwell K, Harrison M, Adams M, Triplett T. Effect of pilates and taiji quan training on self-
32. efficacy, sleep quality, mood and physical performance of college students. *Bodywork and Movement Therapies* 2009;13:155-63.
34. Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(3):661-7.
35. White LJ, Castellano V. Exercise and brain health implications for multiple sclerosis: part 1 neuronal growth factors. *Sports Medicine*. 2008;38:91-100.
36. Mokhtarzadeh M, Majdinasab N, Ranjbar R, Negaresh R. The effect of regular physical activity on cytokine in people with multiple sclerosis: a systematic review. *Sport Physiology*. 2018;10(37):99-122. (in Persian).
37. Asvar S, Taghian F. The effect of an eight-week Pilates training on interleukine-18 level, fatigue, and balance in women with multiple sclerosis. *Journal of Research and Health*. 2020;10(6):383-92. (in Persian).
38. Baquet L, Hasselmann H, Patra S, Stellmann J-P, Vettorazzi E, Engel AK, et al. Short-term interval aerobic exercise training does not improve memory functioning in relapsing-remitting multiple sclerosis a randomized controlled trial. *PeerJ*. 2018;6:e6037.
39. Salehzadeh K, Ayromlou H, Khajei S, Saberi Y. Effects of pilates on changes in balance, body composition, and vital signs including dual blood pressure and resting heart rate in females with Multiple Sclerosis in Tabriz, Iran. *Iran J Nurs Res*. 2018;13(2):17-24. (in Persian).
40. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*. 2007;39(2):175-91.
41. Norris C. Functional load abdominal training: part 1. *Physical Therapy in Sport*. 2001;2(1):29-39.
42. Hajilou B, Anbarian M, Esmaili H, Sadeghi S. The effect of quadriceps fatigue on electromyographic activity of some knee joint muscles during stance phase of walking. *Sport Sciences and Health Research*. 2014;6(1):73-88. (in Persian).
43. Smedal T, Lygren H, Myhr KM, Moe-Nilssen R, Gjelsvik B, Gjelsvik O, Strand LI. Balance and gait improved in patients with MS after physiotherapy based on the Bobath concept. *Physiotherapy Research International*. 2006;11(2):104-16.
44. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams J, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989;41(6):304-11.
45. Robinson RL, Nee RJ. Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2007;37(5):232-8.
46. Cichanowski HR, Schmitt JS, Johnson RJ, Niemuth PE. Hip strength in collegiate female athletes with patellofemoral pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(8):1227-32.
47. Penelope L. Updating the principles of the Pilates method—Part 2. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2002;2(6):94-101.

48. Cancela JM, Mollinedo Cardalda I, Ayán C, de Oliveira IM. Feasibility and efficacy of mat pilates on people with mild-to-moderate Parkinson's disease: a preliminary study. *Rejuvenation Research*. 2018;21(2):109-16.
49. Roshandelpour Z, Abedanzadeh R. The effect of 12 weeks of training Pilates on balance and fatigue in women with multiple sclerosis. *Navid No*. 2018;20(64):1-12
50. Marandi SM, Nejad VS, Shanazari Z, Zolaktaf V. A comparison of 12 weeks of pilates and aquatic training on the dynamic balance of women with multiple sclerosis. *International Journal of Preventive Medicine*. 2013;4(Suppl 1): S110.
51. Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Physical Therapy*. 2008;88(5):559-66.
52. Oken BS, Kishiyama S, Zajdel D, Bourdette D, Carlsen J, Haas M, et al. Randomized controlled trial of yoga and exercise in multiple sclerosis. *Neurology*. 2004;62(11):2058-64.
53. Strang AJ, Berg WP. Fatigue-induced adaptive changes of anticipatory postural adjustments. *Experimental Brain Research*. 2007; 178:49-61.
54. Ång BO. Impaired neck motor function and pronounced pain-related fear in helicopter pilots with neck pain—A clinical approach. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008;18(4):538-49.
55. Szeto GPY, Straker LM, O'Sullivan PB. EMG median frequency changes in the neck-shoulder stabilizers of symptomatic office workers when challenged by different physical stressors. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2005;15(6):544-55.
56. Shanazari Z, Marandi SM, Minasian V. Effect of 12-week Pilates and aquatic training on fatigue in women with multiple sclerosis. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2013;22(98):257-64.
57. Bastiaens H, Alders G, Feys P, Notelaers S, Coninx K, Kerkhofs L, Truyens V, Geers R, Goedhart A. Facilitating robot-assisted training in MS patients with arm paresis: a procedure to individually determine gravity compensation. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*. 2011;2011:5975507.
58. 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. *Clinical Rehabilitation*. 2013;27(9):813-22.
57. Rahmani S. The effect of group mindfulness-based stress reduction program and conscious yoga on the quality of life and fatigue in patients with multiple Sclerosis. *Clinical Psychology and Personality*. 2020;16(2):141-50. (in Persian).
59. De Groot MH, Phillips SJ, Eskes GA. Fatigue associated with stroke and other neurologic conditions: implications for stroke rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;84(11):1714-20.
60. Beer RF, Ellis MD, Holubar BG, Dewald JP. Impact of gravity loading on post-stroke reaching and its relationship to weakness. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 2007;36(2):242-50.
61. Shea S, Moriello G. Feasibility and outcomes of a classical Pilates program on lower extremity strength, posture, balance, gait, and quality of life in someone with impairments due to a stroke. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2014;18(3):332-60.
62. Sánchez-Lastra MA, Martínez-Aldao D, Molina AJ, Ayán C. Pilates for people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2019; 28:199-212.
63. Bullo V, Bergamin M, Gobbo S, Sieverdes J, Zaccaria M, Neunhaeuserer D, Ermolao A. The effects of Pilates exercise training on physical fitness and wellbeing in the elderly: a systematic review for future exercise prescription. *Preventive Medicine*. 2015; 75:1-11.
64. Barker AL, Bird M-L, Talevski J. Effect of pilates exercise for improving balance in older adults: a systematic review with meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015;96(4):715-23.
65. Fox EE, Hough AD, Creanor S, Gear M, Freeman JA. Effects of pilates-based core stability training in ambulant people with multiple sclerosis: multicenter, assessor-blinded, randomized controlled trial. *Physical Therapy*. 2016;96(8):1170-8.