

## Proposta de protocolo de treino neuromuscular instável para uma utente com esclerose múltipla: estudo de caso

### Proposal of an unstable neuromuscular training protocol for a patient with multiple sclerosis: case-report

Diogo Melo<sup>1\*</sup> , Carla Ganhão<sup>2</sup> , Hugo Santos<sup>1</sup> , Cristina Sá<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde de Alcoitão, Departamento de Fisioterapia, Cascais, Lisboa, Portugal

<sup>2</sup>ULSLO Centro Hospitalar Lisboa Ocidental – Hospital Egas Muniz

\*Autor correspondente/Corresponding author: [diogo07melo@sapo.pt](mailto:diogo07melo@sapo.pt)

Recebido/Received: 07-08-2024; Revisto/Revised: 28-11-2024; Aceite/Accepted: 23-04-2025

#### Resumo

**Introdução:** A Esclerose Múltipla (EM) é uma doença autoimune do sistema nervoso central, caracterizada por desmielinização e perda axonal, que resultam frequentemente em comprometimentos motores e sensitivos, associados a défices de equilíbrio e quedas. O treino neuromuscular constitui uma estratégia terapêutica que pode melhorar a coordenação e o equilíbrio, reduzindo o risco de quedas nestes utentes. Este estudo objetivou descrever a proposta de um protocolo de intervenção com ênfase no treino neuromuscular instável para o equilíbrio estático e dinâmico numa utente com EM. **Material e Métodos:** Estudo de caso de uma mulher de 58 anos, com EM primária progressiva, com dificuldades em manter-se na posição ortostática por períodos prolongados, em realizar agachamentos e em caminhar mais de 1 km, devido a alterações do controlo motor e da estabilidade postural. Foi inicialmente avaliada com a Escala de Equilíbrio de Berg (EEB), a 12-Item *MS Walking Scale* (12-MSWS), o *Hauser Ambulation Index* e a *Modified Fatigue Impact Scale* (MFIS). Foi submetida a regime de ambulatório durante cinco semanas, com sessões de fisioterapia duas vezes por semana, com duração de uma hora cada, e reavaliação final. **Resultados:** Observou-se um aumento de 3 pontos na EEB, de 11 pontos na 12-MSWS, de 1 nível no *Hauser Ambulation Index* e de 19 pontos na MFIS. **Conclusão:** Os resultados sugerem que o treino neuromuscular instável pode ser eficaz na melhoria do equilíbrio e mobilidade em pessoas com EM. Contudo, são necessários estudos com amostras maiores e *follow-ups* a longo prazo.

**Palavras-chave:** Treino Neuromuscular, Equilíbrio, Esclerose Múltipla, Fisioterapia, estudo de caso.

#### Abstract

**Introduction:** Multiple Sclerosis (MS) is an autoimmune disease of the central nervous system, characterized by demyelination and axonal loss, which often results in motor and sensory impairments associated with balance deficits and falls. Neuromuscular training is a therapeutic strategy that can improve coordination and balance, reducing the risk of falls in these patients. This study aimed to describe the proposal of an intervention protocol with emphasis on unstable neuromuscular training for static and dynamic balance in a patient with MS. **Materials and Methods:** Case study of a 58-year-old woman with primary progressive MS, with difficulties in maintaining an upright position for prolonged periods, performing squats and walking more than 1 km, due to motor control impairments and postural instability. She was initially assessed using the Berg Balance Scale (BBS), the 12-Item MS Walking Scale (12-MSWS), the Hauser Ambulation Index and the Modified Fatigue Impact Scale (MFIS). She underwent an outpatient regimen for five weeks, with physiotherapy sessions twice a week, each lasting one hour, and final reassessment. **Results:** An increase of 3 points was observed on the BBS, 11 points on the 12-MSWS, 1 level on the Hauser Ambulation Index and 19 points on the MFIS. **Conclusion:** The results suggest that unstable neuromuscular training may be effective in improving balance and mobility in people with MS. However, studies with larger samples and long-term follow-ups are needed.

**Keywords:** Unstable Neuromuscular Training, Balance, Multiple Sclerosis, Physiotherapy, Case-report.

## 1. INTRODUÇÃO

A esclerose múltipla (EM) é a doença incapacitante não traumática mais comum nos adultos jovens. Trata-se de uma doença autoimune crônica do sistema nervoso central (SNC), caracterizada por inflamação, desmielinização e perda axonal difusa, esta ocorrendo mesmo nos estágios iniciais da doença, que afeta tanto o cérebro como a medula espinhal. O desenvolvimento da doença pode ser extremamente variável entre doentes, e embora haja avanços significativos no seu tratamento, a EM continua a ser uma das causas mais frequentes de incapacidade neurológica (Oh et al., 2018).

A EM é bem conhecida pela heterogeneidade das suas manifestações clínicas, as quais incluem fraqueza, espasticidade, fadiga, e alterações na sensibilidade, na coordenação motora, na visão e na cognição. Alguns destes sintomas acabam por ter repercussões no equilíbrio. Os défices de equilíbrio estão frequentemente presentes, mesmo nos estágios iniciais da doença, e em fases mais avançadas são a principal causa de quedas associadas a lesões adicionais (Ford, 2020).

Estudos demonstram que 50 a 80% das pessoas com EM apresentam alterações do equilíbrio e da marcha, e que 50% cai pelo menos uma vez por ano, devido à incapacidade de manter a posição ortostática, lentidão nos movimentos e ajustes posturais alterados (Cameron & Nilsagard, 2018). As quedas recorrentes em pessoas com EM estão associadas a lesões secundárias, diminuição da participação e uma sensação constante de medo. O medo de cair e as suas consequências limitam a qualidade de vida das pessoas com EM, levando muitas vezes a níveis reduzidos de atividade física, diminuição da produtividade e isolamento social (Scholz et al., 2021).

Nos últimos anos, devido à problemática do equilíbrio e das quedas na EM, tem havido um aumento dos estudos sobre as intervenções de fisioterapia para a melhoria do equilíbrio (Abou et al., 2022). Estudos tais como a importância da reabilitação ambulatória na EM (Ramari et al., 2020) ou acerca de intervenções terapêuticas na mobilidade em pessoas com EM (Corrini et al., 2023) apresentam resultados positivos na marcha e mobilidade funcional da pessoa, reforçando a necessidade de prescrição de exercício a essa população (Halabchi et al., 2017; Kalb et al., 2020).

O treino proprioceptivo é uma das técnicas estudadas (Gandofi et al., 2015), mas os estudos são pouco descritivos sobre os exercícios utilizados (Prosperirini et al., 2010). A proprioção refere-se à capacidade do corpo de perceber a posição e o movimento, essencial para a coordenação motora, manutenção do equilíbrio e controle postural, funções essas que envolvem processos complexos e interdependentes, que dependem a integração de múltiplos sistemas sensoriais, motores e cognitivos. A informação proprioceptiva, associada a informação vestibular e visual, permite ao sistema nervoso realizar ajustes posturais automáticos e dinâmicos, promovendo um controle postural eficiente, e que o indivíduo se mantenha estável em diversas condições de movimento e variação da base de sustentação. O termo "treino proprioceptivo", embora muito usado na literatura científica, não é o mais correto do ponto de vista científico, uma vez que estes exercícios não treinam apenas a proprioção, mas também a resposta motora. A resposta motora envolve a capacidade do sistema nervoso de

## 1. INTRODUCTION

Multiple sclerosis (MS) is the most common non-traumatic disabling disease among young adults. It is a chronic autoimmune disorder of the central nervous system (CNS), characterized by inflammation, demyelination, and diffuse axonal loss, the latter occurring even in the early stages of the disease, affecting both the brain and spinal cord. The progression of MS can be extremely variable among patients, and although significant advances have been made in its treatment, MS remains one of the leading causes of neurological disability (Oh et al., 2018). MS is well known for the heterogeneity of its clinical manifestations, which include weakness, spasticity, fatigue, and impairments in sensation, motor coordination, vision, and cognition. Some of these symptoms ultimately impact balance. Balance deficits are frequently present even in the early stages of the disease and, in more advanced stages, are the primary cause of falls associated with additional injuries (Ford, 2020). Studies show that 50% to 80% of people with MS experience balance and gait disturbances, and that 50% fall at least once a year due to an inability to maintain an upright position, slowed movements, and altered postural adjustments (Cameron & Nilsagard, 2018). Recurrent falls in people with MS are associated with secondary injuries, decreased participation, and a persistent fear of falling. The fear of falling and its consequences limit the quality of life of people with MS, often leading to reduced physical activity levels, decreased productivity, and social isolation (Scholz et al., 2021). In recent years, due to the challenges related to balance and falls in MS, there has been a growing body of research on physiotherapy interventions aimed at improving balance (Abou et al., 2022). Studies such as those addressing the importance of ambulatory rehabilitation in MS (Ramari et al., 2020) and therapeutic interventions for mobility in people with MS (Corrini et al., 2023) show positive results in gait and functional mobility, reinforcing the need for exercise prescription in this population (Halabchi et al., 2017; Kalb et al., 2020). Proprioceptive training is one of the techniques studied (Gandofi et al., 2015), although studies often lack detailed descriptions of the exercises used (Prosperini et al., 2010). Proprioception refers to the body's ability to perceive position and movement, which is essential for motor coordination, balance maintenance, and postural control. These functions involve complex and interdependent processes requiring the integration of multiple sensory, motor, and cognitive systems. Proprioceptive information, combined with vestibular and visual inputs, enables the nervous system to perform automatic and dynamic postural adjustments, promoting efficient postural control and allowing individuals to remain stable under various movement conditions and changes in the base of support. Although the term "proprioceptive training" is widely used in scientific literature, it is not the most scientifically accurate, as these exercises train not only proprioception but also motor responses. Motor responses involve the nervous system's ability to process sensory information and generate appropriate reactions, a critical component of postural stability. Therefore, the term "neuromuscular training" is more appropriate. Neuromuscular training includes a combination of core stability exercises, balance, strength, coordination, plyometric exercises, and exercises on unstable surfaces, integrating both

processar informações sensoriais e gerar respostas adequadas, um componente crítico para a estabilidade postural. Assim, a terminologia "treino neuromuscular" é mais apropriada. O "treino neuromuscular" inclui uma combinação de exercícios de estabilidade central, equilíbrio, força, coordenação, exercícios pliométricos e exercícios em superfícies instáveis, integrando tanto a propriocepção quanto a capacidade do sistema neuromuscular de responder a estímulos variáveis e desafiadores (Sokhangu et al., 2021).

Um tipo de treino neuromuscular é o "treino neuromuscular instável" o qual é projetado para desafiar o controlo motor, visando melhoria da coordenação, da força da musculatura dos membros inferiores e da estabilidade postural, essenciais para a manutenção do equilíbrio. Este tipo de treino utiliza superfícies instáveis, movimentos multidirecionais e exercícios que exigem ajustes posturais constantes, promovendo uma adaptação neuromuscular que vai além da simples melhoria da percepção sensorial. Consequentemente, o treino neuromuscular instável poderá ser uma abordagem mais holística e eficaz para tratar os défices de equilíbrio em pessoas com EM, proporcionando melhoria mais abrangente na funcionalidade e na diminuição do risco de queda (Marand et al., 2022).

Deste modo, o objetivo deste estudo de caso único é descrever uma proposta de protocolo intervenção com ênfase no treino neuromuscular instável e verificar os resultados obtidos no equilíbrio numa utente com EM.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

No início do protocolo de intervenção, todos os detalhes do estudo foram explicados à participante, que assinou o consentimento informado após esclarecer todas as suas dúvidas.

### 2.1 PARTICIPANTE

Estudo de caso, do qual participou uma mulher de 58 anos, diagnosticada em 2021 com EM primária progressiva, realizava tratamento medicamentoso com ocrelizumab administrado intravenosamente a cada seis meses. A participante era casada, vivia com o marido e o filho num apartamento sem elevador, e estava desempregada devido à sua condição, tendo anteriormente trabalhado como empregada de escritório. Relatou dificuldades em atividades que requeriam longos períodos na posição ortostática, como passar a ferro. Os principais objetivos da participante eram melhorar o equilíbrio, a mobilidade funcional e a autonomia nas atividades diárias.

Na avaliação inicial, através do teste muscular manual foi permitido perceber que a participante apresentava fraqueza muscular nos membros inferiores e nos estabilizadores centrais. Para além disso foram registadas ligeiras alterações de sensibilidade nos membros inferiores e ligeira espasticidade nos flexores plantares, avaliadas através da escala *Nottingham Assessment of Somatosensation*, problemas que afetavam a marcha e o equilíbrio. Segundo a escala Escala Expandida do Status de Incapacidade de Kurtzke (EDSS), o estadió da participante era de 4,5/10.

Foram aplicados os seguintes Instrumentos de medida na avaliação quantitativa:

- **Escala de Equilíbrio de Berg (EEB):** avalia o equilíbrio

propriocepção e a capacidade do sistema neuromuscular de responder a variáveis e desafiantes estímulos (Sokhangu et al., 2021). One type of neuromuscular training is "unstable neuromuscular training," designed to challenge motor control with the aim of improving coordination, lower limb strength, and postural stability, all of which are essential for maintaining balance. This type of training uses unstable surfaces, multidirectional movements, and exercises that require constant postural adjustments, promoting neuromuscular adaptations that go beyond simply improving sensory perception. Consequently, unstable neuromuscular training may offer a more holistic and effective approach to addressing balance deficits in people with MS, providing broader improvements in functionality and reducing the risk of falls (Marand et al., 2022). Thus, the objective of this single case study is to describe a proposed intervention protocol, emphasizing unstable neuromuscular training and to assess its effects on balance in a female patient with MS.

## 2. MATERIALS AND METHODS

At the beginning of the intervention protocol, all details of the study were explained to the participant, who signed the informed consent form after clarifying all her doubts.

### 2.1 PARTICIPANT

This is a case report involving a 58-year-old woman, diagnosed in 2021 with primary progressive multiple sclerosis (PPMS). She was undergoing pharmacological treatment with ocrelizumab, administered intravenously every six months. The participant was married, lived with her husband and son in an apartment without an elevator, and was unemployed due to her condition, having previously worked as an office employee. She reported difficulties in activities requiring prolonged standing, such as ironing. Her main goals were to improve balance, functional mobility, and autonomy in daily activities. In the initial assessment, manual muscle testing revealed weakness in the lower limbs and core stabilizing muscles. In addition, slight sensory alterations in the lower limbs and mild spasticity in the plantar flexors were recorded, assessed using the Nottingham Assessment of Somatosensation Scale. These impairments affected her gait and balance. According to the Expanded Disability Status Scale (EDSS), the participant's disability status was 4.5/10. The following measurement instruments were used for quantitative assessment:

- **Berg Balance Scale (BBS):** Assesses functional balance and fall risk through 14 items scored from 0 to 4 (Miranda-Cantellops & Tiu, 2024). It demonstrates excellent internal consistency (Cronbach's  $\alpha = 0.833$ ) and inter-rater reliability (ICC = 0.863) (Ramalhinho, 2019).
- **12-Item Multiple Sclerosis Walking Scale (12-MSWS):** Evaluates walking limitations associated with MS over recent weeks, using 12 items rated from 1 to 5. The test-retest reproducibility of the items is high ( $\geq 0.78$ ) and overall reliability is also high ( $\geq 0.94$ ) (Hobart et al., 2003).
- **Hauser Ambulation Index (HAI):** Measures the time

funcional e o risco de queda através de 14 itens com uma escala de 0 a 4 (Miranda-Cantellops & Tiu, 2024). Apresenta excelentes consistência interna ( $\alpha$  de Cronbach = 0,833) e fidedignidade inter-observador (CCI = 0,863) (Ramalhinho, 2019).

- **12 Item Multiple Sclerosis Walking Scale (12-MSWS):** Avalia as limitações na marcha associadas à EM nas últimas semanas, através de 12 itens classificados de 1 a 5. A reprodutibilidade teste-reteste dos itens é alta ( $\geq 0,78$ ) e a fidedignidade também é alta ( $\geq 0,94$ ) (Hobart et al., 2003).
- **Hauser Ambulation Index (HAI):** Avalia o tempo e o grau de assistência necessários para andar 8 metros, com pontuações de 0 (assintomático) a 10 (acamado). Apresenta excelente fidedignidade intra-observador (CCI = 0,93) e inter-observador (CCI = 0,96), bem como alta reprodutibilidade teste-reteste (CCI = 0,91) (Sharrack et al., 1999; Syndlulko et al., 1996).
- **Escala de Impacto da Fadiga Modificada (MFIS):** Avalia a tolerância ao esforço através de 21 itens classificados de 0 a 4. Apresenta excelente fidedignidade teste-reteste (CCI = 0,85) e excelente consistência interna ( $\alpha$  de Cronbach = 0,94-0,96) (Rietberg et al., 2010; Amtmann et al., 2012).

Os dados da avaliação inicial obtidos por estes instrumentos estão apresentados na Tabela 1.

No que se refere ao diagnóstico em fisioterapia: Utente incapacitada de realizar a atividade laboral e de conduzir por apresentar dificuldades em permanecer na posição ortostática durante longos períodos, dificuldades em realizar agachamento e em andar mais de 1km devido a alterações do equilíbrio a fraqueza muscular nos membros inferiores, essencialmente no esquerdo, e dos estabilizadores centrais, alterações da sensibilidade tátil e diminuição da tolerância ao esforço, fruto de um quadro de EM primária progressiva.

and level of assistance required to walk 8 meters, with scores ranging from 0 (asymptomatic) to 10 (bedridden). It presents excellent intra-rater (ICC = 0.93) and inter-rater reliability (ICC = 0.96), as well as high test-retest reproducibility (ICC = 0.91) (Sharrack et al., 1999; Syndlulko et al., 1996).

- **Modified Fatigue Impact Scale (MFIS):** Assesses effort tolerance through 21 items rated from 0 to 4. It shows excellent test-retest reliability (ICC = 0.85) and excellent internal consistency (Cronbach's  $\alpha$  = 0.94–0.96) (Rietberg et al., 2010; Amtmann et al., 2012).

The baseline assessment data obtained from these instruments are presented in Table 1.

The physiotherapy diagnosis is as follows: The patient was unable to perform work activities or drive due to difficulties in maintaining an upright position for prolonged periods, difficulties performing squats, and walking more than 1 kilometre, resulting from balance impairments, muscle weakness in the lower limbs (particularly on the left side), core stabilizer weakness, tactile sensory deficits, and decreased effort tolerance, all consistent with a diagnosis of primary progressive MS.

Tabela/Table 1: Protocolo de intervenção/Intervention Protocol.

| Semana/<br>Week        | Preparação de estruturas/<br>Structural Preparation  | Treino Neuromuscular/<br>Neuromuscular Training   |
|------------------------|--|---|
| 1ª Semana/<br>1st week | Facilitação de básculas utilizando o método de Feldenkrais (técnica do relógio)<br>Ativação do médio glúteo em decúbito lateral (15x)<br>Facilitação de básculas na posição de sentada<br>Ativação e fortalecimento dos Extensores da Anca com ponte glútea bilateral com bola entre as pernas (20x)<br>Bicicleta sem resistência durante 10 minutos para ativação e fortalecimento muscular dos membros inferiores/<br>Facilitation of pelvic tilts using the Feldenkrais method (clock technique)<br>Facilitation of pelvic tilts in sitting position<br>Bicycle without resistance for 10 minutes to activate and strengthen lower limb muscles | Tábua de balanço vertical, promovendo flexão dorsal e plantar alternadamente (20x)<br>Tábua de balanço horizontal, promovendo inclinações da bacia alternadamente (20x)<br>Transferências de peso no bozu (anterior, posterior e lateral)<br>Subir e descer step (20x)/<br>Activation of the gluteus medius in lateral decubitus (15x)<br>Activation and strengthening of hip extensors with bilateral glute bridge, with a ball between the legs (20x)<br>Vertical balance board, promoting alternating dorsiflexion and plantar flexion (20x)<br>Horizontal balance board, promoting alternating pelvic tilts (20x)<br>Weight shifting on the Bosu (anterior, posterior, and lateral)<br>Step up and down (20x) |

## Caso Clínico | Case Report

|  |   |
|--|---|
| <p><b>2ª Semana/<br/>2nd week</b></p> <p>Ativação do médio glúteo em decúbito lateral (15x)<br/>           Ativação e fortalecimento da musculatura da Core na Posição de gatas com elevação dos membros superiores alternadamente (20x)<br/>           Mobilização da coluna na posição de gatas (exercício do gato)<br/>           Bicicleta sem resistência durante 15 minutos para fortalecer a musculatura dos membros inferiores/<br/>           Activation of the gluteus medius in lateral decubitus (15x)<br/>           Core mobilization in quadruped position (cat exercise)<br/>           Bicycle without resistance for 15 minutes to strengthen lower limb muscles</p>   | <p>Tábua de balanço vertical, promovendo flexão dorsal e plantar alternadamente (20x)<br/>           Tábua de balanço horizontal, promovendo inclinações da bacia alternadamente (20x)<br/>           Transferências de peso no bozu (anterior, posterior e lateral)<br/>           Subir e descer step (20x)/<br/>           Activation and strengthening of core muscles in quadruped position with alternating upper limb elevations (20x)<br/>           Bicycle without resistance for 15 minutes to strengthen lower limb muscles<br/>           Vertical balance board, promoting alternating dorsiflexion and plantar flexion (20x)<br/>           Horizontal balance board, promoting alternating pelvic tilts (20x)<br/>           Weight shifting on the Bosu (anterior, posterior, and lateral)<br/>           Step up and down (20x)</p>   |
| <p><b>3ª Semana/<br/>3rd week</b></p> <p>Mobilização da coluna na posição de gatas (exercício do gato)<br/>           Ativação do médio glúteo em decúbito lateral (15x)<br/>           Na posição de gatas elevar membros opostos alternadamente ("super-homem" 10x) de forma a ativar e fortalecer a musculatura da core<br/>           Sit to stand utilizando a bola de Bobath (20x), fortalecer a cadeia extensora do membro inferior<br/>           Bicicleta com resistência nível 2 durante 10 min (progredindo para nível 3)/<br/>           Core mobilization in quadruped position (cat exercise)<br/>           Activation of the gluteus medius in lateral decubitus (15x)<br/>           In quadruped position, elevate opposite limbs alternately ("superman" 10x) to activate and strengthen the core muscles<br/>           Sit to stand using the Bobath ball (20x)<br/>           Bicycle without resistance for 10 minutes</p> | <p>Manter equilíbrio na tábua de balanço vertical com estimulação externa de uma bola (20x)<br/>           Manter equilíbrio na tábua de balanço horizontal com estimulação externa de uma bola (20x)<br/>           Manter equilíbrio no bozu com estimulação externa de uma bola (20x)<br/>           Manter equilíbrio na tábua de balanço redonda, realizando transferências de peso<br/>           Realizar marcha com pés a frente um do outro, seguindo uma linha contínua (4 metros), marcha de olhos fechados, marcha de bicos dos pés e de calcanhares<br/>           Marcha no colchão/esponja<br/>           Step horizontal (20x)/<br/>           Activation of the gluteus medius in lateral decubitus (15x)<br/>           In quadruped position, elevate opposite limbs alternately ("superman" 10x) to activate and strengthen the core muscles<br/>           Sit to stand using the Bobath ball (20x), strengthening the lower limb extensor chain<br/>           Bicycle with resistance level 2 for 10 minutes (progressing to level 3)<br/>           Balance on vertical balance board with external ball stimulation (20x)<br/>           Balance on horizontal balance board with external ball stimulation (20x)<br/>           Balance on the Bosu with external ball stimulation (20x)<br/>           Balance on round balance board, performing weight shifts<br/>           Walking with feet placed one in front of the other along a continuous line (4 meters), walking with eyes closed, walking on toes and heels<br/>           Walking on mattress/sponge<br/>           Horizontal step (20x)</p> |
| <p><b>4ª Semana/<br/>4th week</b></p> <p>Elevar membros opostos alternadamente em decúbito dorsal (10x) para ativar e fortalecer o core<br/>           Agachamento com bola de Bobath na parede (20x) para fortalecer a cadeia extensora do membro inferior<br/>           Mobilização da coluna na posição de gatas (exercício do gato)<br/>           Bicicleta com resistência nível 2 durante 10 min (progredindo para nível 3)/<br/>           Elevate opposite limbs alternately in supine position (10x) to activate and strengthen the core<br/>           Squatting with the Bobath ball against the wall (20x)<br/>           Core mobilization in quadruped position (cat exercise)<br/>           Bicycle with resistance level 2 for 10 minutes</p>   | <p>Manter equilíbrio na tábua de balanço vertical com estimulação externa de uma bola (20x)<br/>           Manter equilíbrio na tábua de balanço horizontal com estimulação externa de uma bola (20x)<br/>           Manter equilíbrio no bozu com estimulação externa de uma bola (20x)<br/>           Manter equilíbrio na tábua de balanço redonda, realizando transferências de peso<br/>           Realizar marcha com pés a frente um do outro, seguindo uma linha contínua (4 metros), marcha de olhos fechados, marcha de bicos dos pés e de calcanhares<br/>           Marcha no colchão/esponja<br/>           Step horizontal (20x)/<br/>           Horizontal step (20x)<br/>           Squatting with the Bobath ball against the wall (20x) to strengthen the lower limb extensor chain<br/>           Core mobilization in quadruped position (cat exercise)<br/>           Bicycle with resistance level 2 for 10 minutes (progressing to level 3)<br/>           Balance on vertical balance board with external ball stimulation (20x)<br/>           Balance on horizontal balance board with external ball stimulation (20x)<br/>           Balance on the Bosu with external ball stimulation (20x)<br/>           Balance on round balance board, performing weight shifts<br/>           Walking with feet placed one in front of the other along a continuous line (4 meters), walking with eyes closed, walking on toes and heels<br/>           Walking on mattress/sponge<br/>           Horizontal step (20x)</p>   |

|  |  |
|--|--|
| <p>Na posição de gatas elevar membros opostos alternadamente ("super-homem" 10x) de forma a ativar e fortalecer o core</p> <p>Elevar membros opostos alternadamente em decúbito dorsal (10x) para fortalecer o core</p> <p>Agachamento com bola de Bobath na parede (20x) para fortalecer a cadeia extensora do membro inferior</p> <p>Sit to stand utilizando a bola de Bobath (20x) para fortalecer a cadeia extensora do membro inferior</p> <p><b>5ª Semana/<br/>5th week</b></p> <p>Marcha na passareira a ritmo confortável durante 15 min/</p> <p>In quadruped position, elevate opposite limbs alternately ("super-man" 10x) to activate and strengthen the core</p> <p>Elevate opposite limbs alternately in supine position (10x) to strengthen the core</p> <p>Squatting with the Bobath ball against the wall (20x) to strengthen the lower limb extensor chain</p> <p>Sit to stand using the Bobath ball (20x) to strengthen the lower limb extensor chain</p> <p>Walking on treadmill at a comfortable pace for 15 minutes</p> | <p>Manter equilíbrio na tábua de balanço vertical com estimulação externa de uma bola (20x)</p> <p>Manter equilíbrio na tábua de balanço horizontal com estimulação externa de uma bola (20x)</p> <p>Manter equilíbrio no bozu com estimulação externa de uma bola (20x)</p> <p>Manter equilíbrio na tábua de balanço redonda, realizando transferências de peso</p> <p>Realizar marcha com pés a frente um do outro, seguindo uma linha contínua (4 metros), marcha de olhos fechados, marcha de bicos dos pés e de calcanhares</p> <p>Marcha no colchão/esponja</p> <p>Step horizontal (20x)/</p> <p>Elevate opposite limbs alternately in supine position (10x) to strengthen the core</p> <p>Squatting with the Bobath ball against the wall (20x) to strengthen the lower limb extensor chain</p> <p>Sit to stand using the Bobath ball (20x) to strengthen the lower limb extensor chain</p> <p>Walking on treadmill at a comfortable pace for 15 minutes</p> <p>Balance on vertical balance board with external ball stimulation (20x)</p> <p>Balance on horizontal balance board with external ball stimulation (20x)</p> <p>Balance on the Bosu with external ball stimulation (20x)</p> <p>Balance on round balance board, performing weight shifts</p> <p>Walking with feet placed one in front of the other along a continuous line (4 meters), walking with eyes closed, walking on toes and heels</p> <p>Walking on mattress/sponge</p> <p>Horizontal step (20x)</p> |
|--|--|

## 2.2 PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO

A participante foi submetida a um protocolo de intervenção da fisioterapia, em ambulatório, baseado em treino neuromuscular instável ao longo de 11 sessões, com a duração de 60 minutos, sessões de 1:1, ao longo de 5 semanas (2 sessões por semana). As sessões de fisioterapia consistiam numa preparação inicial de estruturas seguida de treino neuromuscular para o equilíbrio estático e dinâmico. O protocolo de intervenção proposto para esse estudo de caso encontra-se descrito na Tabela 1.

Dada a natureza da condição e perante o protocolo de intervenção, ao longo das 5 semanas foi avaliada a tolerância ao esforço no decorrer dos exercícios, utilizando assim a Escala Modificada de Borg.

## 3. RESULTADOS

Os resultados da avaliação inicial e da final (realizada após 5 semanas de intervenção) estão apresentados na Tabela 2, mostrando melhorias clinicamente significativas (MCS) conforme os instrumentos de medição utilizados.

A EEB revelou uma MCS com um aumento de 3 pontos na reavaliação. De acordo com Gervasoni et al. (2017), uma mudança de 3 pontos na EEB é considerada clinicamente significativa para pessoas com EM, 3 pontos para pessoas internadas e 2 pontos para pessoas em ambulatório. Na reavaliação, a utente demonstrou capacidade de permanecer na posição ortostática com os olhos fechados por 10 segundos, colocar um pé à frente do outro e mantê-lo por 30 segundos, e melhorias no apoio unipedal, mantendo-se por 4 segundos.

A 12-MSWS também mostrou uma MCS, com um aumento de 11 pontos no score total. Motl et al. (2014) indicam que mudanças de 4 a 6 pontos na 12-MSWS são clinicamente significativas em termos de desempenho e avaliação da marcha na EM. Na reavaliação, as respostas da utente indicaram

## 2.2 INTERVENTION PROTOCOL

The participant underwent an outpatient physiotherapy intervention protocol based on unstable neuromuscular training over 11 sessions, each lasting 60 minutes, conducted in a 1:1 format over five weeks (two sessions per week). The physiotherapy sessions consisted of an initial preparation phase targeting musculoskeletal structures, followed by neuromuscular training aimed at improving static and dynamic balance. The intervention protocol proposed for this case study is described in Table 1. Given the nature of the condition and the intervention protocol, effort tolerance was monitored throughout the five weeks by using the Modified Borg Scale during exercise sessions.

## 3. RESULTS

The results from the initial and final assessments (conducted after five weeks of intervention) are presented in Table 2, showing clinically significant changes (CSC) according to the measurement instruments used. The BBS revealed a CSC with an increase of 3 points at reassessment. According to Gervasoni et al. (2017), a 3-point change on the BBS is considered clinically significant for people with MS, 3 points for hospitalized individuals, and 2 points for outpatients. In the reassessment, the participant demonstrated the ability to maintain a standing position with eyes closed for 10 seconds, perform tandem standing (placing one foot in front of the other) and maintain it for 30 seconds, as well as improvements in single-leg stance, maintaining the position for 4 seconds.

The 12-MSWS also showed a CSC, with an increase of 11 points in the total score. Motl et al. (2014) indicate that changes of 4 to 6 points in the 12-MSWS are considered clinically significant in terms of gait performance and assessment in MS. Upon reassessment, the participant's responses indicated a

uma diminuição na limitação de subir/descer escadas, maior capacidade de permanecer em posição ortostática e aumento na distância da caminhada.

Embora a literatura não forneça informações específicas sobre a MCS na EM para a MFIS, Kluger et al. (2017) sugerem que uma mudança superior a 13,8 pontos é clinicamente significativa na doença de Parkinson. A utente apresentou uma melhoria de 19 pontos no score total da MFIS, indicando melhorias cognitivas, como maior capacidade de atenção, coordenação e motivação, e melhorias físicas, como menor fadiga muscular e mental, resultando em menor limitação das atividades físicas e necessidade de descanso.

Na *Hauser Ambulation Index*, avaliada em 10 níveis, é considerada uma subida de nível como uma MCS. A utente mostrou capacidade de caminhar normalmente, embora ainda relatasse fadiga em atividades exigentes. A passagem do nível 2 para o nível 1 nesta escala indica uma MCS.

decrease in limitations for ascending/descending stairs, greater ability to maintain standing posture, and an increase in walking distance.

Although the literature does not provide specific information about CSC in MS for the MFIS, Kluger et al. (2017) suggest that a change greater than 13.8 points is clinically significant in Parkinson's disease. The participant showed an improvement of 19 points in the total MFIS score, indicating cognitive improvements such as greater attention capacity, coordination, and motivation, as well as physical improvements, including reduced muscle and mental fatigue, resulting in decreased limitations in physical activities and reduced need for rest.

For the Hauser Ambulation Index, where a change of one level is considered a CSC, the participant demonstrated the ability to walk normally, although she still reported fatigue during demanding activities. The transition from level 2 to level 1 on this scale indicates a clinically significant change.

**Tabela/Table 2:** Resultados avaliação inicial e reavaliação/Initial Evaluation and Re-evaluation Results.

|   | Avaliação Inicial/<br>Initial Evaluation | Reavaliação/<br>Re-evaluation | Diferença/<br>Difference | MCS/<br>Clinically Significant<br>Improvement (CSI)        |
|---|--|-------------------------------|--------------------------|--|
| EEB   | 49/56                                    | 52/56                         | 3                        | Sim/Yes  |
| Hauser Index Ambulation/<br>Hauser ambulation index | Nível 2/Level 2                          | Nível 1/Level 1               | 1                        | Sim/Yes  |
| 12-MSWS   | 38/60                                    | 27/60                         | 11                       | Sim/Yes  |
| MFIS  | 55/84                                    | 36/84                         | 19                       | Não existe evidência<br>comprovativa/<br>No solid evidence |

**Legenda/Legend:** EEB: Escala de Equilíbrio Berg; 12-MSWS: 12 Item MS Walking Scale; MFIS: Escala de Impacto da Fadiga Modificada; MCS: melhoria clinicamente significativa/IEEB: Berg Balance Scale; 12-MSWS: 12 Item MS Walking Scale; MFIS: Modified Fatigue Impact Scale; CSI: Clinically Significant Improvement.

**4. DISCUSSÃO**

Este estudo de caso apresentou uma proposta de treino neuromuscular para melhorar o equilíbrio estático e dinâmico numa utente com EM.

Os resultados mostraram melhorias significativas em todos os instrumentos de medida utilizados. A utente demonstrou capacidade aumentada de permanecer na posição ortostática com os olhos fechados por 10 segundos, de colocar um pé à frente do outro por 30 segundos, e registou-se melhoria no apoio unipedal, permanecendo nesta posição por 4 segundos. No 12-MSWS, a utente apresentou diminuição da limitação na capacidade de subir/descer escadas, aumentou os períodos na posição ortostática, e a capacidade de caminhar aumentou consideravelmente, o que resultou numa maior distância percorrida. Houve também aumento significativo na MFIS, indicando maior tolerância ao esforço, e melhorias na *Hauser Ambulation Index*.

A preparação das estruturas, incluindo a facilitação/ fortalecimento dos estabilizadores centrais e dos músculos dos membros inferiores, foi crucial para os resultados positivos do treino neuromuscular, pois estimula a ligação entre o sistema nervoso central e os músculos, tornando a resposta motora mais rápida e eficiente, potencializando o desempenho muscular, que responde mais rapidamente aos estímulos, gerando mais

**4. DISCUSSION**

This case-report presented a neuromuscular training proposal aimed at improving static and dynamic balance in a patient with MS.

The results showed significant improvements across all measurement instruments used. The participant demonstrated increased ability to maintain a standing position with eyes closed for 10 seconds, to perform tandem standing for 30 seconds, and improvements in single-leg stance, maintaining the position for 4 seconds. In the 12-MSWS, the participant reported decreased limitations in ascending/descending stairs, increased periods of standing posture, and a considerable increase in walking distance. Significant improvement was also observed in the MFIS, indicating greater effort tolerance, as well as in the Hauser Ambulation Index.

Structural preparation, including facilitation/strengthening of core stabilizers and lower limb muscles, was crucial for the positive results of the neuromuscular training, as it stimulates the connection between the central nervous system and the muscles, making motor responses faster and more efficient. This enhances muscular performance, enabling muscles to respond more quickly to stimuli, generating more strength and endurance. This mechanism, when applied prior to neuromuscular training, becomes especially important due to

força e resistência. Este mecanismo num contexto precedente a um treino neuromuscular instável torna-se muito importante por essa mesma rapidez de resposta, mas também pelo correto padrão de ativação, garantindo que os músculos corretos sejam recrutados no treino, prevenindo compensações e em último caso quedas (Zech et al., 2009; Piirainen et al., 2014; Ageberg & Roos, 2015; Sokhangu et al., 2021). Exercícios de ativação muscular preparam músculos estabilizadores, como o core, glúteos e musculatura profunda, que são essenciais para manter o equilíbrio durante o treino neuromuscular. Amiri et al. (2019) verificaram que um treino de estabilidade central de 10 semanas em mulheres com EM melhorou significativamente o equilíbrio dinâmico e estático devido à melhoria da função muscular central, especialmente em pessoas com pontuação EDSS superior a 3,5, como no caso da utente deste estudo.

O treino neuromuscular promoveu o equilíbrio através da integração sensorial, essencial para a propriocepção e para a noção de movimento. Isto acontece uma vez que o corpo humano possui proprioceptores, que são receptores sensoriais localizados nos músculos, tendões e articulações, que ao serem estimulados baixam o seu limiar de excitabilidade, tornando-os mais sensíveis e eficazes na deteção de mudanças posturais. Gandolfi et al. (2015) indicaram que o treino específico para melhorar a integração central das informações sensoriais pode melhorar os distúrbios do equilíbrio em pessoas com EM. A utilização de diferentes plataformas instáveis, como o bozo, tábuas de balanço e colchões/esponjas, juntamente com estímulos externos, foi importante para aumentar a estabilidade estática e dinâmica da utente. Okubo et al. (2023) verificaram que o treino de equilíbrio reativo com plataformas instáveis melhorou a estabilidade dinâmica e reduziu quedas em pessoas com EM.

Relativamente à ativação neuromuscular e equilíbrio promovido pela fisioterapia, Paltamaa et al. (2012) encontraram efeitos pequenos, mas significativos, no equilíbrio de pessoas com EM com níveis de incapacidade leve a moderada. O treino neuromuscular deste estudo, que incluiu treino de equilíbrio e força, mostrou melhorias não apenas no equilíbrio e estabilidade, mas também na tolerância ao esforço. Callesen et al. (2020) demonstraram que um treino focado em equilíbrio e controlo motor alcançou maiores benefícios na marcha/equilíbrio e na tolerância ao esforço, em comparação com outros tipos de treino.

Estudos semelhantes, como os de Sedaghati et al. (2023), destacam a fadiga como o sintoma mais incapacitante para indivíduos com EM, afetando significativamente o controlo postural. A fadiga, associada ao esforço motor, prejudica a capacidade do SNC de modular estímulos sensoriais e coordenar respostas motoras, levando a desempenho inferior nas escalas de equilíbrio e a maior oscilação postural. Hebert & Corboy (2013) também relataram que a fadiga está significativamente relacionada ao equilíbrio e pode ser um preditor importante do equilíbrio funcional devido à integração sensorial central. A redução dos níveis de fadiga pode, portanto, melhorar o equilíbrio. Assim, a melhoria descrita pela MFIS torna-se importante não só pelo aumento de coordenação e melhorias físicas, mas principalmente pela menor fadiga muscular e mental, resultando numa limitação das atividades físicas e necessidade de descanso (Ribeiro & Souza, 2019; Sedaghati et al. (2023).

the rapid response required, as well as the correct activation pattern, ensuring that the appropriate muscles are recruited during training, thus preventing compensations and ultimately falls (Zech et al., 2009; Piirainen et al., 2014; Ageberg & Roos, 2015; Sokhangu et al., 2021).

Muscle activation exercises prepare stabilizing muscles, such as the core, glutes, and deep musculature, which are essential for maintaining balance during neuromuscular training. Amiri et al. (2019) found that a 10-week core stability training program in women with MS significantly improved both dynamic and static balance due to enhanced central muscle function, particularly in individuals with EDSS scores above 3.5, as was the case for the participant in this study.

Neuromuscular training promotes balance through sensory integration, which is essential for proprioception and movement awareness. This occurs because the human body contains proprioceptors—sensory receptors located in muscles, tendons, and joints—that, when stimulated, lower their excitability threshold, becoming more sensitive and effective at detecting postural changes. Gandolfi et al. (2015) indicated that specific training to improve the central integration of sensory information can enhance balance disorders in people with MS.

The use of different unstable platforms, such as BOSU balls, balance boards, and foam pads, along with external stimuli, was important for increasing the participant's static and dynamic stability. Okubo et al. (2023) found that reactive balance training with unstable platforms improved dynamic stability and reduced falls in people with MS. Regarding neuromuscular activation and balance promoted by physiotherapy, Paltamaa et al. (2012) found small but significant effects on the balance of people with MS with mild to moderate disability levels. The neuromuscular training in this study, which included balance and strength exercises, showed improvements not only in balance and stability but also in effort tolerance. Callesen et al. (2020) demonstrated that training focused on balance and motor control achieved greater benefits in gait/balance and effort tolerance compared to other types of training.

Similar studies, such as those by Sedaghati et al. (2023), highlight fatigue as the most disabling symptom for individuals with MS, significantly affecting postural control. Fatigue associated with motor effort impairs the CNS's ability to modulate sensory stimuli and coordinate motor responses, leading to lower performance on balance scales and greater postural sway. Hebert & Corboy (2013) also reported that fatigue is significantly related to balance and may be an important predictor of functional balance due to central sensory integration. Therefore, the reduction in fatigue levels can improve balance. Thus, the improvement described by the MFIS is important not only for enhanced coordination and physical improvements but mainly due to reduced muscular and mental fatigue, resulting in decreased physical activity limitations and reduced need for rest (Ribeiro & Souza, 2019; Sedaghati et al., 2023).

The relevance and significance of this study lie in what it can contribute to physiotherapy interventions, particularly in providing evidence for therapeutic strategies related to balance training and functionality in people with MS. It provides clinical

Assim a relevância e significância deste estudo assentam naquilo que pode trazer de novo as intervenções da fisioterapia, nomeadamente evidência na estratégia terapêutica em relação ao treino de equilíbrio e funcionalidade na pessoa com EM. Permite ser uma evidência para a prática clínica em que profissionais de saúde podem incluir o treino neuromuscular de forma mais estruturada na reabilitação de pacientes com EM, adaptando-os conforme a progressão da doença e mais especificamente fisioterapeutas que podem utilizar as intervenções em evidências concretas para justificar a inclusão do treino neuromuscular nos protocolos de intervenção.

Este estudo de caso possui limitações, incluindo o facto de ser um estudo único, o que impede a generalização dos resultados e a estabelecimento de relações de causa-efeito. Além disso, não foi realizado um *follow-up* para verificar os efeitos a longo prazo do treino neuromuscular. No entanto, este estudo contribui para a literatura científica ao analisar os resultados obtidos após a aplicação de um treino específico de equilíbrio na estabilidade postural de uma utente com EM um objetivo crucial na reabilitação das sequelas desta doença.

Futuros estudos devem incluir amostras maiores e desenhos experimentais controlados para validar e expandir estes resultados, explorando os efeitos a longo prazo e as melhores práticas para integrar o treino neuromuscular na rotina terapêutica de pessoas com EM.

### 5. CONCLUSÕES

Este estudo de caso único descreve um protocolo de intervenção com ênfase no treino neuromuscular instável numa utente com EM e verificou, após 5 semanas de intervenção, melhorias na estabilidade postural, tanto em situações estáticas como dinâmicas, evidenciada pelos resultados da EEB, 12-MSWS e Hauser Ambulation index que são clinicamente significativos, e ainda na MFIS devido uma melhoria de 19 pontos no escore total. Embora este estudo de caso não permita estabelecer relações de causa e efeito, os resultados sugerem que o treino neuromuscular instável pode ser uma estratégia promissora para melhorar o equilíbrio e a mobilidade funcional de pessoas com EM.

### CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não existir conflitos de interesse. Não receberam qualquer tipo de financiamento para a realização do presente caso clínico.

### CONTRIBUIÇÕES AUTORAIS

Conceptualização, CS, DM e CG; metodologia, CS, DM e CG; validação, CS, DM e CG; análise formal, CS, DM e CG; investigação, DM.; recursos, CS e CG; curadoria de dados, CS e DM; redação - preparação do draft original, CS, DM, CG e HS; redação - revisão e edição, CS, DM, CG e HS; visualização, CS, DM, CG e HS; supervisão, CS e CG; coordenação do projeto, CS e CG;. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

evidence supporting the structured inclusion of neuromuscular training in MS rehabilitation protocols, allowing healthcare professionals, and specifically physiotherapists, to justify its use based on concrete evidence.

This case-report has limitations, including being a single study, which prevents generalization of the results and the establishment of cause-effect relationships. Moreover, no follow-up was conducted to verify the long-term effects of neuromuscular training. Nevertheless, this study contributes to the scientific literature by analyzing the outcomes obtained after applying a specific balance training program for postural stability in a patient with MS—an essential goal in the rehabilitation of sequelae of this disease. Future studies should include larger sample sizes and controlled experimental designs to validate and expand these results, exploring long-term effects and best practices for integrating neuromuscular training into the therapeutic routine of individuals with MS.

### 5. CONCLUSIONS

This single case-report describes an intervention protocol emphasizing unstable neuromuscular training in a patient with MS and found, after 5 weeks of intervention, improvements in postural stability in both static and dynamic situations, as evidenced by the clinically significant results in the BBS, 12-MSWS, and Hauser Ambulation Index, as well as in the MFIS, with an improvement of 19 points in the total score. Although this case-report does not allow for the establishment of cause-effect relationships, the results suggest that unstable neuromuscular training may be a promising strategy to improve balance and functional mobility in people with MS.

### CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest. They did not receive any type of funding for the development of this clinical case.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: CS, DM, and CG; methodology: CS, DM, and CG; validation: CS, DM, and CG; formal analysis: CS, DM, and CG; investigation: DM; resources: CS and CG; data curation: CS and DM; writing – original draft preparation: CS, DM, CG, and HS; writing – review and editing: CS, DM, CG, and HS; visualization: CS, DM, CG, and HS; supervision: CS and CG; project coordination: CS and CG. All authors read and approved the published version of the manuscript.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/REFERENCES

- Abou, L., Qin, K., Alluri, A., Du, Y., Rice, L.A., The effectiveness of physical therapy interventions in reducing falls among people with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, **29**, 74-85, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.09.015>.
- Ageberg, E., Roos, E.M. Neuromuscular exercise as treatment of degenerative knee disease. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, **43**:14-22, 2015.
- Amiri, B., Sahebozamani, M., Sedighi, B. The effects of 10-week core stability training on balance in women with multiple sclerosis according to Expanded Disability Status Scale: A single-blinded randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, **55**(2), 199-208, 2019. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.04778-0>
- Amtmann, D., Bamer, A.M., Noonan, V., Lang, N., Kim, J., Cook, K.F. Comparison of the psychometric properties of two fatigue scales in multiple sclerosis. *Rehabilitation Psychology*, **57**(2), 159-166, 2012. <https://doi.org/10.1037/a0027890>
- Callesen, J., Cattaneo, D., Brincks, J., Kjeldgaard Jørgensen, M.L., Dalgas, U. How do resistance training and balance and motor control training affect gait performance and fatigue impact in people with multiple sclerosis? A randomized controlled multi-center study. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), **26**(11), 1420-1432, 2020. <https://doi.org/10.1177/1352458519865740>
- Cameron, M.H., Nilsagard, Y. Balance, gait, and falls in multiple sclerosis. *Handbook of Clinical Neurology*, **159**, 237-250, 2018 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63916-5.00015-X>
- Corrini, C., Gervasoni, E., Perini, G., Cosentino, C., Putzolu, M., Montesano, A., Pelosin, E., Prosperini, L., Cattaneo, D. Mobility and balance rehabilitation in multiple sclerosis: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, **69**, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2022.104424>.
- Ford, H. Clinical presentation and diagnosis of multiple sclerosis. *Clinical Medicine*, **20** (4), 380-383, 2020. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2020-0292>.
- Gandolfi, M., Munari, D., Geroin, C., Gajofatto, A., Benedetti, M.D., Midiri, A., Carla, F., Picelli, A., Waldner, A., Smania, N. Sensory integration balance training in patients with multiple sclerosis: A randomized, controlled trial. *Multiple Sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), **21**(11), 1453-1462, 2015. <https://doi.org/10.1177/1352458514562438>.
- Gervasoni, E., Jonsdottir, J., Montesano, A., Cattaneo, D. Minimal Clinically Important Difference of Berg Balance Scale in People With Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **98**(2), 337-340.e2, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.09.128>
- Halabchi, F., Alizadeh, Z., Sahraian, M. A., & Abolhasani, M. Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. *BMC neurology*, **17**(1), 185, 2017. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0960-9>.
- Hebert, J.R., Corboy, J.R. The association between multiple sclerosis-related fatigue and balance as a function of central sensory integration. *Gait & Posture*, **38**(1), 37-42, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.10.015>.
- Hobart, J.C., Riazi, A., Lamping, D.L., Fitzpatrick, R., Thompson, A.J. Measuring the impact of MS on walking ability: The 12-Item MS Walking Scale (MSWS-12). *Neurology*, **60**(1), 31-36, 2003. <https://doi.org/10.1212/wnl.60.1.31>
- Kalb, R., Brown, T. R., Coote, S., Costello, K., Dalgas, U., Garmon, E., Giesser, B., Halper, J., Karpatkin, H., Keller, J., Ng, A. V., Pilutti, L. A., Rohrig, A., Van Asch, P., Zackowski, K., & Motl, R. W. Exercise and lifestyle physical activity recommendations for people with multiple sclerosis throughout the disease course. *Multiple sclerosis* (Houndmills, Basingstoke, England), **26**(12), 1459-1469, 2020. <https://doi.org/10.1177/1352458520915629>
- Kluger, B. M., Garimella, S., Garvan, C. Minimal clinically important difference of the Modified Fatigue Impact Scale in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, **43**, 101-104, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.07.016>
- Kurtzke, J.F. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: An expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, **33**(11), 1444-1452, 1983. <https://doi.org/10.1212/wnl.33.11.1444>
- Marand, L.A., Dehkordi, S.N., Roohi-Azizi, M., Dadgoo, M. Effect of Dynamic Neuromuscular Stabilization on Balance, Trunk Function, Falling, and Spasticity in People With Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **104**(1), 90-101, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.09.015>.
- Miranda-Cantellops, N., Tiu, T.K. Berg Balance Testing. Em StatPearls. StatPearls Publishing, 2024. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK574518/>
- Motl, R.W., Learmonth, Y.C., Pilutti, L.A., Dlugonski, D., Klaren, R. Validity of minimal clinically important difference values for the multiple sclerosis walking scale-12? *European Neurology*, **71**(3-4), 196-202, 2014. <https://doi.org/10.1159/000356116>
- Oh, J., Vidal-Jordana, A., Montalban, X. Multiple sclerosis: Clinical aspects. *Current Opinion in Neurology*, **31**(6), 752-759, 2018. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000622>
- Okubo, Y., Mohamed Suhaimy, M.S.B., Hoang, P., Chaplin, C., Hicks, C., Sturnieks DL, Lord SR. Training reactive balance using trips and slips in people with multiple sclerosis: A blinded randomised controlled trial. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, **73**, 104607, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2023.104607>
- Paltamaa, J., Sjögren, T., Peurala, S.H., Heinonen, A. Effects of physiotherapy interventions on balance in multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Rehabilitation Medicine*, **44**(10), 811-823, 2012. <https://doi.org/10.2340/16501977-1047>
- Piirainen, J.M., Cronin, N.J., Avela, J., Linnamo V. Effects of plyometric and pneumatic explosive strength training on neuromuscular function and dynamic balance control in 60-70 year old males. *Journal Electromyogr Kinesiol*, **24**:246-52, 2014.
- Prosperini, L., Leonardi, L., De Carli, P., Mannocchi, M.L., Pozzilli, C. Visuo-proprioceptive training reduces risk of falls in patients with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*; **16**(4):491-499. 2010. doi:10.1177/1352458509359923
- Ramalhinho, A.M da S.M. Tradução e validação da escala de equilíbrio estático FICSIT 4 para a língua e cultura portuguesa [masterThesis], 2019. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/31529?mode=full>
- Ramari, C., Hvid, L.G., David, A.C., Dalgas, U. The importance of lower-extremity muscle strength for lower-limb functional capacity in multiple sclerosis: Systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, **63** (2), 123-137, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.005>.
- Ribeiro, M.F.M., Souza, G.B. Avaliação de fadiga em adultos com esclerose múltipla. *Brazilian Journal of Health Research*, **21**(4), 118-126, 2019.
- Rietberg, M.B., Van Wegen, E.E.H., Kwakkel, G. Measuring fatigue in patients with multiple sclerosis: Reproducibility, responsiveness and concurrent validity of three Dutch self-report questionnaires. *Disability and Rehabilitation*, **32**(22), 1870-1876, 2010. <https://doi.org/10.3109/09638281003734458>
- Scholz, M., Haase, R., Trentzsch, K., Weidemann, M.L., Ziemssen, T. Fear of falling and falls in people with multiple sclerosis: A literature review, *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, **47**, 102609, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2020.102609>.

## Caso Clínico | Case Report

- Sedaghati, P., Alghosi, M., Hosseini, F. The effect of fatigue on postural control in individuals with multiple sclerosis: A systematic review. *BMC Neurology*, **23**(1), 409, 2023. <https://doi.org/10.1186/s12883-023-03464-4>
- Sharrack, B., Hughes, R.A., Soudain, S., Dunn, G. The psychometric properties of clinical rating scales used in multiple sclerosis. *Brain: A Journal of Neurology*, **122** (Pt 1), 141–159, 1999. <https://doi.org/10.1093/brain/122.1.141>
- Sokhangu, M.K., Rahnama, N., Etemadifar, M., Rafeii, M., Saberi, A. Effect of Neuromuscular Exercises on Strength, Proprioceptive Receptors, and Balance in Females with Multiple Sclerosis. *International Journal Preventive Medicine*. 2021 Jan 19;12:5. doi: 10.4103/ijpvm.IJPVM\_525\_18. PMID: 34084302; PMCID: PMC8106275.
- Syndulko, K., Ke, D., Ellison, G.W., Baumhefner, R.W., Myers, L.W., Tourtellotte, W.W. Comparative evaluations of neuroperformance and clinical outcome assessments in chronic progressive multiple sclerosis: I. reliability, validity and sensitivity to disease progression. *Multiple Sclerosis Journal*, **2**(3), 142–156, 1996. <https://doi.org/10.1177/135245859600200305>
- Zech, A., Hubscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Pfeifer, K. Neuromuscular training for rehabilitation of sports injuries: A systematic review. *Medicine & Science Sports Exercise*, **41**:1831-41, 2009.