

FELIPE BALISTIERI SANTINELLI

EFEITO DA FADIGA MUSCULAR NO CONTROLE POSTURAL EM
PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA



Bauru
2017

Felipe Balistieri Santinelli

EFEITO DA FADIGA MUSCULAR NO CONTROLE POSTURAL EM
PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA

Trabalho de conclusão de curso apresentado á Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Bauru, para obtenção do título de Bacharelado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri

Bauru

2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho principalmente a meu pai, irmãos, minha namorada, família e amigos que estiveram comigo em todos os momentos e por todo o suporte que me deram durante todo o período da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu pai (Joel Santinelli) por todo o suporte financeiro e emocional que me deu durante todo o período da graduação e a realização desse trabalho. Obrigado pai, sem você com certeza não estaria realizando esse sonho.

Agradeço também a minha mãe (Maria Tereza Balistieri Santinelli – *in memoriam*) que mesmo não estando mais entre nós, sei que esteve todo o tempo ao meu lado me abençoando e me dando forças para que eu conseguisse atingir os meus objetivos nessa jornada em que percorri.

Aos meus irmãos Gabriel e Thiago por me aguentarem durante toda a minha vida e por me proporcionarem oportunidades e apoio para que eu pudesse realizar os meus objetivos até o presente momento.

A essa grande mulher que posso chamar de minha namorada e futura esposa, Kathlyn Fernanda Guilmo muito obrigado por estar comigo esse tempo todo, me aturando e me dando forças em momentos difíceis que passei durante esse período que estamos juntos e por me aguentar nesses últimos meses, que com certeza se você não estivesse ao meu lado, eu não teria conseguido.

Agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri por me orientar nesse trabalho e acreditar no meu potencial, não só agora, mas também em projetos futuros.

Aos meus amigos e companheiros de laboratório que me ajudaram na realização das coletas e que me proporcionaram momentos muito alegres nas manhãs e tardes em que eu estava no laboratório, sem vocês também não conseguiria realizar esse trabalho. Agradecer também por todo o conhecimento adquirido que eles me proporcionaram.

Agradeço a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por todo o suporte financeiro da pesquisa (processo 2017/00718-0) necessário para a realização do estudo.

À Associação Brasileira de Esclerose Múltipla (ABEM) pela parceria e ajuda nos contatos com os participantes para a realização da pesquisa.

Por fim, quero agradecer a Deus por me dar saúde e forças para passar por todas as dificuldades que eu passei durante toda a graduação. Não foi fácil chegar até o final e sei que Ele me ajudou muito para que eu conseguisse atingir esse feito.

Sumário

1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	3
2.1 <i>Esclerose múltipla</i>	3
2.2 <i>Controle postural.....</i>	4
2.3 <i>Controle postural e esclerose múltipla.....</i>	5
2.4 <i>Fadiga.....</i>	7
2.5 <i>Fadiga e esclerose múltipla.....</i>	9
2.6 <i>Fadiga, controle postural e esclerose múltipla</i>	10
3. Objetivo	13
4. Método	14
4.1 <i>Participantes.....</i>	14
4.2 <i>Procedimentos</i>	15
4.3 <i>Avaliação do controle postural</i>	17
4.4 <i>Contração voluntária máxima (CVM).....</i>	18
4.5 <i>Indução à fadiga muscular</i>	19
4.6. <i>Análise de dados</i>	20
4.7. <i>Análise estatística</i>	20
5. Resultados	22
5.1 <i>Contração voluntaria máxima.....</i>	23
5.2 <i>Controle Postural</i>	23
6. Discussão	27
6.1 <i>Limitações do estudo</i>	31
7. Conclusão	32
8. Referências	33



Resumo

A esclerose múltipla (EM) é uma doença desmielinizante, inflamatória e autoimune que afeta todo o sistema nervoso central. Seu início é imprevisível. Porém sabe-se que há fatores genéticos e ambientais que desencadeiam o surgimento da doença. A EM é uma das doenças neurodegenerativas mais prevalentes em todo o mundo, atingindo cerca de 2,5 milhões de pessoas ao redor do mundo. Os sinais e sintomas da EM variam de pessoa para pessoa, pois são dependentes do local onde ocorreu a desmielinização dos axônios dos neurônios. Entretanto, os principais sintomas da EM são a falta de coordenação, perda de sensibilidade, visão dupla, desequilíbrio, problemas na marcha, perda do controle postural e fadiga. Esses dois últimos sintomas estão entre os fatores que mais afetam as pessoas com EM e diminuem a qualidade de vida dessa população. Entretanto, pouco é conhecido sobre o efeito da fadiga muscular no controle postural de pessoas com EM. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito da fadiga muscular em pessoas com EM e compará-las com indivíduos neurologicamente saudáveis. Foram recrutados 22 participantes, 12 participantes com EM da forma remitente-recorrente e 10 participantes neurologicamente saudáveis, que realizaram 6 tentativas antes e após a indução da fadiga muscular, sendo 3 tentativas em cada condição: fixação em um ponto e movimento sacádico dos olhos. Foi mensurada a força antes e após a fadiga muscular. A análise estatística foi realizada através de MANOVA's com fator para grupo (EM x controle), condição (fixação x sacádico) e fadiga muscular (antes e após a fadiga) com medidas repetidas para os dois últimos fatores. Para os dados de força, foi realizada ANOVA com fator grupo e fadiga muscular. Os resultados da mensuração da força mostraram que os participantes chegaram à fadiga muscular, demonstrada pelo decréscimo da produção de força após a indução à fadiga muscular. Ainda, os resultados do controle postural mostraram que indivíduos com EM não apresentam diferenças significativas quando comparados a adultos neurologicamente saudáveis, apresentando comportamento semelhante do controle da postura. A fadiga muscular aumentou a oscilação corporal de ambos os grupos. O movimento sacádico dos olhos diminuiu a oscilação corporal para ambos os grupos. Ainda, a fadiga muscular afetou o controle postural dessa população, aumentando a oscilação corporal.

Palavras-chave: Esclerose múltipla; Controle postural; Fadiga muscular; Movimento dos olhos; Movimento humano.

Abstract

Multiple sclerosis (MS) is a demyelinating, inflammatory, and autoimmune disease that affects the entire central nervous system. Its beginning is unpredictable. However it is known that there are genetic and environmental factors that trigger the onset of the disease. MS is one of the most prevalent neurodegenerative diseases in the world, reaching about 2.5 million people around the world. The signs and symptoms of MS diversify from person to person, as they are dependent on where demyelination of the neurons' axons occurred. However, the main symptoms of MS are lack of coordination, loss of sensitivity, double vision, imbalance, gait problems, loss of postural control and fatigue. These two last symptoms are among the factors that most affect people with MS and decrease the quality of life of this population. However, knowledge about the effect of muscle fatigue on the postural control of people with MS is poor. Thus, the purpose of this study was to investigate the effect of muscle fatigue in people with MS and to compare them with neurologically healthy individuals. Twenty-two participants, 12 participants with relapsing-remitting MS and 10 neurologically healthy participants, who underwent 6 attempts before and after muscle fatigue induction, were recruited, with 3 trials in each condition: fixation at one point and saccadic eye movement. Strength was measured before and after muscle fatigue. Statistical analysis was performed through MANOVA's with factor for group (MS x control), condition (fixation x saccadic) and muscle fatigue (before and after fatigue) with repeated measures for the last two factors. To analysis of strength data, ANOVA with group factor and muscle fatigue was performed. The results of the force measurement showed that the participants reached the muscular fatigue, demonstrated by the decrease of the force production after the induction to the muscular fatigue. Furthermore, the results of postural control showed that individuals with MS do not present significant differences when compared to neurologically healthy adults, presenting similar behavior of posture control. Muscle fatigue increased body sway in both groups. The saccadic eye movement decreased body oscillation for both groups. Still, muscle fatigue affected the postural control of this population, increasing body sway.

Key words: Multiple sclerosis; Postural control; Muscle fatigue; Eye movement; Human movement.

1. Introdução

Um bom controle postural é essencial para desempenhar tarefas diárias com a máxima segurança. Realizar a manutenção da postura é uma tarefa dependente de basicamente três sistemas: visual, somatossensorial e vestibular (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2014). A fadiga é um aspecto que pode prejudicar tarefas diárias (SWAEN et al., 2003), assim como o controle da postura (BOYAS et al., 2013). Pessoas com esclerose múltipla (EM) podem apresentar deficiência no controle da postura (CHUNG et al., 2008; HUISINGA et al., 2012; VAN EMMERIK et al., 2010), pois podem apresentar lesões (desmielinização) em um ou mais sistemas responsáveis pela manutenção da postural (i.e sistema visual, somatossensorial e vestibular), prejudicando o controle postural (HEBERT et al., 2011; HEBERT & CORBOY, 2013). Aprofundar o conhecimento sobre o controle postural nessa população é necessário para compreender como os indivíduos que possuem a doença realizam essa tarefa e identificar os possíveis déficits dos sistemas que auxiliam na manutenção da postura, contribuindo, assim, no desenvolvimento de programas que visam melhorar a capacidade dessa população na manutenção da postura, compensando os possíveis déficits dessas pessoas. Ainda, a fadiga é um sintoma com uma grande incidência em pessoas com EM (CHALAH et al., 2015; FORD et al., 1998; KRUPP et al., 1989), pois ela é causada por múltiplos fatores decorrentes da doença (INDURUWA et al., 2012). A literatura contém pouco conhecimento sobre os efeitos da fadiga na EM, especialmente relacionados ao controle postural (JACKSON & BIGELOW, 2013; VAN EMMERIK et al., 2010), necessitando de esclarecimento a respeito deste tema. Desta forma, é evidente a necessidade de estudar os efeitos da fadiga muscular no controle postural em pessoas com EM. Entender os efeitos que a fadiga pode ocasionar na postura das pessoas com EM, pode auxiliar no desenvolvimento de programas que minimizem os efeitos da fadiga, assim como

desenvolver estratégias que possam ser mais seguras para essa população que sofre com os déficits no controle postural e os efeitos da fadiga diariamente.

2. Revisão de literatura

2.1 Esclerose múltipla

A EM é uma doença inflamatória, autoimune e desmielinizante que afeta todo o sistema nervoso central (SNC), causando a perda da bainha de mielina dos neurônios presentes por todo o SNC. O diagnóstico da EM é muito difícil pela alta similaridade com outras patologias e/ou sintomas que as pessoas possam vir a apresentar. A EM é uma das doenças neurodegenerativas mais incidentes entre adultos jovens em todo o mundo, atingindo quase 2,5 milhões de pessoas, segundo dados da organização mundial da EM (NOSEWORTHY et al., 2000). No Brasil, a incidência de EM é de 8,5 pessoas a cada 100 mil habitantes (PEREIRA et al., 2015), porém esses dados epidemiológicos não são concisos devido à imensa extensão do território brasileiro. A causa da EM é caracterizada por fatores genéticos e ambientais (COMPSTON & COLES, 2008; GRIGORIADIS & VAN PESCH, 2015), porém não se sabe ao certo qual fator ambiental é o desencadeador da EM. A progressão da doença é imprevisível, apresentado três subtipos: remitente-recorrente, primariamente progressiva e secundariamente progressiva (MCDONALD et al., 2001; MOREIRA et al., 2000; PRZYBEK et al., 2015). A forma remitente-recorrente (caracterizada por recaídas e recuperação dos sintomas) é a mais comum (MOREIRA et al., 2000), atingindo 80% dos pacientes com EM. Ainda, após 10 anos do início da EM, cerca de 65% dos pacientes com a forma remitente-recorrente da EM irão evoluir para a forma secundariamente progressiva (COMPSTON & COLES, 2008).

Os sintomas que os pacientes com EM apresentam variam muito de pessoa para pessoa, podendo apresentar mais de 256 padrões de manifestação dos sintomas (KURTZKE, 1983). Essa heterogeneidade da doença é explicada pelo fato da EM se manifestar em qualquer região do SNC, afetando, assim, diferentemente cada indivíduo. Entretanto, alguns sinais e sintomas são mais recorrentes nessa população. Entre eles

podemos citar déficits no controle postural, sensibilidade, locomoção, cognição, visão dupla, fadiga, dor, fraqueza muscular, mudanças nas emoções e no comportamento, tremor e espasticidade (COMPSTON & COLES, 2008; HEBERT & CORBOY, 2013; MOTL et al., 2006; SOSNOFF et al., 2013; SOSNOFF et al., 2010). Entre os inúmeros sintomas que os indivíduos com EM podem apresentar, os déficits no controle postural e fadiga são os mais recorrentes, atingindo em torno de 87% e 85% dessa população, respectivamente (FRZOVIC & MORRIS; VOWELS, 2000; HEBERT & CORBOY, 2013).

2.2 Controle postural

A manutenção do controle postural é extremamente importante para a população na realização de tarefas cotidianas com máxima segurança e o mínimo gasto energético possível. Manter a postura ou o equilíbrio do corpo acontece através da interação entre o ambiente, o indivíduo e a tarefa, ou seja, para uma boa postura necessitamos de referências sensoriais como perceber a força que a gravidade exerce em nós (através do sistema vestibular), do posicionamento dos nossos membros e o quão estável é a superfície de apoio (através do sistema somatossensorial) e a relação do corpo com o ambiente (através do sistema visual) (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2014). A informação desses três sistemas (vestibular, somatossensorial e visual) são integradas para permitir a otimização e manutenção do equilíbrio (JOHANSSON & MAGNUSSON, 1991). Além disso, para um bom controle postural é necessário que o sujeito mantenha o centro de pressão dentro dos limites da base de suporte (WINTER, 1995). Para isso, a articulação do tornozelo (i.e., mm. gastrocnêmio e tríceps sural) é a principal estrutura utilizada, sendo que a estratégia de tornozelo é essencial para aumentar a estabilidade durante uma tarefa que exige equilíbrio estático (BOYAS et al., 2013; LORAM et al., 2005).

O controle postural pode ser influenciado pelo movimento dos olhos durante a tarefa de controle postural. Rodrigues e colaboradores (2015) mostraram que realizar movimento sacádico dos olhos atenua a oscilação corporal de adultos jovens. Ainda, Stoffregen e colaboradores (2006) mostraram que quando o indivíduo persegue um alvo com os olhos durante a postura estática, há uma diminuição da variabilidade do centro de pressão na direção médio-lateral. Realizar a postura com os olhos fechados pode deteriorar o desempenho da postura pela ausência do output visual. Adultos jovens saudáveis apresentam um pior desempenho em controlar a postura quando realizam a tarefa na condição dos olhos fechados (TANAKA et al., 2000). Ainda, o local de fixação do olhar pode alterar a oscilação corporal. Fiorelli e colaboradores (2017) investigaram o efeito da posição da fixação do olhar sobre o controle postural e mostraram que quando o sujeito fixa em um ponto lateral, ele apresenta uma maior oscilação postural do que quando a fixação do olhar é direcionada em um ponto central. Fica evidente que o direcionamento do olhar e/ou a falta de informação visual (i.e realizar a postura com os olhos fechados) podem alterar a forma como a postura é controlada. Entretanto, não é conhecido como a pessoa com EM integra o movimento dos olhos com o controle postural. É possível que esta população apresente déficits nesta integração devido às lesões no SNC causadas pela doença. Verificar se indivíduos com EM conseguem integrar o movimento dos olhos com o controle da postura é importante para entender o comportamento dessa população nessas condições, indicando se elas são capazes de integrar duas tarefas concomitantes e realizá-las de maneira satisfatória.

2.3 Controle postural e esclerose múltipla

Indivíduos com EM possuem um pior desempenho no controle postural quando comparado aos seus pares saudáveis (CAMERON et al., 2008; FJELDSTAD et al., 2011;

KARST et al., 2005; VAN EMMERIK et al., 2010). O controle postural é prejudicado de acordo com a progressão da doença (BOES et al., 2012) e os subtipos da EM (SOYUER et al., 2006). Esse pior desempenho é em decorrência de uma maior oscilação corporal (CHUNG et al., 2008; KARST et al., 2005; MORRISON et al., 2016; SOSNOFF et al., 2010), menor complexidade das flutuações do centro de pressão (BUSA et al., 2016), maior variabilidade do centro de pressão (CHUNG et al., 2008; HUISINGA et al., 2012), maior assimetria entre os membros na manutenção da postura (CHUNG et al., 2008) e menor deslocamento e velocidade do tempo-para-contato do centro de pressão (CHUNG et al., 2008; VAN EMMERIK et al., 2010). Ainda, os ajustes posturais antecipatórios dessa população são atrasados, comparados a pessoas neurologicamente saudáveis quando expostos a uma perturbação externa (ARUIN et al., 2015). Chung e colaboradores (2008) sugerem que a uma baixa quantidade de produção de força dos músculos responsáveis pela manutenção da postura em pessoas com EM pode estar relacionado a uma maior instabilidade postural. Ainda, pessoas com EM apresentaram uma maior regularidade do centro de pressão (i.e possuem maior dificuldade em adaptar o controle postural a perturbações do sistema). Essa maior regularidade indica que pessoas com EM possuem menores graus de liberdade, indicando uma menor capacidade do indivíduo em responder às perturbações do sistema (BUSA et al., 2016).

As lesões causadas pela desmielinização podem ocorrer em qualquer região do SNC, incluindo as regiões dos sistemas responsáveis pela manutenção da postura. Essas lesões podem estar presentes no sistema visual (ARONSON et al., 1996), somatossensorial(CAMERON et al., 2008) e vestibular (ZEIGELBOIM et al., 2008), ocasionando um déficit na integração desses sistemas, provocando, assim, uma piora do controle postural dessa população. Além disso, pessoas com EM podem apresentar acometimentos no tronco encefálico e cerebelo, o que também pode ocasionar em uma

instabilidade postural (BURINA et al., 2008). Negahban e colaboradores (2011) investigaram o efeito de uma tarefa concomitante cognitiva durante a realização da postura em diferentes superfícies e condições (superfície rígida com olhos abertos, superfície rígida com os olhos fechados e superfície instável com os olhos fechados) em indivíduos com EM e compararam com indivíduos neurologicamente saudáveis. Os resultados mostraram que os indivíduos com EM apresentam maior variabilidade do centro de pressão em condições mais desafiadoras (superfície instável com os olhos fechados com a tarefa cognitiva) quando comparados a indivíduos saudáveis. Ainda, Soyuer e colaboradores (2006) investigaram as diferenças entre os subtipos da EM e as diferenças com indivíduos neurologicamente sadios. Os resultados mostraram um pior desempenho de ambos os subtipos em manter a postura em situações mais desafiadoras quando comparados a indivíduos neurologicamente sadios. Ainda, a forma remitente-recorrente apresentou melhor desempenho quando comparados a indivíduos com a forma primariamente progressiva e secundariamente progressiva.

2.4 Fadiga

A fadiga é um estado físico caracterizado pela sensação de cansaço, energia reduzida, fraqueza muscular e diminuição de força (KROENKE et al., 1988). Esses aspectos causados pela fadiga afetam a qualidade de vida da população em geral, sendo assim reconhecida como um sério problema social (COHEN et al., 1997; HANCOCK & DESMOND, 2000). Ainda, a fadiga pode ser caracterizada pela combinação de fatores centrais e periféricos do sistema nervoso (GANDEVIA, 2001). A fadiga central é causada pela limitação do sistema nervoso em gerar um sinal de ativação e o fator periférico causado pela diminuição da afinidade do cálcio em ligar-se a troponina e permitir a contração muscular (POWERS & HOWLEY, 2011), sendo, assim, considerada

multifatorial (LOU, 2009). Além disso, pode-se definir a fadiga muscular como a falha em manter uma força esperada ou requerida (EDWARDS, 1981) em uma determinada tarefa ou a falha em continuar um exercício em uma intensidade estabelecida (BOOTH & THOMASON, 1991), associada à diminuição do desempenho muscular e/ou queda na produção de força durante atividade contínua (STACKHOUSE et al., 2001) ou a diminuição da produção de força após a realização de contrações repetidas de um determinado exercício (GANDEVIA, 2001).

A realização de protocolos de exercícios como de sentar e levantar repetidamente ou realizar dorsiflexão e flexão plantar podem causar a fadiga (BARBIERI et al., 2013a, 2013b, 2014; HELBOSTAD et al., 2007). Essa fadiga é identificada pela diminuição na capacidade do músculo em produzir potência (BIGLAND-RITCHIE & WOODS, 1984), sendo incapaz assim de manter a intensidade do exercício e/ou da frequência de execução após um período de tempo de realização do exercício. As mudanças (diminuição) da força muscular, da amplitude de movimento, prejuízos na coordenação e na propriocepção (BARBIERI et al., 2013a, 2013b, 2013c, 2014; GRANACHER et al., 2010; LIN et al., 2009; PAILLARD, 2012a) podem ocasionar inúmeras quedas, principalmente no ambiente de trabalho (SWAEN et al., 2003).

A fadiga muscular exige uma nova organização das contrações musculares para compensar os déficits causados pela fadiga. Nesse sentido, o controle motor fica reduzido pelas limitações centrais e periféricas causadas pela fadiga, pois há um aumento da co-contracção muscular e uma dificuldade em desenvolver movimentos rápidos necessários para a correção da postura (FRANKLIN et al., 2007; HELBOSTAD et al., 2007; IZAWA et al., 2008; LORD et al., 1993; PARIJAT & LOCKHART, 2008a, 2008b). Para compensar os déficits causados pela fadiga, uma nova organização da ativação muscular deve ser realizada, com o recrutamento de novas unidades motoras e ativação de músculos

que estavam inativos, compensando, os prejuízos causados, como no caso do controle postural (BISSON et al., 2011; BOYAS et al., 2013; LIN et al., 2009; STRANG et al., 2009; WOJCIK et al., 2011).

2.5 Fadiga e esclerose múltipla

A fadiga é um dos sintomas mais presentes na EM. Aproximadamente 85% das pessoas com EM se queixam desse sintoma (FREAL et al., 1984; KRUPP et al., 1989). Esse sintoma pode ser debilitante, aumentando ao longo do dia em pessoas com EM (FREAL et al., 1984), ficando mais evidentes ao final do dia quando comparados ao início do dia, quando os indivíduos se encontram em seu estado mais descansado (NOSEWORTHY et al., 2000) o que pode influenciar negativamente na realização das tarefas diárias (KRUPP et al., 1989), principalmente em tarefas que exigem equilíbrio (CATTANEO et al., 2002). A presença da fadiga nessa população pode ocasionar uma queda de rendimento na carreira profissional e em muitas outras atividades, reduzindo significativamente a qualidade de vida dessa população (JANARDHAN et al., 2002). Segundo Genova e colaboradores (2013), pessoas com EM apresentam o “estado fadigado”, caracterizado por ser uma condição passageira, que pode mudar ao longo do tempo e flutuar de acordo com fatores internos e externos. Ainda, a fadiga é uma das principais causas de quedas em indivíduos com EM (NILSAGÅRD et al., 2009). O alto relacionamento da EM com a fadiga resulta em prejuízos nas atividades físicas e qualidade de vida (HEBERT et al., 2011; JANARDHAN et al., 2002; MOTL et al., 2011).

A etiologia da fadiga na EM é explicada por dois mecanismos (BRALEY & CHERVIN, 2010; INDURUWA et al., 2012): i) mecanismo primário: relacionado ao local onde ocorreu a desmielinização e a perda da conectividade de áreas corticais com subcorticais, citocinas liberadas pela inflamação e causadas pela disfunção neuroendócrina

(resultado da lesão nessas regiões de controle endócrino); ii) mecanismo secundário: envolve o acúmulo da carga da doença, como depressão, distúrbios no sono, estado de incapacidade e subtipo. Ambos os mecanismos podem ocorrer ao mesmo tempo (BRALEY & CHERVIN, 2010; INDURUWA et al., 2012). Embora haja a descrição dos mecanismos da fadiga presentes na EM, o entendimento sobre o assunto ainda é pequeno/baixo e muitos fatores podem contribuir para o aparecimento desse sintoma. As citocinas inflamatórias (interferon- γ , fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e outras citocinas pró-inflamatórias) estão presentes em maior quantidade quando comparadas pessoas com EM que apresentam sintoma de fadiga com aquelas que não apresentam (HEESEN, 2006). Estudos que utilizaram a ressonância magnética para avaliação do SNC, sugerem que a fadiga pode ser originada a partir da patologia da substância cinzenta envolvendo o córtex cerebral e estruturas mais profundas (CANTOR, 2010). Além disso, a atrofia cortical também desempenha um papel da fadiga nessa população. Estudos têm mostrado uma relação da fadiga com a atrofia de algumas regiões do SNC (sulco central e no giro pré-central) (RICCITELLI et al., 2011), porém as evidências ainda são fracas em relação à atrofia cortical. A fadiga também pode ser originada por uma hiperativação da circuitaria neural causada pelo mecanismo de compensação que o sistema promove devido às lesões causadas pela EM (INDURUWA et al., 2012).

2.6 Fadiga, controle postural e esclerose múltipla

A fadiga muscular afeta o controle postural de adultos jovens. Especificamente, a fadiga muscular tem efeito na qualidade e manipulação da informação sensorial e no controle motor, que induzem perturbações no sistema neuromuscular, modificando a força muscular e o controle postural (BIZID et al., 2009; HARKINS et al., 2005; PAILLARD, 2012b). Desta forma, a fadiga muscular de diferentes regiões do corpo como tornozelo,

joelho, quadril, lombar e pescoço deterioram o controle postural (BISSON et al., 2011; BIZID et al., 2009; BOYAS et al., 2013; CORBEIL et al., 2003; HARKINS et al., 2005; MADIGAN et al., 2006; PAILLARD et al., 2010; VUILLERME et al., 2002; WOJCIK et al., 2011; YAGGIE & MCGREGOR, 2002).

Paillard (2012) explica os efeitos da fadiga muscular localizada no controle postural da seguinte maneira: i) há alteração na propriocepção (muscular, tendinosa e articular) que afeta a junção neuromuscular, causando fadiga periférica; ii) há integração central inadequada da informação sensorial que modificam o esquema corporal; iii) há degradação do controle neuromuscular e conseqüentemente da resposta motora, deteriorando a contração muscular. Desta forma, as combinações dos três fatores prejudicam o controle postural. Ainda, há aumento da latência entre a ativação muscular e o movimento do centro de pressão (MELLO et al., 2007), o que afeta mais a resposta motora (CORBEIL et al., 2003). Com isso, a fadiga muscular é responsável pela redistribuição da contribuição dos músculos ativos e da reorganização da coordenação multiarticular que controlam a postura (CÔTÉ et al., 2002; YIOU et al., 2009). Especificamente, a fadiga muscular da região do tornozelo aumenta a oscilação do centro de pressão devido aos efeitos na propriocepção do tornozelo (diminui a funcionalidade dos receptores proprioceptivos) e ao aumento da estratégia de quadril (maior uso desta articulação para o controle postural) (BISSON et al., 2011), piorando o controle postural (BOYAS et al., 2013). Entretanto, os achados sobre o efeito da fadiga muscular no controle postural de pessoas com EM têm sido limitados.

Foram encontrados na literatura apenas dois estudos que investigaram os efeitos da fadiga muscular no controle postural de pessoas com EM. Van Emmerik e colaboradores (2010) investigaram o efeito da fadiga muscular no controle postural de pessoas com EM. Os autores analisaram o controle postural de mulheres com EM, antes e após um teste de

força muscular para causar fadiga muscular, em posturas desafiadoras e em três condições: olhos abertos, olhos abertos com as luzes da sala apagadas e olhos fechados. Os resultados mostraram que a fadiga muscular prejudicou o controle postural de pessoas com EM em situações posturais mais desafiadoras. Entretanto, o protocolo utilizado no estudo para induzir à fadiga muscular foi uma avaliação de força muscular que não gera adaptações periféricas e centrais, além de prejuízos somatossensoriais. Ainda, Jackson e Bigelow(2013) investigaram os efeitos do estado descansado e fadigado no equilíbrio de pessoas com EM. O estudo verificou o equilíbrio dessa população em dois períodos do dia, porém em dias diferentes. Para a indução à fadiga, os participantes realizaram o teste de caminhada de seis minutos. Os resultados mostram que percepção do sintoma da fadiga foi maior no estado fadigado. O controle postural das pessoas com EM piorou no estado fadigado comparado ao estado descansado. Entretanto, apesar de resultados interessantes, assim como no estudo de Van Emmerik e colaboradores (2010), acreditamos que esse tipo de exercício para indução à fadiga muscular não é um exercício extenuante e não causa falha do músculo em realizar contrações. Contudo, pouco se sabe sobre o comportamento do controle postural dessa população em situações extremas de fadiga. Entender esse comportamento nessa situação se faz necessário para o desenvolvimento de intervenções que visem a melhora do controle postural em situações de fadiga, que é um sintoma muito presente nessa população.

3. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é investigar o efeito da fadiga muscular no controle postural em pessoas com EM. Os objetivos específicos desta monografia são: i) analisar o controle postural de pessoas com EM antes e após a indução à fadiga muscular, ii) comparar o controle postural de pessoas com EM com pessoas neurologicamente saudáveis; iii) verificar a influência do movimento dos olhos no controle postural de pessoas com EM antes e após a indução a fadiga muscular.

A partir dos nossos objetivos, três hipóteses foram formuladas: i) a fadiga muscular irá afetar negativamente o controle da postura (i.e aumentar a oscilação corporal, aumento da variabilidade) nas pessoas com EM (JACKSON & BIGELOW, 2013; VAN EMMERIK et al., 2010); ii) pessoas com EM irão apresentar maior oscilação corporal comparadas a pessoas neurologicamente; iii) o movimentos dos olhos (movimento sacádico dos olhos) irá atenuar a oscilação corporal dessa população quando comparada a condição de fixação em um ponto.

4. Método

4.1 Participantes

Participaram deste estudo 22 indivíduos, 10 adultos neurologicamente sadios (grupo controle) e 12 diagnosticados com a forma remitente-recorrente da EM, de acordo com o critério de McDonald (MCDONALD et al., 2001; PRZYBEK et al., 2015). Esse subtipo da EM foi escolhido por ser o que apresenta a maior incidência entre os pacientes (cerca de 80% dos pacientes). Outros subtipos da EM não foram incluídos no estudo por apresentarem controle postural diferente da forma remitente-recorrente, indicando maiores déficits (SOYUER et al., 2006).

Os participantes com EM foram recrutados através de contato com os pacientes no Hospital das Clínicas de Botucatu, pela Associação Brasileira de Esclerose Múltipla e também através das redes sociais. Para caracterização e homogeneização da amostra, os pacientes com EM não deveriam possuir uma Escala de incapacidade Funcional (EDSS-KURTZKE, 1983) maior que 4,5.

Para ambos os grupos, os critérios de inclusão (verificado através de anamnese) foram: idade entre 18 e 55 anos; não apresentar fatores que não permitissem a realização dos procedimentos experimentais, como o uso de medicamentos que interferem no controle postural, a presença de doenças osteomioarticulares e/ou neuromusculares; acuidade visual igual ou maior que 20/20 no teste de Snellen (HOLLADAY, 2004); não apresentar distúrbios do sistema vestibular (por exemplo, vertigem, labirintite, tonturas, reflexo oculomotor); não apresentar outras doenças neurológicas e declínio cognitivo (verificado através do Mini-Exame do Estado Mental (MEEM) – FOLSTEIN et al., 1975). Para os participantes com EM, também foram adotados os critérios de inclusão: pessoas que estejam sob tratamento medicamentoso e que não tenham apresentado “surto” ou recorrência dos sintomas nos últimos 3 meses (TOMRUK et al., 2016).

4.2 Procedimentos

Todos os procedimentos experimentais foram realizados nas dependências do Laboratório de Pesquisa em Movimento Humano (MOVI-LAB) do Departamento de Educação Física da Universidade estadual Paulista (UNESP) – campus Bauru. Os participantes foram instruídos a não realizar atividade física nas 48 horas que antecederam cada avaliação. Ainda, os participantes com EM foram orientados a manter a ingestão de qualquer medicação que amenize o sintoma de fadiga. Todas as avaliações foram realizadas no período da manhã para assegurar que o participante estivesse no seu estado mais descansado e, assim, não haver interferência na coleta de dados (BUSA et al., 2016; CHUNG et al., 2008). Além disso, todas as avaliações foram feitas em um ambiente com temperatura controlada para garantir que o calor não influenciasse no estado fadigado do participante (CHUNG et al., 2016).

Os participantes compareceram em um único dia para a realização dos procedimentos experimentais. Primeiramente, os participantes responderam uma anamnese e foi aplicado o MEEM (FOLSTEIN et al., 1975) e o teste de Snellen (HOLLADAY, 2004) para verificar se atendiam aos critérios de inclusão para participação no estudo. Após a inclusão, o indivíduo foi informado sobre os objetivos e os procedimentos do estudo e , permitindo sua participação através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista - Campus de Bauru (CAAE 64921117.0.0000.5398). Em seguida, foi verificado o histórico de quedas dos participantes no último ano através de auto-relato (SOSNOFF et al., 2013) e a percepção de fadiga relacionada ao último mês (CHALDER et al., 1993; CHILCOT et al., 2016).

Após os questionários, os participantes realizaram aquecimento (5 minutos) com caminhadas e alongamentos. Além disso, foi feita uma familiarização do participante com o ambiente de coleta e com a cadeira de LegPress, no qual a cadeira foi ajustada de acordo com o tamanho de cada participante para a correta manutenção das angulações das articulações (joelho e quadril) e sendo realizadas algumas tentativas prévias para verificar a aptidão do participante em participar do estudo antes de iniciar o protocolo de avaliação do controle postural. Após isso, houve um período de descanso antes de iniciar o protocolo para coleta de dados para evitar qualquer influência negativa no controle postural.

Os participantes realizaram as tarefas na seguinte ordem (Figura 1):

- 1) protocolo de avaliação do controle postural na condição de fixação do olhar e de movimentos sacádicos dos olhos;
- 2) protocolo de contração muscular voluntária máxima (CVM);
- 3) protocolo de indução a fadiga muscular por meio da tarefa de flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo (*standing calf raise exercise*, BARBIERI et al., 2014, 2013a);
- 4) os itens 1 e 2 foram repetidos imediatamente após indução à fadiga (não houve tempo de descanso entre o protocolo de fadiga muscular e a realização da tarefa de controle postural após fadiga, tendo apenas o intervalo- aproximadamente 10 segundos- de deslocamento do participante até a plataforma de força – aproximadamente 5m).

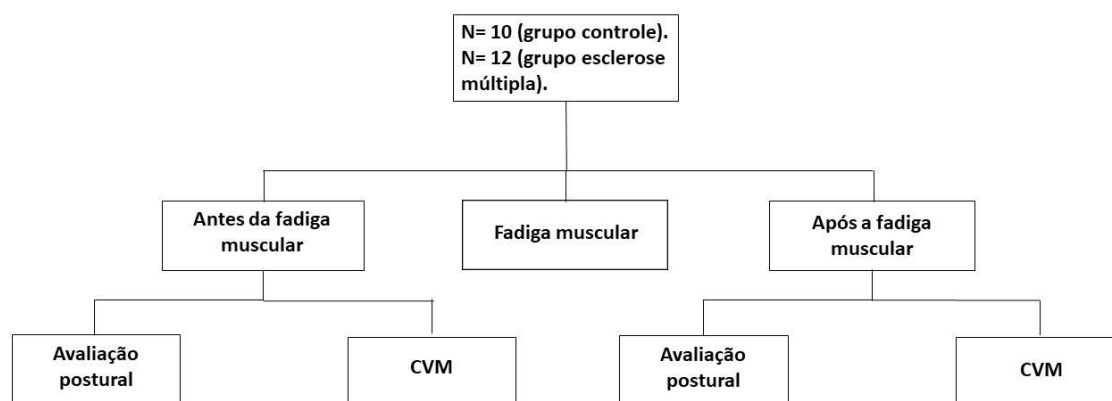


Figura 1. Exemplificação do protocolo experimental.

4.3 Avaliação do controle postural

Para a avaliação do controle postural foi utilizada uma plataforma de força (AccuGait, Advanced Mechanical Technologies, Boston, MA) de 50 cm x 50 cm, com frequência de coleta de 200 Hz. Os participantes foram avaliados em apoio bipodal e com os pés paralelos. Os participantes foram instruídos a posicionar os pés em paralelos a uma distância similar à largura pélvica individual (TERMOZ et al., 2008). Ainda, os participantes foram instruídos a manter a posição ereta com o olhar dirigido a uma tela posicionada a 1m e na altura dos olhos dos participantes. Para garantir o constante posicionamento dos pés em todas as tentativas foi desenhado o contorno dos pés de cada participante em uma folha de papel. Os participantes realizaram 6 (seis) tentativas de 60s antes e após fadiga muscular, sendo 3 (três) tentativas em cada condição: (a) fixação do olhar no alvo central – o alvo permanecia parado no centro da tela e o participante deveria manter seu olhar fixo sobre ele; (b) movimentos sacádicos dos olhos – o alvo apareceria em duas posições distintas, sendo que inicialmente ele apareceria no lado esquerdo da tela (a 9,75 cm do centro) e desapareceria, reaparecendo imediatamente no lado direito da tela (a 9,75 cm do centro) em uma frequência de 0,5 Hz. A ordem das tentativas foi

randomizada entre os participantes. Ainda, antes do início de cada tentativa, era dada a seguinte instrução para os participantes na condição de fixação em um ponto: “*posicione os pés na marca, mantenha os braços estendidos ao lado do tronco, fique o mais parado possível olhando para o ponto, prepara, vai*”. Para a condição de movimento sacádico dos olhos era dada a seguinte instrução: “*posicione os pés na marca, mantenha os braços estendidos ao lado do tronco, fique o mais parado possível o ponto vai se mexer, não pode mexer a cabeça, somente os olhos, prepara, vai*”. A ordem das instruções foi em bloco, sendo esta sequência utilizada para todos os participantes.

4.4 Contração voluntária máxima (CVM)

A CVM foi determinada através do exercício de Leg Press adaptado para a realização da flexão plantar de tornozelo. Para mensuração da força, foi acoplada no equipamento uma célula de carga (MK Controle e Instrumentação Ltda.) com precisão de 0,5 kg/f. A aquisição do sinal do transdutor de força foi realizada através de um amplificador de sinais analógicos (National Instruments Ltda.). Neste protocolo, o participante foi posicionado sobre o assento do Leg Press, com joelhos estendidos a 180° (180° = extensão total) e quadril flexionado a 90° e os pés em posição neutra. A angulação das articulações envolvidas nas atividades foi mensurada através de um goniômetro mecânico. Uma fita de velcro foi presa na articulação do joelho para a manutenção da articulações, evitando assim a flexão do joelho e o recrutamento da musculatura de outras regiões da perna e/ou coxa durante a aplicação de força. Durante o período de realização da força, os participantes foram orientados a apenas manterem a superfície superior da planta dos pés e retirar o calcanhar da superfície do *Leg Press*. Os participantes receberam a instrução de realizar a CVM de flexão plantar do tornozelo aplicando a maior força possível e manter essa força por 5s. Cada participante realizou duas tentativas antes da

fadiga muscular e duas tentativas após a fadiga muscular. Os participantes foram encorajados verbalmente a realizar os esforços máximos. A CVM foi determinada como o maior valor registrado.

4.5 Indução à fadiga muscular

Para a indução à fadiga, o participante realizou repetidamente a tarefa de flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo (*standing calf raise exercise*) sobre um step (BARBIERI et al., 2014; BARBIERI et al., 2013a; BARBIERI, 2012) (Figura 2). Inicialmente, foi realizado um período de adaptação ao movimento e à frequência da tarefa. Em seguida, o participante foi instruído a realizar repetidamente o movimento de flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo com a maior amplitude possível, mantendo a frequência a 0,5 Hz, controlada através de um metrônomo. Durante a tarefa foi permitido ao participante tocar com as mãos em uma cadeira posicionada a sua frente para manter o equilíbrio. Houve encorajamento verbal por parte dos avaliadores durante todo o tempo do protocolo e a cada 1 min de exercício o participante relatava a percepção subjetiva de esforço por meio da escala de Borg (BORG, 1982). A fadiga muscular foi determinada e o teste foi interrompido quando o participante não conseguiu mais realizar nenhuma repetição, ou relatar ou não conseguir mais realizar a tarefa, ou não manteve a frequência de movimentos. O tempo para indução à fadiga foi mensurado.

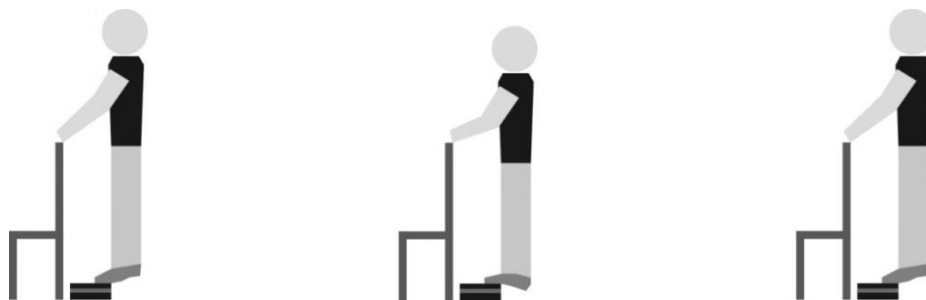


Figura 2. Exemplificação do protocolo de flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo (*standing calf raise exercise*) sobre um step.

4.6. Análise de dados

Os três componentes da força e dos momentos de força nas direções vertical, anteroposterior e médio-lateral do centro de pressão foram coletados. Os 10s iniciais de cada tentativa foram descartados por ser o momento de adaptação do indivíduo à tarefa. A média do sinal de interesse foi calculada, sendo removida da análise. Os dados foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa-baixa, de 4^a ordem, com frequência de corte 6Hz.

Nas tentativas de controle postural antes e após a indução à fadiga muscular, o centro de pressão (CoP) foi calculado. Ele reflete o ponto de força que mantém o centro de gravidade entre a base de suporte (CHIARI; BERTANI; CAPPELLO, 2000; PRIETO et al., 1996). Os seguintes parâmetros foram analisados no sentido anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) para cada uma das tentativas: (1) deslocamento do CoP; (2) área do CoP; (3) velocidade média do CoP; (4) *root mean square* do deslocamento.

4.7. Análise estatística

O nível de significância foi mantido em 0,05 para todas as análises e o programa SPSS 22.0 (SPSS, Inc.) foi utilizado para o tratamento estatístico. Os dados demográficos

foram comparados entre os grupos (pessoas com EM - Grupo EM x pessoas neurologicamente saudáveis - grupo controle) por ANOVA com um fator. Os parâmetros de interesse foram analisados por meio de MANOVAs com fator para grupo (grupo EM x grupo controle), condição (fixação x movimentos sacádicos do olhos) e fadiga muscular (antes e após fadiga muscular), com medidas repetidas para os dois últimos fatores. Ainda, os dados de força foram analisados por ANOVAs com fator para grupo e fadiga muscular. Todas as amostras foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk para fins de verificação dos padrões de normalidade. Os pressupostos das MANOVAs e ANOVAs foram testados através do teste de esfericidade (Mauchly) e do teste de igualdade das variâncias (Levene). Além disso, testes post hoc de Tukey foram utilizados quando interação entre os fatores foi indicada na análise.

5. Resultados

Os dados demográficos dos participantes (idade, estatura, massa corporal, IMC, Snellen, início da doença, tempo do último surto e EDSS), dos questionários (MEEM e Chalder) e do tempo de fadiga estão apresentados na Tabela 1. A análise estatística não mostrou diferença entre idade, massa corporal e estatura entre os participantes. Entretanto, houve diferença para o questionário de fadiga ($p<0,01$) e do tempo de fadiga ($p<0,02$). O grupo EM apresentou maior valores para ambos os questionários. Ainda, a amplitude da pontuação do EDSS foi de 0-2,5, mostrando um acometimento leve causado pela EM. A medicação dos indivíduos com EM foram: fingolimoide ($n=8$), natalizumabe ($n=3$) e Avonex® ($n=1$).

Tabela 1. Média \pm desvio padrão dos dados demográficos dos participantes (idade, altura, massa corporal, índice de massa corporal (IMC), diagnóstico da EM, último surto e EDSS), tempo de fadiga e pontuação dos questionários do Mini Exame do Estado Mental (MEEM) e Chalder. *Diferença significativa ($p<0,05$).

	Grupo EM (n=12)	Grupo controle (n=10)	Valores de p
Idade (anos)	37,30 \pm 7,73	34,5 \pm 8,27	0,46
Estatura(m)	1,72 \pm 0,09	1,71 \pm 0,07	0,51
Massa corporal (kg)	75,38 \pm 10,40	78,20 \pm 15,95	0,79
IMC (kg/altura²)	25,34 \pm 2,67	26,43 \pm 3,54	0,46
MEEM (pontos)	28,46 \pm 1,39	29,62 \pm 0,74	0,07
Chalder (pontos)	11,38 \pm 6,37	5,5 \pm 4,19	0,01*
Fadiga (s)	192,00 \pm 129,78	319,50 \pm 117,41	0,03*
Snellen	20/20	20/20	-
Diagnóstico (anos)	8,47 \pm 5,52	-	-
Surto (anos)	3,05 \pm 1,87	-	-
EDSS (pontos)	1,53 \pm 1,02	-	-

5.1 Contração voluntária máxima

A análise estatística apresentou efeito principal para fadiga ($F_{1,20}=9,060$; $p=0,007$), onde ambos os grupos apresentaram uma queda no pico de força apresentado. O grupo esclerose diminuiu o pico de força após a indução à fadiga muscular ($135,14\pm 14,19\text{kgf}$) comparado a antes da fadiga muscular ($146,04\pm 14,17\text{kgf}$) ($p<0,047$). O grupo controle diminuiu também o pico de força gerado após a fadiga muscular ($127,84\pm 15,55\text{kgf}$) comparado a antes da fadiga muscular ($139,95\pm 15,52\text{kgf}$) ($p<0,044$). A análise estatística não apontou interação entre os fatores (grupo*fadiga) em relação ao pico de força produzido ($F_{1,20}=0,026$; $p<0,874$).

5.2 Controle Postural

A análise estatística apresentou efeito principal para condição (fixação e movimento sacádico dos olhos) nas seguintes variáveis: deslocamento total ($F_{1,20}=36,42$; $p<0,001$), deslocamento AP ($F_{1,20}=43,88$; $p<0,001$), velocidade AP ($F_{1,20}=9,23$; $p<0,006$), RMS AP ($F_{1,20}=42,36$; $p<0,001$) e área ($F_{1,20}=16,11$, $p<0,001$). A condição de fixação apontou maiores valores quando comparado ao movimento sacádico dos olhos nas seguintes variáveis: deslocamento total ($p<0,001$), deslocamento AP ($p<0,001$), velocidade AP ($p<0,006$), RMS AP ($p<0,001$) e área ($p<0,001$).

Ainda, a análise estatística demonstrou efeito para fadiga (antes e após a indução a fadiga muscular) nas seguintes variáveis do centro de pressão: deslocamento total ($F_{1,20}=19,32$; $p<0,001$), deslocamento AP ($F_{1,20}=15,12$; $p<0,001$), velocidade total ($F_{1,20}=22,24$; $p<0,001$), velocidade AP ($F_{1,20}=29,52$; $p<0,001$), velocidade ML ($F_{1,20}=6,30$; $p<0,020$), RMS AP ($F_{1,20}=15,95$; $p<0,001$), RMS ML ($F_{1,20}=13,89$; $p<0,001$) e área ($F_{1,20}=14,65$; $p<0,001$). O momento antes da fadiga muscular apresentou valores menores quando comparado ao momento após a fadiga muscular nos seguintes parâmetros:

deslocamento total ($p<0,001$), deslocamento AP ($p<0,001$), velocidade total ($p<0,001$), velocidade AP ($p<0,001$), velocidade ML ($p<0,020$), RMS AP ($p<0,001$), RMS ML ($p<0,001$) e área ($p<0,001$).

Além disso, a análise estatística não apresentou efeito principal de grupo para nenhuma das variáveis analisadas do CoP ($p>0,05$).

A MANOVA apontou interação entre condição*fadiga nos seguintes parâmetros: deslocamento total do CoP ($F_{1,20}=5,87$, $p<0,025$), deslocamento AP ($F_{1,20}=6,42$, $p<0,020$), RMS AP ($F_{1,20}=6,04$, $p<0,023$) e área ($F_{1,20}=7,76$, $p<0,011$). A condição de fixação apresentou maiores valores do CoP comparados à condição de movimento sacádico dos olhos nos momentos antes e após a fadiga muscular para o deslocamento total ($p<0,002$ e $p<0,001$, respectivamente), deslocamento AP ($p<0,001$ e $p<0,001$, respectivamente), RMS AP ($p<0,001$ e $p<0,001$, respectivamente) e área ($p<0,043$ e $p<0,001$, respectivamente). Os dados da interação (fadiga*condição) estão descritos na figura 3.

Com tudo, a análise estatística não apresentou interação dupla entre grupo*condição ($F_{9,12}=0,71$, $p<0,691$) e grupo*fadiga ($F_{9,12}=0,47$, $p<0,864$). A MANOVA também não apontou interação tripla entre grupo*condição*fadiga ($F_{9,12}=0,80$, $p<0,622$).

Tabela 2. Dados do centro de pressão (média \pm desvio-padrão) antes e após a indução à fadiga muscular de ambos os grupos.

	Grupo EM				Grupo Controle				Valores de p		
	Fixação		Sacádico		Fixação		Sacádico		Condição	Fadiga	Condição*fadiga
	Antes fadiga muscular	Após fadiga muscular	Antes fadiga muscular	Após fadiga muscular	Antes fadiga muscular	Após fadiga muscular	Antes fadiga muscular	Após fadiga muscular			
D_total (mm)	367,02 \pm 26,40	451,77 \pm 44,55	275,28 \pm 26,78	328,75 \pm 31,48	322,30 \pm 28,82	479,20 \pm 48,80	278,59 \pm 29,34	351,83 \pm 34,49	0,001	0,050	0,025
D_AP (mm)	320,26 \pm 23,88	398,24 \pm 44,02	225,29 \pm 24,98	259,93 \pm 26,89	280,29 \pm 26,16	414,75 \pm 48,23	225,57 \pm 27,37	283,20 \pm 29,45	0,001	0,001	0,020
D_ML (mm)	252,29 \pm 59,66	144,12 \pm 14,31	153,54 \pm 20,34	153,00 \pm 18,57	113,78 \pm 65,35	163,10 \pm 15,68	118,02 \pm 13,49	153,54 \pm 20,34	ns	ns	ns
V_total (cm/s)	0,86 \pm 0,02	0,92 \pm 0,02	0,84 \pm 0,02	0,89 \pm 0,02	0,85 \pm 0,03	0,91 \pm 0,02	0,84 \pm 0,03	0,90 \pm 0,02	ns	0,050	ns
V_AP(cm/s)	0,57 \pm 0,01	0,63 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01	0,60 \pm 0,01	0,56 \pm 0,02	0,62 \pm 0,02	0,55 \pm 0,01	0,61 \pm 0,01	0,006	0,050	ns
V_ML (cm/s)	0,52 \pm 0,01	0,54 \pm 0,01	0,51 \pm 0,02	0,53 \pm 0,01	0,51 \pm 0,02	0,53 \pm 0,01	0,52 \pm 0,02	0,54 \pm 0,01	ns	0,020	ns
RMS AP	0,39 \pm 0,02	0,48 \pm 0,05	0,28 \pm 0,03	0,32 \pm 0,03	0,34 \pm 0,03	0,50 \pm 0,05	0,28 \pm 0,03	0,35 \pm 0,03	0,001	0,001	0,023
RMS ML	0,15 \pm 0,01	0,18 \pm 0,01	0,14 \pm 0,01	0,19 \pm 0,02	0,13 \pm 0,01	0,20 \pm 0,02	0,14 \pm 0,01	0,19 \pm 0,02	ns	0,001	ns
Área (cm²)	1,07 \pm 0,15	1,64 \pm 0,27	0,79 \pm 0,15	1,13 \pm 0,19	0,89 \pm 0,17	1,84 \pm 0,30	0,76 \pm 0,17	1,25 \pm 0,21	0,001	0,001	0,011

Notas: EM=Esclerose múltipla. D_total= deslocamento total; D_AP= deslocamento anteroposterior; D_ML= deslocamento médio lateral; V_total= velocidade total; V_AP= velocidade anteroposterior; V_ML= velocidade médio lateral; ns= não significante.

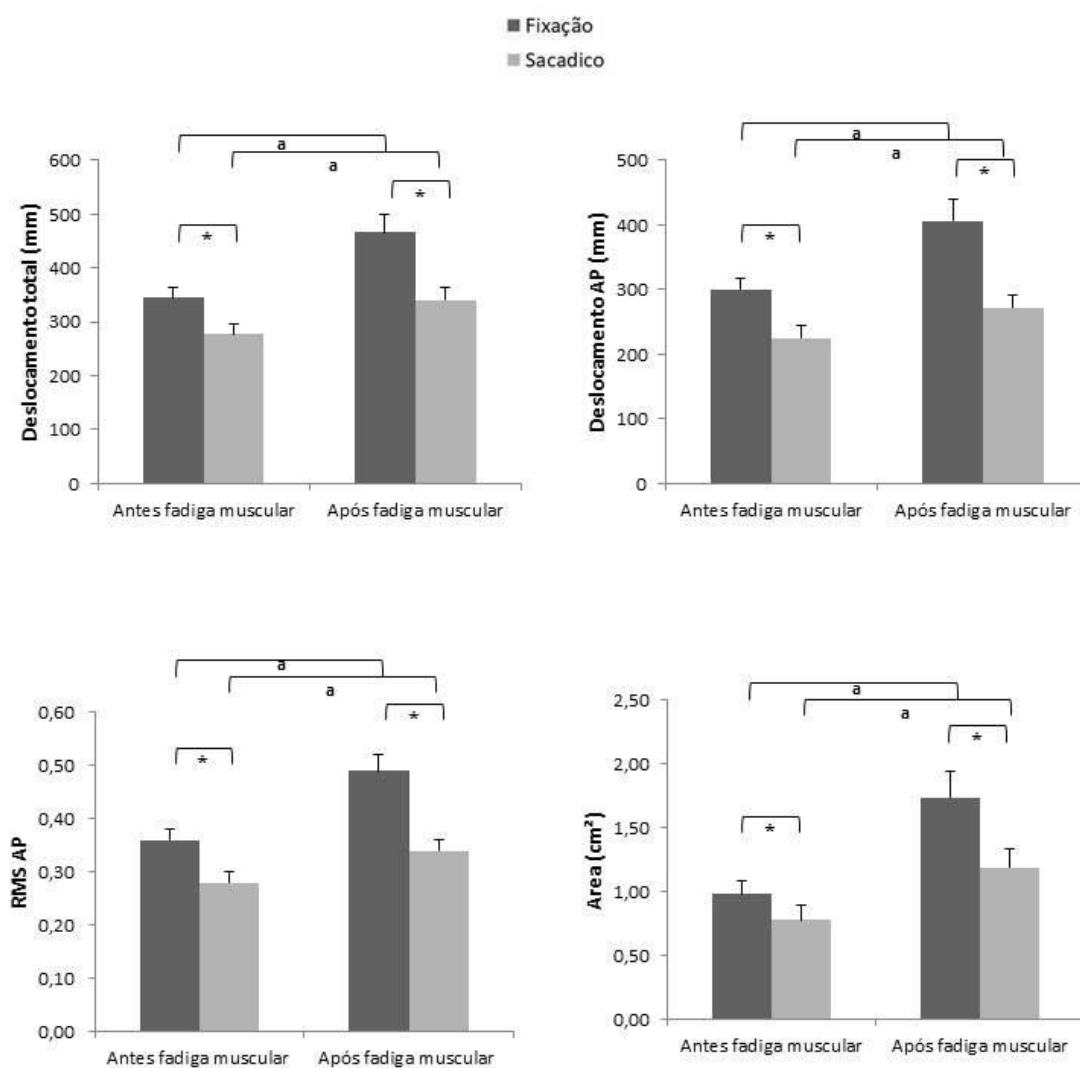


Figura 3. Dados do CoP da interação condição*fadiga. *Diferença significativa ($p < 0,05$) entre condição de fixação e movimento sacádico dos olhos. ^aDiferença significativa ($p < 0,05$) entre a condição nos diferentes momentos de fadiga.

6. Discussão

O objetivo do estudo foi investigar o efeito da fadiga muscular no controle postural de pessoas com EM e compará-las com adultos neurologicamente saudáveis. A fadiga afetou o controle postural de pessoas com EM. Entretanto, não houve diferença entre o grupo EM e o grupo controle para nenhuma condição (fixação e movimento sacádico dos olhos) e fadiga muscular (antes e após a indução a fadiga muscular). Além disso, os resultados indicaram que o movimento sacádico dos olhos diminuiu a oscilação corporal em ambos os grupos antes e após a fadiga muscular. Sendo assim, a primeira (a fadiga muscular irá afetar negativamente o controle da postura nas pessoas com EM) e terceira hipótese (o movimentos sacádico dos olhos irá atenuar a oscilação corporal dessa população quando comparada a condição de fixação em um ponto) foram confirmadas e a segunda hipótese (pessoas com EM irão apresentar maior oscilação corporal comparadas a pessoas neurologicamente) não foi confirmada. A discussão foi organizada de acordo com as hipóteses do estudo: i) primeiramente foram discutidos os dados do tempo de fadiga e força dos participantes; ii) após, foi discutido o efeito da fadiga muscular no controle postural e as diferenças entre indivíduos com EM e indivíduos neurologicamente saudáveis; iii) por fim, foi discutido a influência dos movimentos sacádicos dos olhos no controle postural de ambos os grupos.

O tempo de fadiga foi menor para pessoas com EM quando comparados com o grupo controle. Uma possível explicação é a percepção de fadiga alterada de pessoas com EM. Esta população apresenta maior percepção de fadiga, como apresentado em nosso estudo (Questionário de Chalder, 1993 – tabela 1), quando comparados a indivíduos neurologicamente saudáveis, o que corrobora com resultados de estudos anteriores (BRALEY & CHERVIN, 2010; JACKSON & BIGELOW, 2013; KRUPP et al., 1989; NOSEWORTHY et al., 2000). Ainda, o maior sintoma de fadiga indicado em

peessoas com EM (INDURUWA et al., 2012) pode diminuir o tempo para a pessoa entrar em exaustão. Apesar do menor tempo para indução à fadiga muscular, os resultados de força muscular da região do tornozelo indicaram que as pessoas com EM chegaram a exaustão após o protocolo de fadiga. Este resultado demonstra que o protocolo de fadiga muscular utilizado foi eficiente para gerar fadiga muscular de tornozelo, como também ocorreu em outras populações (BARBIERI et al., 2014; BIGLAND-RITCHIE & WOODS, 1984).

Não houve diferença entre os grupos para a força muscular. A deficiência da produção de força que ocorre na EM pode ser decorrente de inúmeros fatores, como fatores centrais (baixa capacidade em gerar estimulação para contração muscular) (RICE et al., 1992) ou a fatores periféricos (atrofia muscular) (KENT-BRAUN et al., 1997). Em nosso estudo, não foi mensurado se os indivíduos com EM apresentam atrofia muscular nos músculos responsáveis pela flexão plantar. Duas possíveis explicações surgem a partir dos resultados: i) indivíduos com um baixo grau de acometimento pela doença não apresentam atrofia muscular dos flexores plantares; ii) esses indivíduos não apresentam déficits no SNC na produção de estímulo da contração muscular.

Ambos os grupos aumentaram a oscilação corporal após fadiga muscular. A fadiga muscular da região do tornozelo pode afetar tanto o controle motor, quanto a propriocepção (PAILLARD, 2012a), deteriorando assim o controle da postura (BISSON et al., 2011; BOYAS et al., 2013). Essa deterioração do controle postural após a fadiga muscular pode ser causada ainda pela diminuição da força dos músculos responsáveis (i.e. gastrocnêmios mediais e tibiais anteriores) pela estabilização da articulação do tornozelo (PAILLARD, 2012a). Boyas e colaboradores (2013) sugerem que a mudança no sistema neuromuscular causada pela fadiga pode afetar a habilidade do músculo em produzir uma quantidade de força pela contração muscular, enquanto que os déficits na

propriocepção podem causar uma falha no sistema em detectar e integrar mudanças nas articulações. Apesar de estudos anteriores também indicarem que a fadiga muscular afeta o controle postural de pessoas saudáveis (BISSON et al., 2011; BOYAS et al., 2013; WOJCIK et al., 2011) e de pessoas com EM (JACKSON & BIGELOW, 2013; VAN EMMERIK et al., 2010), este é o primeiro estudo a mostrar que o efeito da fadiga muscular de tornozelo no controle postural é semelhante entre pessoas com EM e pessoas neurologicamente saudáveis, contrariando nossa segunda hipótese. Os resultados mostraram não haver diferença nos parâmetros do CoP quando comparados os grupos controle e EM para nenhuma condição ou fadiga muscular. Esses resultados corroboram estudos anteriores que mostraram não haver diferença entre pessoas com EM e pessoas neurologicamente saudáveis na tarefa de manutenção da postura bipodal estática (FRZOVIC et al., 2000; POH et al., 2017; SOYUER et al., 2006), mas contra estudos que investigaram o efeito da fadiga muscular (VAN EMMERIK et al., 2010). O grau de incapacidade dos participantes com EM foi baixo. O aumento da oscilação corporal na EM acontece à medida que o grau de acometimento pela doença aumenta (BOES et al., 2012). De fato, os participantes desse estudo apresentaram um grau de acometimento considerado baixo, o que poderia ser uma possível explicação por não ter havido diferenças entre os grupos (antes e após a fadiga muscular), sugerindo que pessoas com um grau de acometimento baixo pela EM conseguem controlar a postura igualmente a pessoas neurologicamente saudáveis. Ainda, Chung e colaboradores (2008) sugerem que as diferenças no controle da postura em pessoas com EM quando comparado a pessoas saudáveis, são devido à produção de força. No nosso estudo, os grupos não tiveram diferença na produção de força. A força dos músculos responsáveis pela manutenção da postura bipodal estática poderia estar auxiliando e compensando os déficits nos sistemas funcionais causados pela EM.

Os movimentos sacádicos dos olhos geraram uma menor oscilação corporal em ambos os grupos tanto antes quanto após a fadiga muscular. Estes resultados corroboram com achados anteriores, mostrando que indivíduos saudáveis, quando realizam movimento sacádico dos olhos durante a postura estática bipodal, oscilam menos quando comparados a fixação em um ponto (RODRIGUES et al., 2015; STOFFREGEN et al., 2006). Entretanto, os estudos anteriores não avaliaram o efeito do movimento dos olhos sob a condição de fadiga, o que enaltece a novidade dos achados deste estudo, especialmente para pessoas com EM. Ainda, para esta população, os estudos que envolveram a integração da informação visual e do controle postural não haviam manipulado os movimentos dos olhos, realizando estudos apenas com tarefas visuais de fixação em um ponto ou com os olhos fechados (NEGAHBAN et al., 2011; POH et al., 2017; VAN EMMERIK et al., 2010). Esse resultado evidencia que pessoas com EM com baixo acometimento, têm a capacidade de realizar uma integração entre o controle da postura e do olhar, como sugerido por Stoffregen e colaboradores (2006). A diminuição da oscilação corporal durante o movimento sacádico pode ser uma estratégia mais segura para ambos os grupos realizarem as tarefas satisfatoriamente. Ainda, essa diminuição da oscilação corporal ocorre para permitir que a tarefa visual seja realizada com uma maior acurácia das fixações entre as sacadas, havendo assim uma integração do controle da postura e do olhar (RODRIGUES et al., 2013; STOFFREGEN et al., 2006), facilitando o movimento dos olhos. Outra possível explicação da diminuição da oscilação corporal na condição de movimento sacádico dos olhos é que a localização do estímulo (ponto) era prevista, o qual desaparecia de um lado da tela e reaparecia novamente do outro lado, necessitando de acurácia espacial. Nesse sentido, o movimento sacádico pode ser antecipado, facilitando a modulação da oscilação corporal via *feedforward* (GUERRAZ; BRONSTEIN, 2008; RODRIGUES et al., 2013),

favorecendo o planejamento e a performance das sacadas pela atenuação (diminuição) da oscilação corporal (RODRIGUES et al., 2013, 2015; STOFFREGEN et al., 2006) em relação ao olhar fixo. Aparentemente, a fadiga muscular não é capaz de alterar os mecanismos responsáveis pela diminuição da oscilação corporal. Vale ressaltar que esse é o primeiro estudo que investiga os movimentos sacádicos dos olhos em estado de fadiga.

6.1 Limitações do estudo

O estudo possui algumas limitações. O número de participantes do estudo foi baixo. Um maior de participantes poderia mostrar interações entre os fatores analisados (grupo, condição e fadiga). Ainda, um número maior de pessoas com EM poderia fornecer a possibilidade de realizar a subdivisão desse grupo (i.e., dividir o grupo EM de acordo com os sistemas funcionais afetados pela doença). Entretanto, este é o primeiro estudo sobre o efeito da fadiga muscular do tornozelo no controle postural de pessoas com EM, o que justifica o caráter exploratório e o número reduzido de participantes. Ainda, não foi mensurada a ativação muscular durante a realização da postura. Dados da eletromiografia poderiam informar sobre a organização da ativação muscular durante a postura e principalmente as adaptações na organização da ativação e do controle após a indução à fadiga muscular.

7. Conclusão

A fadiga muscular de tornozelo aumentou a oscilação corporal de indivíduos com EM e neurologicamente saudáveis. Ainda, o movimento sacádico dos olhos diminuiu a oscilação corporal das pessoas com EM e adultos neurologicamente saudáveis tanto antes quanto após fadiga muscular. Além disso, não houve diferença na oscilação postural entre pessoas com EM e adultos neurologicamente saudáveis. Apesar de resultados consistentes, novos estudos são necessários para complementar o conhecimento sobre o controle postural de indivíduos com EM, principalmente após a fadiga muscular. Nesse sentido, seria interessante investigar a atividade neural para avaliar o papel de centros mais superiores (corticais) do sistema nervoso durante a manutenção da postura, aprofundando o entendimento da organização do SNC nessa tarefa e em situações mais desafiadoras, como o proposto em nosso estudo (manter a postura após a indução à fadiga muscular). Realizar um estudo com uma subdivisão do grupo EM pode ser interessante para investigar o papel que cada sistema funcional proposto por Kurtze (1983) exerce no controle da postura e a magnitude que cada sistema exerce nessa variável. A partir dos resultados encontrados, novas formas de análise (não lineares) do CoP (i.e. entropia e tempo-para-contato) podem ser empregadas também para analisar o comportamento do CoP após a indução à fadiga muscular.

8. Referências

ARONSON, K. J.; CLEGHORN, G.; GOLDENBERG, E. Assistance arrangements and use of services among persons with multiple sclerosis and their caregivers. **Disability and Rehabilitation**, v. 18, n. 7, p. 354–361, 1996.

ARUIN, A. S.; KANEKAR, N.; LEE, Y. J. Anticipatory and compensatory postural adjustments in individuals with multiple sclerosis in response to external perturbations. **Neuroscience Letters**, v. 591, p. 182–186, 2015.

BARBIERI, F. A. et al. Effect of muscle fatigue and physical activity level in motor control of the gait of young adults. **Gait & Posture**, v. 38, n. 4, p. 702–707, 2013a.

BARBIERI, F. A. et al. The effect of muscle fatigue on the last stride before stepping down a curb. **Gait and Posture**, v. 37, n. 4, p. 542–546, 2013b.

BARBIERI, F. A. et al. **Systematic review of the effects of fatigue on spatiotemporal gait parameters** *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2013c.

BARBIERI, F. A. et al. Effect of triceps surae and quadriceps muscle fatigue on the mechanics of landing in stepping down in ongoing gait. **Ergonomics**. Taylor & Francis, , 2014.

BIGLAND-RITCHIE, B.; WOODS, J. J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. **Muscle & Nerve**, v. 7, n. 9, p. 691–699, 1984.

BISSON, E. J. et al. Effects of ankle and hip muscle fatigue on postural sway and attentional demands during unipedal stance. **Gait and Posture**, v. 33, n. 1, p. 83–87, 2011.

BIZID, R. et al. Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unipedal stance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 375–380, 2009.

BOES, M. K. et al. Postural control in multiple sclerosis: Effects of disability status and dual task. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 315, n. 1–2, p. 44–48, 2012.

BOOTH, F. W.; THOMASON, D. B. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. **Physiological reviews**, v. 71, n. 2, p. 541–585, 1991.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BOYAS, S. et al. Fatiguing Exercise Intensity Influences the Relationship between Parameters Reflecting Neuromuscular Function and Postural Control Variables. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, p. 1–10, 2013.

BRALEY, T. J.; CHERVIN, R. D. Fatigue in multiple sclerosis: mechanisms, evaluation, and treatment. **Sleep**, v. 33, n. 8, p. 1061–7, 2010.

BURINA, A. et al. Some aspects of balance disorder in patients with multiple sclerosis. **Bosn J Basic Med Sci**, v. 8, n. 1, p. 80–85, 2008.

BUSA, M. A. et al. Multiscale entropy identifies differences in complexity in

postural control in women with multiple sclerosis. **Gait & Posture**, v. 45, p. 7–11, 2016.

CÔTÉ, J. N. et al. Movement reorganization to compensate for fatigue during sawing. **Experimental Brain Research**, v. 146, n. 3, p. 394–398, 2002.

CAMERON, M. H. et al. Imbalance in multiple sclerosis: A result of slowed spinal somatosensory conduction. **Somatosensory and Motor Research**, v. 25, n. 2, p. 113–122, 2008.

CANTOR, F. Central and Peripheral Fatigue: Exemplified by Multiple Sclerosis and Myasthenia Gravis. **PM and R**, v. 2, n. 5, p. 399–405, 2010.

CATTANEO, D. et al. Risks of falls in subjects with multiple sclerosis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 83, n. 6, p. 864–867, 2002.

CHALAH, M. A. et al. Fatigue in Multiple Sclerosis: Neural Correlates and the Role of Non-Invasive Brain Stimulation. **Frontiers in Cellular Neuroscience**, v. 9, n. November, p. 1–15, 2015.

CHALDER, T. et al. Development of a Fatigue Scale. v. 37, n. 2, p. 147–153, 1993.

CHIARI, L.; BERTANI, A.; CAPPELLO, A. Classification of visual strategies in human postural control by stochastic parameters. **Human Movement Science**, v. 19, n. 6, p. 817–842, 2000.

CHILCOT, J. et al. The Chalder Fatigue Questionnaire is a valid and reliable measure of perceived fatigue severity in multiple sclerosis. **Multiple sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)**, v. 22, n. 5, p. 677–84, 2016.

CHUNG, L. H. et al. Leg power asymmetry and postural control in women with multiple sclerosis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 10, p. 1717–1724, 2008.

CHUNG, L. H. et al. Energy cost of walking, symptomatic fatigue and perceived exertion in persons with multiple sclerosis. **Gait & Posture**, v. 48, p. 215–219, 2016.

COHEN, S.; KESSLER, R. C.; GORDON, L. U. Measuring stress: A guide for health and social scientists. **Measuring stress: A guide for health and social scientists.**, p. xii, 1997.

COMPSTON, A.; COLES, A. Multiple sclerosis. **The Lancet**, v. 372, n. 9648, p. 1502–1517, 2008.

CORBEIL, P. et al. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. **Gait and Posture**, v. 18, n. 2, p. 92–100, 2003.

PEREIRA, A. B. C. N. G. et al. Prevalence of multiple sclerosis in Brazil: A systematic review. **Multiple Sclerosis and Related Disorders**, v. 4, n. 6, p. 572–579, 2015.

EDWARDS, R. H. **Human muscle function and fatigue. Ciba Foundation symposium**, 1981.

FIGLIOLI, C. M. et al. Gaze position interferes in body sway in young adults. **Neuroscience Letters**, v. 660, n. September, p. 130–134, 2017.

FJELDSTAD, C. et al. Decreased postural balance in multiple sclerosis patients with low disability. **International Journal of Rehabilitation Research**, v. 34, n. 1, p. 53–58, 2011.

FOLSTEIN, M. F. et al. Mini-mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **Journal of psychiatric research**, v. 12, n. 3, p. 189–98, 1975.

FORD, H.; TRIGWELL, P.; JOHNSON, M. The nature of fatigue in multiple sclerosis. **Journal of psychosomatic research**, v. 45, n. 1, p. 33–38, 1998.

FRANKLIN, D. et al. Endpoint stiffness of the arm is directionally tuned to instability in the environment. **The Journal of neuroscience**, v. 27, n. 29, p. 7705–7716, 2007.

FREAL, J. E.; KRAFT, G. H.; CORYELL, J. K. Symptomatic fatigue in multiple sclerosis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 65, n. 3, p. 135–138, 1984.

FRZOVIC, D.; MORRIS, M. E.; VOWELS, L. Clinical tests of standing balance: Performance of persons with multiple sclerosis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, n. 2, p. 215–221, 2000.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725–1789, 2001.

GENOVA, H. M. et al. Examination of cognitive fatigue in multiple sclerosis using functional magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11, 2013.

GRANACHER, U. et al. Effects of muscle fatigue on gait characteristics under single and dual-task conditions in young and older adults. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 7, n. 1, p. 56, 2010.

GRIGORIADIS, N.; VAN PESCH, V. A basic overview of multiple sclerosis immunopathology. **European Journal of Neurology**, v. 22, p. 3–13, 2015.

GUERRAZ, M.; BRONSTEIN, A. M. Ocular versus extraocular control of posture and equilibrium. **Neurophysiologie Clinique**, v. 38, n. 6, p. 391–398, 2008.

HANCOCK, P. A.; DESMOND, P. A. Active and Passive Fatigue States. In: **Stress, workload, and fatigue**. [s.l.: s.n.]. p. 455–465.

HARKINS, K. M. et al. Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction. **Journal of Athletic Training**, v. 40, n. 3, p. 191–194, 2005.

HEBERT, J. R. et al. Effects of Vestibular Rehabilitation on Multiple Sclerosis–Related Fatigue and Upright Postural Control: A Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, v. 91, n. 8, p. 1166–1183, 2011.

HEBERT, J. R.; CORBOY, J. R. The association between multiple sclerosis-related fatigue and balance as a function of central sensory integration. **Gait and Posture**, v. 38, n. 1, p. 37–42, 2013.

HEESEN, C. Fatigue in multiple sclerosis: an example of cytokine mediated sickness behaviour? **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 77, n. 1, p. 34–39, 2006.

HELBOSTAD, J. L. et al. Physical Fatigue Affects Gait Characteristics in Older Persons. **The Journals of Gerontology Series**, v. 62, n. 9, p. 1010–1015, 2007.

HOLLADAY, J. T. Visual acuity measurements. **Journal of Cataract and**

Refractive Surgery, v. 30, n. 2, p. 287–290, 2004.

HUISINGA, J. M. et al. Postural control strategy during standing is altered in patients with multiple sclerosis. **Neuroscience Letters**, v. 524, n. 2, p. 124–128, 2012.

HUISINGA, J. M.; FILIPI, M. L.; STERGIOU, N. Supervised resistance training results in changes in postural control in patients with multiple sclerosis. v. 16, n. 1, p. 50–63, 2012.

INDURUWA, I.; CONSTANTINESCU, C. S.; GRAN, B. Fatigue in multiple sclerosis - A brief review. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 323, n. 1–2, p. 9–15, 2012.

IZAWA, J. et al. Motor adaptation as a process of reoptimization. **The Journal of neuroscience**, v. 28, n. 11, p. 2883–91, 2008.

JACKSON, K.; BIGELOW, K. E. Measures of balance performance are affected by arrested versus fatigued testing condition in people with multiple sclerosis. **PM and R**, v. 5, n. 11, p. 949–956, 2013.

JANARDHAN, V. et al. Quality of life in patients with multiple sclerosis: the impact of fatigue and depression. **J Neurol Sci**, v. 205, p. 51–58, 2002.

JOHANSSON, R.; MAGNUSSON, M. Human postural dynamics. **Critical reviews in biomedical engineering**, v. 18, n. 6, p. 413–37, 1991.

KARST, G. M. et al. Center of pressure measures during standing tasks in minimally impaired persons with multiple sclerosis. **Journal of neurologic physical therapy : JNPT**, v. 29, n. 4, p. 170–180, 2005.

KENT-BRAUN, J. A. et al. Strength, skeletal muscle composition, and enzyme activity in multiple sclerosis. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 83, n. 6, p. 1998–2004, 1997.

KROENKE, K. et al. Chronic fatigue in primary care. Prevalence, patient characteristics, and outcome. **JAMA**, v. 260, n. 7, p. 929–934, 1988.

KRUPP, L. B. et al. The fatigue severity scale. Application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. **Archives of neurology**, v. 46, n. 10, p. 1121–1123, 1989.

KURTZKE, J. F. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: An expanded disability status scale (EDSS). **Neurology**, v. 33, n. 11, p. 1444–1444, 1983.

LIN, D. et al. Acute effects of localized muscle fatigue on postural control and patterns of recovery during upright stance: Influence of fatigue location and age. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 425–434, 2009.

LORAM, I. D.; MAGANARIS, C. N.; LAKIE, M. Human postural sway results from frequent, ballistic bias impulses by soleus and gastrocnemius. **The Journal of Physiology**, v. 564, n. 1, p. 295–311, 2005.

LORD, S. R. et al. An epidemiological study of falls in older community-dwelling women: the Randwick falls and fractures study. **Australian Journal of Public Health**, v. 17, n. 3, p. 240–245, 1993.

LOU, J.-S. Physical and mental fatigue in Parkinson's disease: epidemiology, pathophysiology and treatment. **Drugs & aging**, v. 26, n. 3, p. 195–208, 2009.

MADIGAN, M. L.; DAVIDSON, B. S.; NUSSBAUM, M. A. Postural sway and

joint kinematics during quiet standing are affected by lumbar extensor fatigue. **Human Movement Science**, v. 25, n. 6, p. 788–799, 2006.

MCDONALD, W. et al. Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis : guidelines from the International Panel on the diagnosis of multiple sclerosis . **Annals of Neurology**, v. 59, n. April, p.121-127, 2001.

MELLO, R. G.; OLIVEIRA, L. F.; NADAL, J. Anticipation mechanism in body sway control and effect of muscle fatigue. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 17, n. 6, p. 739–746, 2007.

MOREIRA, M. A. et al. Esclerose múltipla: Estudo descritivo de suas formas clínicas em 302 casos. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 58, n. 2 B, p. 460–466, 2000.

MORRISON, S.; RYNDERS, C. A.; SOSNOFF, J. J. Deficits in medio-lateral balance control and the implications for falls in individuals with multiple sclerosis. **Gait and Posture**, v. 49, p. 148–154, 2016.

MOTL, R. W. et al. Symptoms, self-efficacy, and physical activity among individuals with multiple sclerosis. **Research in nursing & health**, v. 29, n. 6, p. 597–606, 2006.

MOTL, R. W. et al. Effects of change in fatigue and depression on physical activity over time in relapsing-remitting multiple sclerosis. **Psychology, Health & Medicine**, v. 16, n. 1, p. 1–11, 2011.

NEGAHBAN, H. et al. The effects of cognitive loading on balance control in patients with multiple sclerosis. **Gait & Posture**, v. 34, n. 4, p. 479–484, 2011.

NILSAGÅRD, Y. et al. Factors perceived as being related to accidental falls by persons with multiple sclerosis. **Disability and rehabilitation**, v. 31, n. 16 PG-1301-1310, p. 1301–1310, 2009.

NOSEWORTHY, J. H. . et al. Clinical course and diagnosis. **The New England Journal of Medicine**, v. 343, p. 938–952, 2000.

PAILLARD, T. et al. Disturbance of contralateral unipedal postural control after stimulated and voluntary contractions of the ipsilateral limb. **Neuroscience Research**, v. 68, n. 4, p. 301–306, 2010.

PAILLARD, T. Effects of general and local fatigue on postural control: A review. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 36, n. 1, p. 162–176, 2012a.

PARIJAT, P.; LOCKHART, T. E. Effects of lower extremity muscle fatigue on the outcomes of slip-induced falls. **Ergonomics**, v. 51, n. 12, p. 1873–1884, 2008a.

PARIJAT, P.; LOCKHART, T. E. Effects of quadriceps fatigue on the biomechanics of gait and slip propensity. **Gait and Posture**, v. 28, n. 4, p. 568–573, 2008b.

POH, P. Y. S. et al. Increased postural sway in persons with multiple sclerosis during short-term exposure to warm ambient temperatures. **Gait and Posture**, v. 53, p. 230–235, 2017.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance**. [s.l: s.n.]. v. 4th

PRIETO, T. E. et al. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v.

43, n. 9, p. 956–966, 1996.

PRZYBEK, J. et al. Evolution of diagnostic criteria for multiple sclerosis. **Neurologia i Neurochirurgia Polska**, v. 49, n. 5, p. 313–321, 2015.

RICCITELLI, G. et al. Voxelwise assessment of the regional distribution of damage in the brains of patients with multiple sclerosis and fatigue. **American Journal of Neuroradiology**, v. 32, n. 5, p. 874–879, 2011.

RICE, C. L.; VOLLMER, T. L.; BIGLAND-RITCHIE, B. Neuromuscular responses of patients with multiple sclerosis. **Muscle & nerve**, v. 15, n. 10, p. 1123–32, 1992.

RODRIGUES, S. T. et al. Effects of saccadic eye movements on postural control in older adults. **Motriz**, v. 19, n. 3, p. 614–619, 2013.

RODRIGUES, S. T. et al. Saccadic and smooth pursuit eye movements attenuate postural sway similarly. **Neuroscience Letters**, v. 584, p. 292–295, 2015.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control: Translating research into clinical practice: Fourth edition**. 2014.

SOSNOFF, J. J. et al. Cognitive processing speed is related to fall frequency in older adults with multiple sclerosis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 94, n. 8, p. 1567–1572, 2013.

SOSNOFF, J. J.; SHIN, S.; MOTL, R. W. Multiple Sclerosis and Postural Control: The Role of Spasticity. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 1, p. 93–99, 2010.

SOYSAL TOMRUK, M. et al. Effects of Pilates exercises on sensory interaction, postural control and fatigue in patients with multiple sclerosis. **Multiple Sclerosis and Related Disorders**, v. 7, p. 70–73, 2016.

SOYUER, F.; MIRZA, M.; ERKORKMAZ, U. Balance performance in three forms of multiple sclerosis. **Neurological Research**, v. 28, p. 555–562, 2006.

STACKHOUSE, S. K. et al. Maximum voluntary activation in nonfatigued and fatigued muscle of young and elderly individuals. **Physical therapy**, v. 81, n. 5, p. 1102–1109, 2001.

STOFFREGEN, T. A. et al. Postural Stabilization of Visually Guided Eye Movements. **Ecological Psychology**, v. 18, n. 3, p. 191–222, 2006.

STRANG, A. J.; BERG, W. P.; HIERONYMUS, M. Fatigue-induced early onset of anticipatory postural adjustments in non-fatigued muscles: Support for a centrally mediated adaptation. **Experimental Brain Research**, v. 197, n. 3, p. 245–254, 2009.

SWAEN, G. M. H. et al. Fatigue as a risk factor for being injured in an occupational accident: results from the Maastricht Cohort Study. **Occupational and environmental medicine**, v. 60 Suppl 1, n. May, p. i88–i92, 2003.

TANAKA, H. et al. The effects of visual input on postural control mechanisms: an analysis of center-of-pressure trajectories using the auto-regressive model. **Journal of human ergology**, v. 29, n. 1–2, p. 15–25, 2000.

TERMOZ, N. et al. The control of upright stance in young, elderly and persons with Parkinson's disease. **Gait and Posture**, v. 27, n. 3, p. 463–470, 2008.

VAN EMMERIK, R. E. A. et al. Postural control in women with multiple

sclerosis: Effects of task, vision and symptomatic fatigue. **Gait and Posture**, v. 32, n. 4, p. 608–614, 2010.

VUILLERME, N. et al. Postural sway under muscle vibration and muscle fatigue in humans. **Neuroscience Letters**, v. 333, n. 2, p. 131–135, 2002.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & posture**, v. 3, n. 4, p. 193–214, 1995.

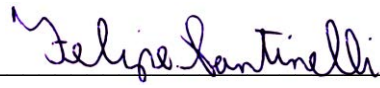
WOJCIK, L. A. et al. Age and gender moderate the effects of localized muscle fatigue on lower extremity joint torques used during quiet stance. **Human Movement Science**, v. 30, n. 3, p. 574–583, 2011.

WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait & Posture**, v. 16, n. 1, p. 1–14, 2002.

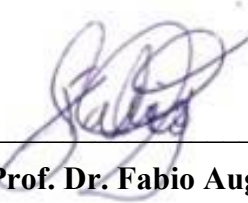
YAGGIE, J. A.; MCGREGOR, S. J. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 83, n. 2, p. 224–228, 2002.

YIOU, E. et al. Effect of lower limb muscle fatigue induced by high-level isometric contractions on postural maintenance and postural adjustments associated with bilateral forward-reach task. **Gait and Posture**, v. 29, n. 1, p. 97–101, 2009.

ZEIGELBOIM, B. S. et al. Vestibular findings in relapsing, remitting multiple sclerosis: A study of thirty patients. **International Tinnitus Journal**, v. 14, n. 2, p. 139–145, 2008.



Aluno: Felipe Balistieri Santinelli



Orientador: Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri