

# Enhancing Gait and Stability in Multiple Sclerosis Patients through Dual-Task Training

Arash Abbasnia<sup>1</sup> , Mehdi Shahbazi<sup>2</sup>  , Elahe Arabameri<sup>3</sup> 

1. MA in Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.

## Article Info

### Article type:

Research Article

### Article history:

Received 28 April 2025

Received in revised

form 27 May 2025

Accepted 28 September 2026

Available online 21 March 2026

### Keywords:

Dual-Task Training,  
Balance,  
Rehabilitation,  
Gait Speed,  
Multiple Sclerosis.

## ABSTRACT

**Objective:** Motor dysfunction-particularly balance and gait impairments-is a common limitation in patients with Multiple Sclerosis (MS), significantly reducing their quality of life. Dual-task (DT) training, which combines cognitive and motor challenges, has emerged as a promising rehabilitation strategy. This study aimed to evaluate the effects of DT training on improving motor function in MS patients.

**Methods:** In this randomized controlled trial, we examined the impact of an eight-week DT training program on balance and gait in female MS patients. Thirty participants (aged 30–72, including 10 elderly individuals) from the Tehran MS Association were voluntarily enrolled and assessed using the Berg Balance Scale (BBS) and Timed Up and Go (TUG) test before and after the intervention, with informed consent obtained. Participants were randomly assigned to either the control or experimental group. After an initial pre-test, the experimental group underwent DT training for eight weeks, consisting of two weekly sessions (45–60 minutes each). A post-test was then administered. Data were analyzed using paired and independent t-tests at a significance level of  $p \leq 0.05$ .

**Results:** MANOVA revealed that DT training led to significant improvements in motor function ( $p=0.001$ ) in the experimental group compared to the control group. Notably, the experimental group demonstrated substantial enhancements in balance and gait ( $p<0.001$ ), suggesting that DT training could be an effective intervention in MS rehabilitation.

**Conclusion:** The findings indicate that an eight-week DT training program incorporating cognitive-motor tasks can effectively enhance motor function in MS patients, supporting its integration into rehabilitation protocols.

**Cite this article:** Abbasnia, H., Shahbazi, M., Arabameri, E. Enhancing Gait and Stability in Multiple Sclerosis Patients through Dual-Task Training. *Functional Research in Sport Psychology*, 2026;3(1):31-40. [10.22091/frs.2025.13477.1091](https://doi.org/10.22091/frs.2025.13477.1091)



© The Author(s).

DOI: [10.22091/frs.2025.13477.1091](https://doi.org/10.22091/frs.2025.13477.1091)

Publisher: University of Qom.

## Extended Abstract

### Introduction

**M**ultiple Sclerosis (MS) is a chronic autoimmune neurodegenerative disorder of the central nervous system, characterized by demyelination that disrupts communication between the brain and the body. This progressive condition manifests through a wide range of neurological symptoms, with motor dysfunctions—particularly balance instability and gait impairments—being among the most common and debilitating, affecting approximately 85% of patients and significantly diminishing their quality of life. Beyond these motor deficits, individuals with MS often experience concurrent cognitive impairments, especially in attention and executive functions. These cognitive deficits do not exist in isolation; they critically interact with motor performance, especially during daily activities that require simultaneous cognitive and motor processing, such as walking while talking. This phenomenon, known as cognitive-motor interference (CMI), is more pronounced in MS patients than in healthy controls and is associated with a higher risk of falls and reduced functional independence. Traditional single-task rehabilitation approaches often fail to address this complex interplay. In response, dual-task (DT) training, which combines cognitive and motor challenges, has emerged as a promising rehabilitation strategy that more accurately mirrors the demands of real-world functioning. The theoretical basis for DT training draws from models like Kahneman's Central Resource Theory, which posits that attentional capacity is limited, and performance degrades when concurrent tasks exceed available resources. Neuroimaging studies have identified key brain regions, including the prefrontal cortex,

that are activated during dual-task performance. While previous research has demonstrated the utility of dual-task assessments for evaluating fall risk, the specific rehabilitative effects of structured DT training on both gait and balance in MS patients require further investigation. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of an eight-week cognitive-motor dual-task training program on improving motor function, specifically gait speed and balance, in female patients with Multiple Sclerosis.

### Methods

A randomized controlled trial design was employed to examine the impact of the DT training program. Thirty female patients with Multiple Sclerosis, aged between 30 and 72 years (including ten elderly individuals), were voluntarily recruited from the Tehran MS Association. Participants were included if they had no prior exercise intervention, did not use assistive devices, had no major visual or hearing impairments, and had no history of other conditions affecting balance. All participants provided informed consent before enrollment. They were randomly assigned to either an experimental group (n=15) or a control group (n=15). The primary outcome measures were balance, assessed using the Berg Balance Scale (BBS), and gait performance, assessed using the Timed Up and Go (TUG) test. Both assessments were administered to all participants at baseline (pre-test) and immediately after the eight-week intervention period (post-test). The intervention protocol for the experimental group consisted of a 16-session program delivered over eight weeks, with two sessions per week. Each session lasted between 45 and 60 minutes. The training protocol comprised ten functional walking exercises, including tasks such as walking with horizontal and vertical head rotations, walking over

obstacles, walking backward, and navigating stairs. Each of these motor tasks was systematically merged with a concurrent cognitive task, such as backward counting, performing arithmetic operations (multiplying or dividing numbers), counting months, or counting coins. The control group received no intervention during this period and continued with their standard care. Data were analyzed using SPSS version 25. After confirming normality (Shapiro-Wilk test) and homogeneity of variances (Levene's test), within-group differences were analyzed using paired-sample t-tests, and between-group differences were analyzed using independent-sample t-tests and a multivariate analysis of covariance (MANCOVA). The significance level was set at  $p \leq 0.05$  for all analyses.

### Results

The statistical analyses revealed that the eight-week dual-task training program led to significant improvements in both balance and gait for the experimental group. At baseline, no significant differences were found between the experimental and control groups for either the BBS scores ( $p = 0.456$ ) or the TUG times ( $p = 0.556$ ), confirming that the two groups were comparable before the intervention. Following the intervention, the independent t-tests showed significant between-group differences. The experimental group demonstrated substantially higher post-test balance scores on the BBS compared to the control group ( $t(28) = 5.5$ ,  $p < 0.001$ ). Similarly, the experimental group exhibited significantly lower (improved) post-test TUG times compared to the control group ( $t(28) = -6.490$ ,  $p < 0.001$ ). The within-group analysis using paired t-tests further confirmed the effectiveness of the intervention for the experimental group. This group showed a significant increase in balance scores from pre-test ( $36.26 \pm 2.73$ ) to post-test ( $32.13 \pm$

$2.79$ ;  $t(14) = -8.670$ ,  $p < 0.001$ ) and a significant decrease in gait times from pre-test ( $15.26 \pm 0.88$  seconds) to post-test ( $11.73 \pm 0.88$  seconds;  $t(14) = 21.384$ ,  $p < 0.001$ ). In contrast, the control group showed no significant changes in either balance (pre:  $30.86 \pm 3.11$  vs. post:  $30.46 \pm 2.41$ ;  $p = 0.373$ ) or gait (pre:  $15.90 \pm 2.13$ s vs. post:  $15.60 \pm 1.95$ s;  $p = 1.000$ ). The MANCOVA analysis, which controlled for baseline differences, confirmed a significant overall effect of the dual-task training on the combined balance and gait measures ( $F(4,25) = 22.544$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.485$ ), indicating a large effect size. Follow-up analyses revealed significant between-group differences for post-test balance ( $F(1,28) = 26.319$ ,  $p < 0.001$ ) and post-test gait performance ( $F(1,28) = 42.125$ ,  $p < 0.001$ ).

### Discussion

The primary finding of this study is that an eight-week cognitive-motor dual-task training program leads to significant and clinically meaningful improvements in both balance and gait speed in female patients with Multiple Sclerosis. These results align with and extend previous research, including studies by Sosnoff et al. and Mercan et al., which demonstrated the superiority of dual-task interventions over single-task or no-intervention controls for improving balance in MS and other neurological populations. The positive effects observed can be explained through several mechanisms. First, the structured and progressive nature of the training, which systematically increased the difficulty of both motor and cognitive components, likely promoted adaptive neuroplasticity. By consistently challenging the attentional and executive control systems, the training may have improved the efficiency of neural networks involved in task coordination, particularly within the prefrontal cortex. Second, the integration of cognitive tasks with varied walking

conditions (e.g., turning, obstacle negotiation, backward walking) directly trained the specific skills required for safe community ambulation. This task-specificity likely enhanced the transfer of training gains to the standardized assessments (BBS and TUG). Third, the exercises were designed to be challenging yet achievable, which likely increased patient engagement and adherence, leading to improvements in underlying musculoskeletal factors such as lower limb muscle strength and reactive postural control. The lack of improvement in the control group confirms that the observed benefits were due to the dual-task intervention and not to spontaneous recovery or test-retest effects. While the results are highly encouraging, this study has limitations, including a relatively small sample size and the absence of a long-term follow-up to assess the durability of the improvements. Furthermore, the study only included female participants, which limits the generalizability of the findings to male MS patients.

### Conclusion

In conclusion, this study provides strong evidence that a structured, eight-week cognitive-motor dual-task training program is an effective and feasible rehabilitation strategy for enhancing gait stability and balance in patients with Multiple Sclerosis. The findings demonstrate that simultaneously challenging motor and cognitive systems leads to significant improvements in functional mobility that are superior to no treatment. These improvements are critical, as they directly impact a patient's ability to perform daily activities safely and independently, thereby potentially reducing fall risk and improving overall quality of life. The study supports the integration of dual-task training into standard clinical rehabilitation protocols for MS. Based on these findings, it is recommended that clinicians incorporate progressive cognitive-

motor tasks into their balance and gait retraining programs. Future research should aim to replicate these findings in larger, more diverse samples, including male patients and individuals with varying levels of disability. Longitudinal studies are also needed to investigate the long-term retention of these motor improvements and to explore the underlying neurophysiological changes associated with dual-task training using neuroimaging techniques. Additionally, comparing different types of dual-task training (e.g., cognitive-motor versus motor-motor) could help refine and optimize rehabilitation protocols for individuals with Multiple Sclerosis.

### Author Contributions

Conceptualization, A. A, M.Sh. and E. AA; methodology, A. A, M. Sh and E.AA.; Data analysis, A.A. and M. Sh; data curation, A.A.; writing—original draft preparation, A.A.; writing—review and editing, M.Sh.; project administration, M.SH.; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.”

### Data Availability Statement

Not applicable.

### Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

### Ethical considerations

All steps in the study of human participants are comparable to the ethical standards of the Institutional and National Research Committee and its subsequent amendments or ethical standards. This study has been approved by the National Ethics Committee of Biomedical Research, University of Tehran (IR.UT.SPORT.REC.1398.049).

### Funding

The authors would like to acknowledge the financial support of university of Tehran for this research under grant number 28201/1/6.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

# بهبود راه رفتن و تعادل در بیماران مبتلا به ام اس از طریق تمرینات دوگانه-تکلیف

آرش عباس نیا<sup>۱</sup>، مهدی شهبازی<sup>۲</sup>، الهه عرب عامری<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی ارشد رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
 ۲. استاد، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
 ۳. استاد، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۴/۰۲/۰۸</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۴/۰۳/۰۶</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۴/۰۷/۰۷</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۵/۰۱/۰۱</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b> تمرین دوگانه-تکلیف، تعادل، توانبخشی، سرعت راه رفتن، مولتیپل اسکلروزیس.</p>	<p><b>هدف:</b> اختلال حرکتی، به ویژه نقص در تعادل و راه رفتن، یکی از محدودیت‌های شایع در بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس (ام اس) است که کیفیت زندگی آنان را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. تمرین دوگانه-تکلیف (<i>DT</i>) که ترکیبی از چالش‌های شناختی و حرکتی است، به عنوان یک راهبرد توانبخشی امیدوارکننده مطرح شده است. هدف این مطالعه بررسی اثر تمرین دوگانه-تکلیف بر بهبود عملکرد حرکتی در بیماران ام اس بود.</p> <p><b>روش‌ها:</b> در این کارآزمایی تصادفی کنترل شده، تأثیر یک برنامه تمرینی هشت هفته‌ای دوگانه-تکلیف را بر تعادل و راه رفتن بیماران زن مبتلا به ام اس بررسی کردیم. سی شرکت‌کننده (با دامنه سنی ۳۰ تا ۷۲ سال، شامل ۱۰ فرد سالمند) از انجمن ام اس تهران به صورت داوطلبانه وارد مطالعه شدند و قبل و بعد از مداخله، با کسب رضایت آگاهانه، با استفاده از مقیاس تعادل برگ (<i>BBS</i>) و آزمون زماندار برخاستن و رفتن (<i>TUG</i>) ارزیابی شدند. شرکت‌کنندگان به طور تصادفی در گروه کنترل یا آزمایشی قرار گرفتند. پس از پیش‌آزمون اولیه، گروه آزمایشی به مدت هشت هفته (دو جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه) تمرین دوگانه-تکلیف را دریافت کرد. سپس پس‌آزمون انجام شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی زوجی و تی مستقل در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تحلیل شد.</p> <p><b>یافته‌ها:</b> تحلیل واریانس چندمتغیره (<i>MANOVA</i>) نشان داد که تمرین دوگانه-تکلیف در گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل منجر به بهبودهای معنی‌داری در عملکرد حرکتی شد (<math>p=0/001</math>). به ویژه، گروه آزمایشی بهبودهای چشمگیری در تعادل و راه رفتن نشان داد (<math>0/001</math>) که حاکی از اثربخشی تمرین دوگانه-تکلیف به عنوان یک مداخله توانبخشی در ام اس است.</p> <p><b>نتیجه‌گیری:</b> یافته‌ها نشان می‌دهد که یک برنامه تمرینی هشت هفته‌ای دوگانه-تکلیف شامل وظایف شناختی-حرکتی می‌تواند عملکرد حرکتی را در بیماران ام اس به طور مؤثری بهبود بخشد و از گنجاندن آن در پروتکل‌های توانبخشی حمایت می‌کند.</p>

**استاد:** عباس نیا، آرش؛ شهبازی، مهدی؛ عرب عامری، الهه. بهبود راه رفتن و تعادل در بیماران مبتلا به ام اس از طریق تمرینات دوگانه-تکلیف. *مطالعات عملکردی در روانشناسی ورزشی*، ۱۴۰۵، ۳ (۱)، ۳۱-۴۰.



DOI: [10.22091/frs.2025.13477.1091](https://doi.org/10.22091/frs.2025.13477.1091)

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم.

## مقدمه

مولتیپل اسکلروزیس (ام اس) یک اختلال نورودژنراتیو خودایمن مزمن است که سیستم عصبی مرکزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با از دست دادن میلین ماده سفید مغز و نخاع مشخص می‌شود [۱]. ام اس به عنوان زیرگروهی از بیماری‌های دمی‌لینه‌کننده، با انواع مختلف بالینی و بافت‌شناسی ظاهر می‌شود که در آن سیستم ایمنی به اشتباه به سیستم عصبی مرکزی حمله کرده و منجر به التهاب مزمن و تخریب عصبی می‌گردد [۱]. این وضعیت پیش‌رونده و غیرواگیر، از طریق علائم عصبی گوناگونی بروز می‌کند که ممکن است به طور ناگهانی یا تدریجی ظاهر شوند [۲]. این بیماری در درجه اول ارتباط بین مغز و سایر اندامها را مختل می‌کند. یکی از عوامل کلیدی تعیین‌کننده پیشرفت بیماری، فراوانی عودهاست - دوره‌های بالینی حاد که معمولاً چند روز تا چند هفته پس از دوره‌های بهبودی رخ می‌دهند و حداقل ۲۴ ساعت طول می‌کشند [۳]. فراوانی عودها عموماً در مراحل اولیه بیماری بیشتر است و در طول زمان کاهش می‌یابد. شدت، مدت و کیفیت بهبودی پس از عودها ارتباط نزدیکی با محل ضایعات درون سیستم عصبی مرکزی دارد [۳].

اختلالات حرکتی، به ویژه بی‌ثباتی تعادل و اختلالات راه رفتن، حدود ۸۵ درصد از بیماران مبتلا به ام اس را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۴]. نقایص شناختی همزمان در توجه و کارکردهای اجرایی، عملکرد حرکتی را در طی فعالیت‌های روزانه پیچیده‌تر می‌کند [۵]. این اختلالات توجه و کارکردهای اجرایی به طور مستقل با بی‌ثباتی وضعیتی، اختلال در عملکرد روزانه و افزایش خطر زمین‌خوردن همبستگی دارند [۶]. پارادایم دوگانه-تکلیف، که فعالیت‌های حرکتی و شناختی را ترکیب می‌کند، بینش ارزشمندی در مورد اختلالات عملکردی در ام اس ارائه می‌دهد. هنگام انجام همزمان تکالیف (مانند راه رفتن در حین شمارش)، بیماران معمولاً در مقایسه با شرایط تک‌تکلیف، کاهش عملکرد را در یک یا هر دو تکلیف نشان می‌دهند [۷]. این پدیده منعکس‌کننده تداخل شناختی-حرکتی (CMI) است و محدودیت‌های عملکردی را دقیق‌تر از ارزیابی‌های تک‌تکلیف نشان می‌دهد [۶].

پژوهش‌های اخیر بیش از پیش بر نقش حیاتی تداخل شناختی-حرکتی در افراد مبتلا به ام اس تأکید کرده‌اند. به عنوان مثال، کالرون و همکاران ارزیابی راه رفتن دوگانه-تکلیف را به عنوان شاخص‌های حساس زوال شناختی و افزایش خطر زمین‌خوردن در میان بیماران ام اس شناسایی کردند [۸]. بندتی و همکاران همچنین نشان دادند که اختلال در کارکردهای اجرایی ارتباط نزدیکی با نقایص برنامه‌ریزی حرکتی و هزینه‌های بالای دوگانه-تکلیف دارد که نشان‌دهنده یکپارچگی عملکردی به خطر افتاده است [۹]. علاوه بر این، ژو و همکاران بر اهمیت کنترل توجه در حفظ ثبات وضعیتی تحت بار شناختی تأکید کردند و پیشنهاد نمودند که مداخلات تمرینی شناختی هدفمند ممکن است عملکرد حرکتی را بهبود بخشد و آسیب‌پذیری در برابر زمین‌خوردن را کاهش دهد [۱۰]. دو چارچوب نظری اصلی برای تبیین تداخل دوگانه-تکلیف وجود دارد:

۱. نظریه منبع مرکزی: پیشنهاد می‌کند که منابع توجهی محدود باید بین تکالیف همزمان تخصیص داده شوند [۱۱]. مدل کانمن نشان می‌دهد که این ظرفیت توجهی می‌تواند بر اساس نیازهای تکلیف و شرایط فردی سازگار شود [۱۲].
۲. نظریه تنگنا: پیشنهاد می‌کند که وقتی تکالیف نیاز به مسیرهای عصبی همپوشان دارند، پردازش ترتیبی یک تنگنا ایجاد کرده و عملکرد را کند می‌کند [۱۳].

مطالعات تصویربرداری عصبی، مناطق خاصی از مغز را که در طول اجرای تکلیف دوگانه فعال می‌شوند، شامل قشر پیشانی، قشر کمربندی قدامی و شکنج پیشانی تحتانی شناسایی کرده‌اند [۱۴]. پژوهش‌ها در جمعیت‌های مختلف (بزرگسالان جوان، افراد مسن و افراد مبتلا به اختلالات نورودژنراتیو مانند آلزایمر و پارکینسون) سودمندی پارامترهای تکلیف دوگانه را برای ارزیابی تعاملات شناختی-حرکتی و خطر زمین‌خوردن نشان داده‌اند [۶].

مک کارتی و همکاران به بررسی تخصیص توجه در بیماران ام اس پرداختند و نقایص قابل توجهی در توجه تقسیم‌شده در مقایسه با افراد سالم یافتند [۱۵]. به طور مشابه، اسپوزیتو و همکاران نشان دادند که بیماران ام اس در تکالیف شناختی دوگانه در مقایسه با تکالیف تکی عملکرد ضعیف‌تری دارند [۱۶]. مطالعات اخیر که به بررسی تعاملات شناختی-حرکتی در جمعیت‌های نورولوژیک پرداخته‌اند، نشان داده‌اند که تکالیف شناختی همزمان بر پارامترهای راه رفتن تأثیر منفی می‌گذارند [۱۷]. این اختلالات دوگانه-تکلیف نه تنها بر عملکرد روزانه تأثیر می‌گذارند، بلکه ممکن است خطر خطری بالای زمین‌خوردن در این جمعیت‌ها را نیز توضیح دهند و پیامدهایی برای رویکردهای ارزیابی و توانبخشی دارند.

بر اساس این شواهد، مطالعه ما با هدف توسعه یک پروتکل تمرین دوگانه-تکلیف شناختی-حرکتی برای بهبود راه رفتن و تعادل در بیماران ام اس، و پرداختن به هر دو جنبه حرکتی و شناختی توانبخشی طراحی شده است.

## مواد و روش‌ها

### شرکت کنندگان

سی زن (۳۰ تا ۷۲ سال) مبتلا به ام اس از انجمن ام اس تهران انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل: عدم انجام مداخله تمرینی قبلی؛ عدم استفاده از وسایل کمکی؛ نداشتن اختلالات عمده بینایی یا شنوایی؛ نداشتن سابقه بیماری‌های مؤثر بر تعادل و عدم وابستگی به صندلی چرخدار بود. معیارهای خروج برای شرکت کنندگان شامل مصرف داروهای روان‌پزشکی، اختلالات نورودژنراتیو، ضربه‌هایی با تأثیر قابل توجه بر عملکرد شناختی مانند آسیب تروماتیک مغزی (جراحی قبلی)، سابقه بیماری تأثیرگذار بر تعادل یا راه رفتن، علائم افسردگی شدید، و اختلالات بینایی و شنوایی بود.

### آزمون برخاستن و رفتن (TUG)

TUG یک آزمون ساده کنترل راه رفتن است که برای اجرا تنها به یک صندلی، کروномتر و یک متر نیاز دارد [۱۸]. از یک نوار برای مشخص کردن فاصله سه متری (۱۰ فوت) از صندلی استفاده می‌شود. در ابتدا، آزمودنی باید روی صندلی بنشیند. آزمون زمانی آغاز می‌شود که آزمودنده از کلمه «برو» یا «شروع» استفاده کند و سپس کروномتر را شروع نماید. آزمودنی از روی صندلی بلند شده، به مسافت تعیین شده سه متر حرکت می‌کند، سپس برمی‌گردد، به سمت صندلی بازمی‌گردد و در نهایت دوباره روی صندلی می‌نشیند. به محض نشستن آزمودنی روی صندلی، کروномتر متوقف شده و زمان ثبت می‌گردد. اگر آزمودنی معمولاً از وسیله کمکی مانند واکر یا عصا برای راه رفتن استفاده می‌کند، باید در طول آزمون از آن استفاده نماید. فرد در طول آزمون هیچ کمک فیزیکی دیگری دریافت نمی‌کند [۱۹].

### مقیاس تعادل برگ (BBS)

آزمون تعادل برگ، یک آزمون بالینی برای بررسی تعادل ایستا و پویا، به ویژه در بیماران نورولوژیک است [۲۰]. این آزمون به نام کاترین برگ، یکی از توسعه‌دهندگان آن، نامگذاری شده است. این آزمون یک آزمون استاندارد طلایی برای بررسی تعادل عملکردی است که حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه زمان می‌برد. این آزمون بالینی از ۱۴ آزمون تعادلی تشکیل شده است. حداقل نمره برای هر آزمون ۰ و حداکثر نمره ۴ است. اگر نمره کل بیمار کمتر یا برابر با ۲۰ باشد، بیمار به صندلی چرخدار نیاز خواهد داشت. اگر نمره کل بیمار بیش از ۲۰ و کمتر یا برابر با ۴۰ باشد، بیمار برای راه رفتن نیاز به کمک خواهد داشت. بیماران با نمرات بالای ۴۰ می‌توانند در راه رفتن مستقل باشند [۲۱].

### پروتکل مداخله

فرآیند پژوهش در قالب آزمون‌گیری قبل و بعد از مداخله و دو ماه پس از مداخله انجام شد. آزمون‌ها شامل آزمون‌های تعادل و راه رفتن بود. ابتدا ۴۳ بیمار مبتلا به ام اس شناسایی شدند و در نهایت ۳۰ زن برای پژوهش بیشتر انتخاب گردیدند. تمامی داوطلبان به صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند. شرکت کنندگان تحت تمرین دوگانه-تکلیف شناختی-حرکتی قرار گرفتند. مداخله شامل یک دوره ۱۶ جلسه‌ای (۸ هفته با دو جلسه در هفته) بود که هر جلسه بین ۴۵ تا ۶۰ دقیقه به طول انجامید. این میزان تمرین در مطالعات قبلی با اثربخشی مطلوب همراه بوده است [۲۲]. پروتکل تمرینی شامل ۱۰ تمرین ارزیابی راه رفتن عملکردی (FGA) بود، شامل: ۱- راه رفتن ایمن، ۲- تغییر در سرعت راه رفتن، ۳- چرخش افقی سر، ۴- چرخش عمودی سر، ۵- راه رفتن و چرخش ۱۸۰ درجه، ۶- راه رفتن با مانع، ۷- راه رفتن با حمایت جزئی، ۸- راه رفتن با چشم‌بند، ۹- راه رفتن به عقب، ۱۰- راه رفتن از پله‌ها. این ده مورد با تکلیف شناختی (شمارش معکوس، ضرب و تقسیم اعداد، شمارش ماه‌ها، شمارش سکه‌ها) تلفیق شدند [۴، ۶، ۱۵، ۱۹]. پس از مداخله، شرکت کنندگان مجدداً توسط آزمون‌های برگ و TUG ارزیابی شدند.

### تحلیل آماری

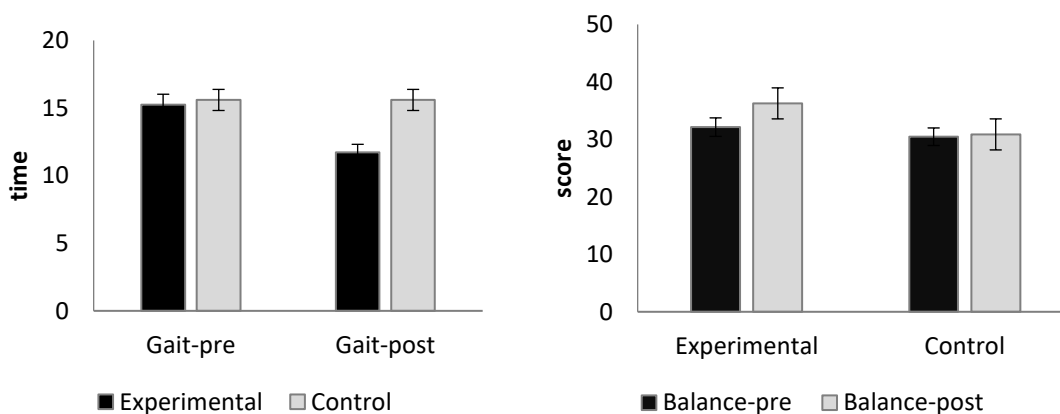
ابتدا برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی انجام گردید. آمار توصیفی شامل محاسبه میانگین و انحراف استاندارد برای متغیرهای مربوطه بود. تحلیل‌های استنباطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ و با به کارگیری آزمون‌های تی زوجی، تی مستقل و تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) انجام شد. سطح معنی‌داری آماری ۰/۰۵ تعیین گردید.

## یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک توزیع نرمال داده‌ها را نشان داد ( $P \leq 0/05$ ) همچنین نتایج آزمون لون نشان داد که واریانس‌ها همگن هستند ( $P \leq 0/05$ ). هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه آزمایش و کنترل در اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون یافت نشد (BBS:  $p = 0/456$ , BBS:  $p = 0/556$ ). آزمون‌های تی مستقل هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها در خط پایه برای تعادل ( $t(28) = 1/74$ )،  $t(28) = 0/456$ ، یا راه رفتن ( $t(28) = -0/601$ )، نشان نداد. با این حال، مقایسه‌های پس از مداخله بهبودهای معنی‌داری را در گروه آزمایش برای هر دو متغیر تعادل ( $t(28) = 5/5$ )،  $t(28) = 0/556$ ، و راه رفتن ( $t(28) = -6/490$ )،  $p < 0/001$  نشان داد، به طوری که نمرات تعادل بالاتر و زمان‌های راه رفتن کمتر (بهبود یافته) در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲).

آزمون‌های تی زوجی بهبودهای معنی‌دار درون‌گروهی را برای گروه آزمایش نشان داد: نمرات تعادل به طور معنی‌داری از پیش‌آزمون ( $36/26 \pm 2/73$ ) به پس‌آزمون ( $32/13 \pm 2/79$ ) افزایش یافت ( $t(14) = -8/670$ )،  $p < 0/001$ . زمان‌های راه رفتن به طور معنی‌داری از پیش‌آزمون ( $15/26 \pm 0/88$ ) به پس‌آزمون ( $11/73 \pm 0/88$ ) کاهش یافت ( $t(14) = 21/384$ )،  $p < 0/001$ .

هیچ تغییر معنی‌داری در گروه کنترل برای تعادل (پیش‌آزمون:  $30/86 \pm 3/11$  در مقابل پس‌آزمون:  $30/46 \pm 2/41$ )،  $t(14) = -0/921$ ،  $p = 0/373$  یا راه رفتن (پیش‌آزمون:  $15/90 \pm 2/13$  در مقابل پس‌آزمون:  $15/60 \pm 1/95$ )،  $t(14) = 0/000$ ،  $p = 0/000$  مشاهده نشد. پس از تأیید مفروضات (آزمون باکس:  $p = 0/111$ ؛ آزمون لون برای همگنی واریانس)، تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) تفاوت‌های معنی‌داری بین گروه‌ها را در اندازه‌گیری‌های ترکیبی تعادل و راه رفتن تأیید کرد ( $F(25,4) = 22/544$ )،  $p < 0/001$ ،  $\eta^2 = 0/485$ . تحلیل‌های پیگیری نشان داد: تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در نمرات تعادل پس‌آزمون ( $F(28,1) = 26/319$ )،  $p < 0/001$ ،  $\eta^2 = 0/601$  و تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در عملکرد راه رفتن پس‌آزمون ( $F(28,1) = 42/125$ )،  $p < 0/001$ ،  $\eta^2 = 0/601$ .



شکل ۱. مقایسه نمرات تعادل و راه رفتن بین گروه آزمایش و کنترل قبل و بعد از مداخله.

شکل ۲. مقایسه زمان‌های راه رفتن بین گروه آزمایش و کنترل قبل و بعد از مداخله.

## بحث

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مداخله تمرینی دوگانه شناختی-حرکتی بر عملکرد حرکتی در بیماران مبتلا به ام‌اس بود. بر اساس یافته‌های پژوهش در مورد اثربخشی تمرین دوگانه-تکلیف بر عملکرد حرکتی، هم اثر اصلی آزمون، هم اثر اصلی گروه، و هم اثر تعامل آزمون و گروه معنی‌دار بودند. آزمون تی مستقل همچنین نشان داد که بین میانگین خطای عملکرد حرکتی در گروه کنترل و آزمایش در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. آزمون تی همبسته برای مقایسه میانگین خطای عملکرد حرکتی در گروه آزمایش نشان داد که خطای عملکرد حرکتی در پس‌آزمون کمتر از میانگین خطای پیش‌آزمون است. یافته‌ها نشان داد که هشت هفته تمرین دوگانه شناختی-حرکتی تعادل و سرعت راه رفتن را در بیماران ام‌اس بهبود می‌بخشد. یافته‌های ما با نتایج مطالعات [۲۳، ۲۴، ۲۵، ۱۹] همسو

است.

مگان و همکاران از سه روش دوگانه-تکلیف روی سه گروه از افراد مبتلا به اماس استفاده کردند. نتایج پژوهش نشان داد که انجام دوگانه-تکلیف با شمارش معکوس هفت تایی تأثیر چشمگیری بر افراد مبتلا به اماس دارد [۲۶]. همچنین در پژوهش کاستیل و همکاران، رابطه دوگانه-تکلیف با کیفیت زندگی و تعادل ایستا بررسی شد [۲۷]. نتایج آنها نشان داد که تکالیف شناختی-حرکتی بر تعادل ایستا و کیفیت زندگی بیماران مؤثر است. سانسوف و همکاران در یک کارآزمایی تصادفی کنترل شده، اثربخشی تمرینات دوگانه شناختی-حرکتی و تکلیف حرکتی تنها را بر تعادل بیماران اماس بررسی کردند [۱۹]. نتایج نشان داد که گروه دوگانه-تکلیف تفاوت معنی داری در تعادل با گروه تکلیف تنها داشت [۱۹]. تکالیف دوگانه-تکلیف در مطالعه حاضر در موقعیت‌های مختلف راه رفتن و همچنین با افزودن مؤلفه‌های شناختی پیچیده‌تر به مراحل بعدی انجام شد. از سوی دیگر، تمرینات به گونه‌ای انتخاب شدند که با توانایی‌های حرکتی بیماران همخوانی داشته باشد و شدت سطح دشواری از جلسه اول تا آخرین جلسه رعایت گردید. در نتیجه، این تمرینات منجر به درگیری بیشتر بیماران در تمرین شد. این امر به نوبه خود باعث بهبود قدرت عضلانی می‌گردد که می‌تواند کنترل وضعیتی را افزایش دهد.

تعادل برای انجام موفقیت‌آمیز تمام حرکات در طول روز ضروری است. رایج‌ترین روش‌ها برای سنجش تعادل توصیفی هستند و بنابراین برای بررسی مؤلفه‌های مختلف تعادل مناسب نمی‌باشند [۲۸، ۲۹]. نظریه‌ای که محققان اخیراً در مطالعه تعادل از آن استفاده کرده‌اند، نظریه سیستمی است. بر اساس این نظریه، حفظ و کنترل موقعیت بدن در فضا نتیجه ارتباط بین سیستم‌های عصبی، عضلانی و اسکلتی است. نظریه‌های متعددی درباره دوگانه-تکلیف وجود دارد که نتایج آنها از نظریه انتخاب-کنش نیومن حمایت کرده و اثربخشی دوگانه-تکلیف را در بهبود تعادل و راه رفتن تأیید می‌کند. بر اساس نتایج این مطالعه، می‌توان بیان کرد که تمرین دوگانه شناختی-حرکتی می‌تواند روش مناسبی برای توانبخشی بیماران اماس باشد [۲۴]. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تکالیف دوگانه‌ای که سیستم شناختی بیماران را درگیر می‌کنند می‌توانند نقش مهمی در کنترل وضعیتی بیماران ایفا کنند. پیشرفت ساختاریافته و درگیری بیماران در طول جلسات، پایبندی را بهبود بخشید و افت نمونه را به حداقل رساند. توانبخشی دوگانه-تکلیف نه تنها عملی است، بلکه ممکن است از مداخلات سنتی تک‌تکلیف نیز عملکرد بهتری داشته باشد [۲۲]. محدودیت‌ها شامل حجم نمونه کوچک و عدم وجود پیگیری طولانی مدت است. مطالعات آینده ممکن است به بررسی اثرات پایدار و مقایسه شیوه‌های مختلف دوگانه-تکلیف (مانند تکالیف حرکتی-حرکتی در مقابل شناختی-حرکتی) بپردازند.

### نتیجه گیری

این مطالعه بیش از ارزشمندی در مورد تعامل بین شناخت و عملکرد حرکتی در بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس (اماس) ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که تمرین دوگانه شناختی-حرکتی نه تنها تعادل و سرعت راه رفتن را افزایش می‌دهد، بلکه به دلیل ماهیت به هم پیوسته شناخت و حرکت، مزایای قابل توجه ادغام چالش‌های شناختی و حرکتی را برجسته می‌سازد. تحقیقات آینده باید بیشتر به بررسی میزان بهبود حافظه، مقایسه اثربخشی تمرین دوگانه-تکلیف (مانند شناختی-حرکتی یا حرکتی-حرکتی) در مقابل تمرین تک‌تکلیف بر عملکرد حرکتی و حافظه، و بررسی پتانسیل یولوژی زمینه‌ای و کاربردهای بالینی این تمرینات بپردازد. مهمتر اینکه، یافته‌ها استفاده از تمرین دوگانه-تکلیف را در توانبخشی اماس حمایت می‌کنند، زیرا این روش تحرک عملکردی، تعادل و استقلال را بهبود می‌بخشد و در عین حال خطر زمین خوردن را کاهش می‌دهد و بر پتانسیل آن برای راهبردهای درمانی شخصی‌سازی شده تأکید می‌کند.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همه مراحل مطالعه بر روی شرکت‌کنندگان انسانی با استانداردهای اخلاقی کمیته تحقیقات مؤسسه‌ای و ملی و اصلاحیه‌های بعدی یا استانداردهای اخلاقی قابل مقایسه است. این مطالعه توسط کمیته ملی اخلاق در تحقیقات زیست‌پزشکی دانشگاه تهران تأیید شده است (IR.UT.SPORT.REC.1398.049).

#### مشارکت نویسندگان

تصورسازی: آ.ع، م.ش و ا.ع؛ روش‌شناسی: آ.ع، م.ش و ا.ع؛ تحلیل داده‌ها: آ.ع و م.ش؛ گردآوری داده‌ها: آ.ع؛ نگارش پیش‌نویس اولیه: آ.ع؛ بازبینی و ویرایش: م.ش؛ مدیریت پروژه: م.ش؛ همه نویسندگان نسخه منتشر شده را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

#### حامی مالی

نویسندگان می‌خواهند از حمایت مالی دانشگاه تهران برای این پژوهش با شماره گرنت ۶/۱/۲۸۲۰۱ تشکر کنند.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچ تعارض منافی را اعلام نمی‌دارند.

### سپاسگزاری

نویسندگان از همه شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر تشکر می‌کنند.

## References

1. Goldenberg, M. M. (2012). Multiple Sclerosis Review. *Pharmacy and Therapeutics*, 37(3), 175. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3351877/>
2. Nafee, T., Watanabe, R., & Fregni, F. (2018). Multiple Sclerosis. *Neuromethods*, 138, 263–295. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7880-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7880-9_8)
3. Gmeindl, L., & Courtney, S. M. (2012). Deconstructing spatial working memory and attention deficits in multiple sclerosis. *Neuropsychology*, 26(1), 57–70. <https://doi.org/10.1037/A0026213>
4. Ruet, A., & Brochet, B. (2020). Cognitive assessment in patients with multiple sclerosis: From neuropsychological batteries to ecological tools. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 63(2), 154–158. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.01.006>
5. Sadeghi-Bahmani, D., Motl, R. W., Sadeghi Bahmani, L., Mirmosayyeb, O., Shaygannejad, V., Mokhtari, F., & Gross, J. J. (2023). Emotional competencies in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 78, 104896. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2023.104896>
6. Leone, C., Patti, F., & Feys, P. (2015). Measuring the cost of cognitive-motor dual tasking during walking in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 21(2), 123–131. <https://doi.org/10.1177/1352458514547408>
7. Plummer-D'Amato, P., Kyvelidou, A., Sternad, D., Najafi, B., Villalobos, R. M., & Zurakowski, D. (2012). Training dual-task walking in community-dwelling adults within 1 year of stroke: a protocol for a single-blind randomized controlled trial. *BMC Neurology*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-129>
8. Kalron, A., Dvir, Z., & Achiron, A. (2021). Dual-task gait performance as a marker for cognitive decline and fall risk in multiple sclerosis. *Journal of Neurological Sciences*, 427, 117528. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2021.117528>
9. Benedetti, M., Biffi, E., & Pedrocchi, A. (2022). Executive dysfunction and motor planning deficits in multiple sclerosis: A dual-task cost analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 36(4), 245–256. <https://doi.org/10.1177/15459683211065432>
10. Zhou, Y., Wang, L., & Chen, X. (2023). Attentional control and postural stability under cognitive load in MS: Implications for cognitive-motor training. *Multiple Sclerosis Journal*, 29(2), 198–210. <https://doi.org/10.1177/13524585221123456>
11. Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2003). A central capacity sharing model of dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 29(1), 3–18. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.29.1.3>
12. Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.
13. Leone, C., Feys, P., Moundjian, L., D'Amico, E., Zappia, M., & Patti, F. (2017). Cognitive-motor dual-task interference: a systematic review of neural correlates. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 75, 348–360.
14. Bollaert, R. E., Poe, K., Hubbard, E. A., Motl, R. W., Pilutti, L. A., Johnson, C. L., & Sutton, B. P. (2018). Associations of functional connectivity and walking performance in multiple sclerosis. *Neuropsychologia*, 117, 8–12. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2018.05.007>

15. McCarthy, M., Beaumont, J. G., Thompson, R., & Peacock, S. (2005). Modality-specific aspects of sustained and divided attentional performance in multiple sclerosis. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(6), 705–718. <https://doi.org/10.1016/J.AC.N.2005.04.007>
16. D'Esposito, M., Onishi, K., Thompson, H., Robinson, K., Armstrong, C., & Grossman, M. (1996). Working memory impairments in multiple sclerosis: Evidence from a dual-task paradigm. *Neuropsychology*, 10(1), 51–56. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.10.1.51>
17. Ausenda, C. D. (2014). A New Idea for Stroke Rehabilitation: Bilateral Transfer Analysis from Healthy Hand to the Paretic One with a Randomized and Controlled Trial. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, s3(01). <https://doi.org/10.4172/2329-9096.s3-008>
18. Hershkovitz, L., Malcay, O., Grinberg, Y., Berkowitz, S., & Kalron, A. (2019). The contribution of the instrumented Timed-Up-and-Go test to detect falls and fear of falling in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 27, 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2018.10.111>
19. Sosnoff, J. J., Wajda, D. A., Sandroff, B. M., Roeing, K. L., Sung, J., & Motl, R. W. (2017). Dual task training in persons with Multiple Sclerosis: A feasibility randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 31(10), 1322–1331. <https://doi.org/10.1177/0269215517698028>
20. Mercan, F., Kara, B., Tiftikcioglu, B. I., Mercan, E., & Serpoyraz, F. M. (2016). Effects of motor-motor and motor-cognitive tasks on balance in patients with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 7, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2016.03.015>
21. Wajda, D. A., Roeing, K. L., Mcauley, E., Motl, R. W., & Sosnoff, J. J. (2016). The relationship between balance confidence and cognitive motor interference in individuals with multiple sclerosis. *Journal of Motor Behavior*, 48(1), 66–71. <https://doi.org/10.1080/00222895.2015.1040110>
22. Goverover, Y., Sandroff, B. M., & DeLuca, J. (2018). Dual Task of Fine Motor Skill and Problem Solving in Individuals With Multiple Sclerosis: A Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(4), 635–640. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.10.012>
23. Brustio, P. R., Rabaglietti, E., Formica, S., & Liubicich, M. E. (2018). Dual-task training in older adults: The effect of additional motor tasks on mobility performance. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 75, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.12.003>
24. Enferadi Doughabadi, A., Taheri Torbati, H., Saberi Kakhki, A., & Nik Khah, K. (2016). The effect of a period balance training and cognitive combination on postural sway women with multiple sclerosis. *Motor Behavior*, 8(23), 143–156. <https://doi.org/10.22089/MBJ.2016.662>
25. PakZamir, F., Shahbazi, M., Bagher Zadeh, F., & Arab Ameri, E. (2018). Effects of Progressive Dual-task Training on Motor Performance, Cognitive Status and Fall Risk among Older Adults With and Without Mild Cognitive Impairment. *Jundishapur Scientific Medical Journal*, 16(6), 599–609. <https://doi.org/10.22118/JSMJ.2018.57908>
26. Kirkland, M. C., Wallack, E. M., Rancourt, S. N., & Ploughman, M. (2015). Comparing Three Dual-Task Methods and the Relationship to Physical and Cognitive Impairment in People with Multiple Sclerosis and Controls. *Multiple Sclerosis International*, 2015, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/650645>
27. Castelli, L., De Luca, F., Marchetti, M. R., Sellitto, G., Fanelli, F., & Prosperini, L. (2016). The dual task-cost of standing balance affects quality of life in mildly disabled MS people. *Neurological Sciences*, 37(5), 673–679. <https://doi.org/10.1007/s10072-015-2456-y>
28. Boes, M. K., Sosnoff, J. J., Socie, M. J., Sandroff, B. M., Pula, J. H., & Motl, R. W. (2012). Postural control in multiple sclerosis: Effects of disability status and dual task. *Journal of the Neurological Sciences*, 315(1–2), 44–29. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2011.12.006>
29. Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K., & De Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: A systematic review. *BMC Geriatrics*, 11. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-29>