

Caracterização da relação neural
entre membro superior e inferior no
início da marcha em indivíduos
saudáveis

Ana Beatriz Silvestre Marafuga

Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha em indivíduos saudáveis

Ana Beatriz Silvestre Marafuga

11/2017

Escola Superior de Saúde

Instituto Politécnico do Porto

Ana Beatriz Silvestre Marafuga

Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha em indivíduos saudáveis

Dissertação submetida à Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia – Opção Neurologia, realizada sob a orientação científica da Professora Dra. Augusta Ferreira Silva, Professora Adjunta, da Área Técnico-Científica da Fisioterapia e sob coorientação da Professora Doutora Andreia Sousa e do Professor Doutor Rubim Santos.

Novembro de 2017

Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha em indivíduos saudáveis

Ana Beatriz Marafuga¹, Augusta Silva², Andreia Sousa², Rubim Santos³

¹ESS – Escola Superior de Saúde

²ATCFT – Área Técnico-Científica da Fisioterapia

³ATCF – Área Técnico-Científica da Física

biamarafuga@hotmail.com¹

Resumo

Introdução: Com base no conceito de neural coupling e sabendo que o *input* de um membro não influencia apenas o seu circuito segmentar adjacente, como também influencia componentes distantes da rede espinal, justifica-se a pertinência de explorar qual a relação entre músculos anatomicamente distantes, mas funcionalmente conectados na regulação de uma resposta extensora em função, como por exemplo o solear (SOL) e o braquiorradial (BRA). **Objetivo(s):** O presente estudo visa a caracterização da relação neural entre a atividade muscular do SOL e do BRA durante a sequência de ativação dos APA's da tibiotársica na iniciação da marcha em indivíduos saudáveis. **Métodos:** No presente estudo participaram nove indivíduos saudáveis que foram submetidos a uma avaliação da atividade muscular do SOL e BRA durante a tarefa de iniciar a marcha, com recurso à eletromiografia de superfície e à plataforma de forças. **Resultados:** Segundo os registos eletromiográficos dos músculos SOL e BRA, evidenciou-se uma correlação forte entre SOL e BRA do mesmo lado ($p \leq 0,05$ e rho de Spearman entre 0,71 e 0,90), sendo que a relação contralateral entre SOL direito e BRA esquerdo também se evidenciou forte com um rho de 0,80 e um valor de $p \leq 0,01$. **Conclusão:** Observou-se que em sete dos nove participantes existia uma coordenação neural entre os músculos SOL e BRA, no sentido da inibição, dentro da faixa temporal dos APA's na tarefa de iniciar a marcha.

Palavras-chave: Relação neural, coordenação neural entre membros, ajustes posturais antecipatórios, iniciar a marcha.

Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha
em indivíduos saudáveis

Abstract

Background: Based on the concept of neural coupling and knowing that the input of a member does not only influence its adjacent segmental circuit, but also influences distant components from the spinal network, the relevance of exploring the relationship between anatomically distant but functionally connected in the regulation of extensor response in function, such as soleus (SOL) and brachioradial (BRA). **Aim(s):** This study aims to characterize the neural coupling between the muscular activity of the SOL and BRA during the activation sequence of the APA's of the tibiotarsus in the initiation of gait in healthy subjects. **Methods:** In the present study, nine healthy individuals were submitted to an evaluation of the muscular activity of SOL and BRA during the task of initiation of gait, using surface electromyography and force platform. **Results:** According to the electromyographic data of the SOL and BRA muscles, a strong correlation was found between SOL and BRA on the same side ($p \leq 0.05$ and Spearman's rho between 0.71 and 0.90), and the contralateral relationship between the right SOL and the left BRA was also strong with a 0.80 and a value of $p \leq 0.01$. **Conclusion:** In conclusion, it was observed that in seven of the nine participants there was a neural coupling between SOL and BRA, for inhibition, within the temporal range of APA's in the task of initiation of gait.

Key words: Neural coupling, interlimb coordination, anticipatory postural adjustments, gait initiation.

1. Introdução

A realização de qualquer ação motora integrada nos mais variados contextos onde se desenrola o movimento Humano, carece de um adequado Controlo Postural (CP) (Bigongiari et al., 2011; MacKinnon et al., 2007). Este, permite ajustar a orientação e a estabilidade postural face à constante variação das múltiplas variáveis biomecânicas decorrentes da interação com o contexto onde uma determinada tarefa ocorre (Lundy-Ekman, 2008).

No âmbito da Estabilidade Postural, definida como a capacidade de controlar o centro de massa em relação à base de suporte (Shumway-Cook & Woolacott, 2012), estão integrados os Ajustes Posturais Antecipatórios (APA's) (Plate, Klein, Pelykh, Singh & Bötzel, 2016). A variação desta atividade muscular pode ocorrer, segundo Shiratori e Latash (2001) entre os 250 ms antes do evento mecânico até aos 50 ms após o evento. Esta variação, prévia ao recrutamento de músculos que atuam como motores primários (Ruget et al., 2008) para o movimento, implica o envolvimento de áreas motoras encefálicas como a área motora suplementar (SMA) (Jacobs et al., 2009; Yoshida et al. 2008; Arya & Pandian, 2014) e o córtex pré-motor (PMC) (Chang et al., 2010). Estas áreas motoras corticais são essenciais para o CP, devido às suas conexões com a formação reticular e os núcleos pedúnculo pontinos (Lemon, 2008). Sabe-se ainda que uma lesão entre estruturas encefálicas em níveis corticais e/ou sub-corticais interfere com o CP e consequentemente com a coordenação entre membros já reportada em indivíduos Acidentes Vasculares Encefálicos (Kline, Schmit, & Kamper, 2007) e com Doença de Parkinson (Delval, Tard & Defebvre, 2013).

No processo de neuro-reabilitação tem vindo a dar-se cada vez mais ênfase a estratégias que potenciem esta coordenação entre membros assim como a sua integração em tarefas funcionais. Esta coordenação entre membros, já descrita como uma simples coordenação reflexa entre membros inferiores (MI's) durante a marcha (Dietz V., 2002), tem sido também reportada como uma relação flexível entre os quatro membros (Fang, Xie & Yang, 2014).

Este conceito assenta nos princípios da Interconectividade Neural (IN), o que nos remete para os sistemas reticuloespinal e vestibuloespinal, pelo limiar de excitabilidade dos motoneurónios e interneurónios (Mukherjee & Chakravarty, 2010).

Em termos neurofisiológicos, sabe-se que o sistema reticular se encontra particularmente relacionado com a capacidade de recrutar de forma adequada os APA's (Schepens, Stapley & Drew, 2008), enquanto que a função do sistema vestibular se prende com a capacidade de recrutar neurónios motores extensores (J. Rothwell, 2009). No entanto, existe uma constante necessidade de modular esta resposta extensora em função do *input* proprioceptivo aferente que chega ao cerebelo (Kierman, 2005; Siegel & Sapru, 2011), sendo a resposta extensora modulada com base na conexão neural reticulo-cerebelo-vestibular.

A capacidade para modular a atividade extensora é notória em tarefas funcionais onde se realiza uma variação da transferência de carga, como por exemplo no Início da Marcha (IM), em que necessitamos de “deixar de estar parados” e para tal há que modular adequadamente esta resposta extensora, para permitir que se entre num padrão de flexão (Silva et al., 2012).

Ao nível dos MI, esta modulação manifesta-se segundo uma sequência de ativação de APA's, na qual a atividade do músculo tibial anterior precede uma diminuição da atividade do músculo SOL, sendo este um músculo antigravítico (Silva, et al., 2013). Relativamente aos membros superiores (MS), Holmes e Keir (2014) afirmam que o músculo braquiorradial (BRA) é ativado em tarefas funcionais contra a gravidade, sendo deste modo pertinente avaliar qual o seu comportamento face à inibição do SOL. Sabendo que atualmente o *input* de um membro não influencia apenas o seu circuito segmentar adjacente, como também influencia componentes distantes da rede espinal (Meyns, Bruijn, & Duysens, 2013), justifica-se a pertinência de explorar qual a relação entre músculos anatomicamente distantes, mas funcionalmente conectados na regulação de uma resposta extensora em função, como por exemplo o SOL e o BRA.

O presente estudo, ao caracterizar qual a relação neural entre MS e MI numa sequência de ativação de APA's, poderá futuramente sustentar estudos em indivíduos com patologia, bem como emergir estratégias de intervenção no âmbito da Fisioterapia em indivíduos com défices de CP.

Deste modo, o objetivo do estudo é **caracterizar a relação neural entre a atividade muscular do SOL e do BRA durante a sequência de ativação dos APA's da tibiotársica na iniciação da marcha em indivíduos saudáveis.**

2. Métodos

2.1. Amostra

O presente estudo consiste num estudo observacional analítico. Participaram neste estudo 9 indivíduos que foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: idade superior a 20 anos e ausência de qualquer condição clínica do foro neurológico, cardiovascular, músculo esquelético e vestibular. Foram excluídos todos os indivíduos que apresentaram alguma condição patológica, bem como indivíduos que utilizassem auxiliares e/ou outras ajudas técnicas durante a tarefa funcional solicitada.

Na tabela I encontra-se a caracterização dos participantes do estudo relativamente às suas medidas antropométricas e respetivos dados clínicos.

Participante	Género	Idade	Peso	Altura	IMC
A	F	20	60	164	22,3
B	M	34	86	179	26,8
C	F	40	68	165	25,0
D	F	34	67	177	21,4
E	F	23	57	151	25,0
F	F	38	64	166	23,2
G	F	25	57	164	21,2
H	F	21	73	175	23,8
I	F	34	57	164	21,2

Tabela I - Caracterização dos participantes quanto ao género (M- masculino; F- feminino), idade (anos), peso (Kg), altura (cm) e IMC.

2.2. Instrumentos

2.2.1. Eletromiografia de superfície

Como forma de avaliar o tempo de variação da atividade muscular recorreu-se ao registo de Eletromiografia (EMG) de superfície, tendo sido utilizado o dispositivo wireless BioPlux Research (Plux® Lda., Portugal). Durante as avaliações, aplicaram-se elétrodos adesivos Dahlausen 505 de cloreto de prata (AgCl), com 10 mm de tamanho e forma circular, com uma configuração bipolar e distância de 20 mm entre as duas superfícies de deteção (Correia & Mil-Homens, 2004; Matias, Batata, Morais, Miguel, & Estiveira,

2006). Para confirmar a impedância cutânea recorreu-se ao medidor Noraxon® (Noraxon, Scottsdale Arizona) (Correia & Mil-Homens, 2004) e os sinais da EMG foram analisados no Analysis Software Acqknowledge® versão 3.9 (sampling: 1000 Hz) (BIOPAC Systems, Inc., Goleta, USA).

2.2.2. Plataforma de Forças

Para registar o deslocamento do centro de massa durante a tarefa utilizaram-se duas Plataformas de Forças Bertec®, embutidas no solo (Bertec Corporation, modelo FP4060-10 e FP4060-08, com sede em 6185 Huntley Road, Suite B, Columbus, OH 43229, EUA) e conectadas a um amplificador Bertec AM 6300 com uma frequência de amostragem de 1000Hz. O amplificador encontrava-se ligado a um conversor analógico/digital de 16 bits (Biopac). Os dados gerados pelas plataformas foram adquiridos através do sistema Qualisys Track Manager (Qualisys AB, com sede em Packhusgatan 6, Gothenburg – Sweden) (Sousa, Silva, & Santos, 2015).

2.3. Procedimentos

2.3.1. Avaliação

A avaliação laboratorial foi realizada no Centro de Estudos de Movimento e Atividade Humana (CEMAH) da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto (ESS-IPP) entre Maio e Julho de 2017. Durante as recolhas foi solicitado a todos os participantes que vestissem calções e top, no caso das participantes do género feminino, e utilizassem o seu calçado habitual (sendo que entre recolhas foi utilizado sempre o mesmo calçado). Foi adotada uma posição confortável para os pés sem que a largura escolhida não ultrapassasse a largura dos ombros (Duarte & Freitas, 2010) e registado em papel o contorno de ambos os pés para cada repetição.

2.3.2. EMG

Previamente à recolha de EMG foram garantidos todos os procedimentos para preparação da pele e colocação dos elétrodos, de modo a maximizar a passagem do sinal de acordo com valores iguais ou inferiores a 5 K Ω . Para uma maior deteção do sinal, foram depiladas as zonas em estudo, bem como removidas as células mortas com um gel específico, e posteriormente feita uma limpeza da superfície cutânea com algodão e álcool. Este processo teve por base a localização exata das referências anatómicas para uma

colocação precisa dos elétrodos ao nível do SOL e BRA, sendo que a sua localização foi confirmada através da palpação dos ventres musculares (Criswell, 2014).

Músculo	Local de Colocação do Eléttrodo
SOL	2 cm distalmente ao bordo inferior do ventre muscular do GM e 2 cm medialmente à linha média posterior do MI (SENIAM, 2016).
GM	Protuberância mais proeminente do músculo (SENIAM, 2016).
BRA	Ventre muscular 4 cm abaixo do epicôndilo lateral do úmero, na face ântero-lateral do antebraço (Criswell, 2014).
Eléttrodo Terra	Rótula (SENIAM, 2016).

Tabela II – Referências anatômicas utilizadas para a colocação dos eléttrodos na EMG.

Previamente à realização das tarefas funcionais foi feito um registo da posição inicial durante 60 segundos (Perlmutter, Lin, & Makhsous, 2010), com os MS dos indivíduos ao longo do corpo e o olhar orientado para um sinal específico colocado a 2 metros de distância (Genthlon, Vuillerme, Monnet, Petit, & Rougier, 2007). Antes de ser dado o comando verbal para início das tarefas, os participantes foram ainda instruídos no sentido de realizar cada uma das tarefas sem recurso ao uso dos MS e sem modificar a posição dos pés entre as repetições (Silva et al., 2013). Registaram-se três repetições válidas de cada tarefa, com 1 minuto de repouso entre elas (Silva et al., 2013). O sinal EMG foi recolhido simultaneamente em ambos os membros, tendo-se verificado a qualidade do sinal obtido (Correia & Mil-Homens, 2004).

Na preparação da tarefa “iniciar a marcha”, os participantes foram instruídos para após o comando verbal – “caminhe” – iniciarem a sua marcha. Foi deixado ao critério dos participantes a escolha de avançarem o pé que preferissem, de modo a tornar a tarefa o mais espontânea e realista possível. No entanto, entre as repetições foi garantido que o pé a avançar primeiro fosse sempre o mesmo (Dessery, Barbier, Giller, & Corbeil, 2011).

2.3.3. *Análise de Dados*

Após a recolha dos dados eletromiográficos, estes foram sincronizados com os dados da plataforma de forças, recorrendo ao software Matlab (MathWorks®, Madrid, Spain), sendo posteriormente processados através da versão 3.9 do software Acqknowledge®. Em seguida, aplicou-se um filtro *Butherworth* de segunda ordem ao sinal eletromiográfico com um *band-pass filter* entre 20 e 450Hz, tendo sido aferido o valor do *root mean square* numa janela deslizante de 100 amostras. Recorreu-se ainda a um filtro

low pass Butherworth de segunda ordem de 20Hz ao sinal do centro de pressão (Billot, Simoneau, Hoecke, & Martin, 2010; Lamontagne, Malouin, & Richards, 2001). Teve-se ainda em conta a componente ântero-posterior da força de reação ao solo, tendo sido utilizado o vetor deste componente para se determinar o momento inicial das sequências de movimento (T0). Definiu-se este momento como o intervalo de tempo, com uma duração mínima de 50 ms, durante o qual o valor do componente referido variava face à média do seu valor basal, mais ou menos três desvios padrão ($M \pm 3DP$) (Sousa, Silva, & Santos, 2015).

Através do sinal de EMG foi identificado o tempo de variação da atividade dos músculos SOL e BRA, tendo-se optado pelo intervalo entre -500 a -450 ms antes de T0 para a análise da média e do desvio padrão da atividade basal (Silva, et al., 2013). O tempo de ativação muscular foi calculado através do intervalo de tempo em que o sinal eletromiográfico foi igual ou superior à $M+2DP$, durante um período igual ou superior a 50 ms, e o tempo de inibição muscular baseou-se no facto do sinal apontar para um valor menor ou igual à $M-2DP$, com um período também de pelo menos 50 ms (Dickstein, Shefi, Marcovitz, & Villa, 2004; Krishan, Latash, & Aruin, 2012; Silva, et al., 2013). O tempo de ativação ou inibição muscular teve por base o valor médio obtido pela diferença de tempo entre o início da atividade do SOL e BRA e o T0 das três repetições (Dickstein, Shefi, Marcovitz, & Villa, 2004). Os dados recolhidos, tanto da EMG como das plataformas de força, foram coletados a 1000 Hz.

2.4. Ética

O presente estudo encontra-se inserido no projeto “Reorganização do Controlo Postural”, tendo sido todas as questões éticas previamente avaliadas e aprovadas pela Comissão de Ética da ESS-IPP, pelo Presidente da ESS e pelo diretor do CEMAH. Todos os participantes foram informados acerca dos objetivos e procedimentos, tendo estes assinado uma Declaração de Consentimento Informado baseado na Declaração de Helsínquia, onde estava patente a possibilidade de recusar a sua participação no estudo e a garantia da confidencialidade dos dados recolhidos (Anexo A).

2.5. Estatística

A análise estatística foi realizada através do programa IMB SPSS Statistics 24. Introduziram-se no programa as variáveis em estudo diferenciadas pela sua lateralidade (SOL Direito e Esquerdo e BRA Direito e Esquerdo), com o objetivo de verificar qual a correlação entre elas. Para tal, recorreu-se ao Teste de Correlação de Spearman, uma vez que o $N < 10$ e o intuito era verificar qual a relação existente entre as variáveis em estudo. Utilizou-se um intervalo de confiança de 95% com um nível de significância de 0.05.

3. Resultados

Segundo os registos eletromiográficos dos músculos SOL e BRA, evidenciou-se um recrutamento muscular tendencialmente no sentido da inibição. Verificou-se assim que perante a inibição do SOL, o músculo BRA apresenta uma variação da sua atividade no mesmo sentido.

Os resultados dos tempos de ativação e/ou inibição de ambos os músculos encontram-se descritos no Gráfico I para todos os participantes do estudo.

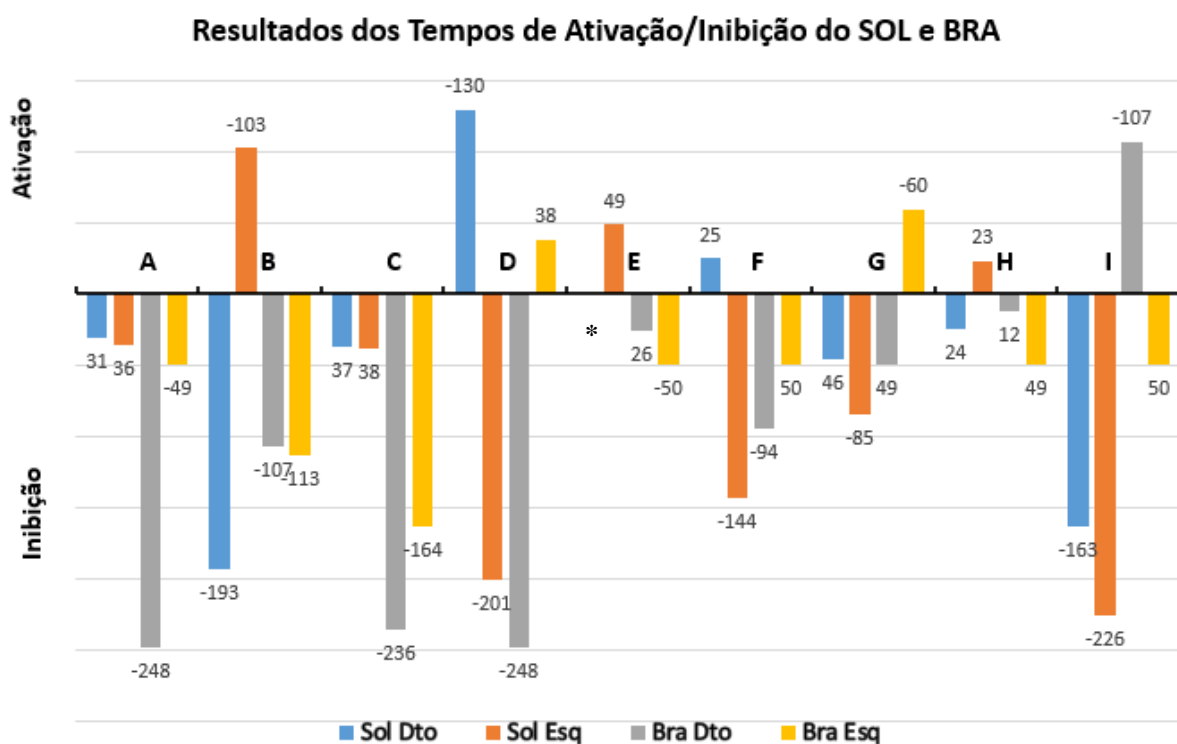


Gráfico I – Resultados eletromiográficos dos tempos de ativação/inibição (ms) do SOL e BRA na tarefa de Iniciar a Marcha nos 9 participantes incluídos no estudo.

* No participante E o SOL direito não evidenciou uma variação da sua atividade no intervalo dos APA's.

Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha em indivíduos saudáveis

Em sete dos nove participantes foi evidente uma variação da atividade muscular do SOL e BRA no sentido da inibição. No participante E o SOL direito não demonstrou qualquer variação da sua atividade na faixa temporal dos APA's, apesar de ter realizado adequadamente a atividade e ter iniciado mesma também com o MI direito.

Face às correlações encontradas entre o músculo SOL e o BRA, os resultados com base no valor do rho de Spearman e no valor de p encontram-se expostos na tabela III.

	SOL Dto	SOL Esq	BRA Dto	BRA Esq
SOL Dto		,583	,750	,800
		p = ,099	p = <u>,020</u> *	p = <u>,010</u> **
SOL Esq	,583		,150	,817
	p = ,099		p = ,700	p = <u>,007</u> **
BRA Dto	,750	,150		,517
	p = <u>,020</u> *	p = ,700		p = ,154
BRA Esq	,800	,817	,517	
	p = <u>,010</u> **	p = <u>,007</u> **	p = ,154	

* Correlação significativa ao nível de 0,05 (bilateral)

** Correlação significativa ao nível de 0,01 (bilateral)

Tabela III – Correlações entre SOL e BRA com base no rho de Spearman e no valor de p.

Relativamente à análise estatística, verificou-se uma correlação forte entre SOL e BRA do mesmo lado ($p \leq 0,05$ e rho de Spearman entre 0,71 e 0,90), sendo que a relação contralateral entre SOL direito e BRA esquerdo também se evidenciou forte com um rho de 0,80 e um valor de $p \leq 0,01$ (Marôco, 2014).

4. Discussão

O presente estudo focou-se na caracterização da relação neural entre a atividade muscular do SOL e do BRA durante a sequência de ativação dos APA's da tibiotársica na tarefa de iniciar a marcha em indivíduos saudáveis.

Neste sentido, foi possível verificar que os músculos SOL e BRA evidenciaram um recrutamento muscular tendencialmente no sentido da inibição e que existe uma correlação forte entre ambos os músculos do mesmo lado e entre SOL direito e BRA esquerdo. Considerando os princípios de interconectividade neural e tendo em conta que para iniciar a marcha é necessário que o músculo SOL iniba a sua atividade para que ocorra uma ativação do músculo tibial anterior (Silva, et al., 2013), foi importante compreender que a variação do padrão de atividade do BRA ocorreu também no sentido da inibição, numa tarefa em que a regulação da extensão é imprescindível para um adequado CP. Relativamente à existência de uma correlação forte entre SOL e BRA do mesmo lado e entre SOL direito e BRA esquerdo, o facto de todos participantes terem iniciado a tarefa com o MI direito pode estar relacionado com a conexão neural entre SOL direito e BRA esquerdo. Sabe-se ainda que os MS interagem contextualmente com os MI durante o iniciar e no decorrer da marcha, num padrão de dissociação de cinturas em função (Arya & Pandian, 2014).

Com base no padrão de inibição que ambos os músculos evidenciaram, bem como na conexão neural entre estes, poderá vir a sustentar-se que o aumento da atividade de outros músculos envolvidos nos APA's poderá ser precedida por uma inibição de músculos predominantemente antigravíticos, como o SOL e o BRA.

O conceito de relação neural entre MS e MI encontra-se subjacente aos resultados pela coordenação existente entre dois músculos antigravíticos que se encontram anatomicamente distantes, mas funcionalmente conectados numa ampla e complexa rede neural. No entanto, este conceito encontra-se ainda pouco explorado na literatura. Até ao presente momento, foram realizados estudos no sentido de verificar qual o papel da velocidade do movimento na coordenação entre membros (Huang & Ferris, 2009), outros analisaram o papel dos APA's na regulação do músculo SOL (Silva, et al., 2012; Silva, et al., 2013; Sousa, Silva, & Santos, 2015), outros englobaram a análise dos APA's no MS, mas recaem somente sobre as alterações de coordenação e movimento durante o gesto de alcance (Champion, Barber, & Lynche-Ellerington, 2009), não existindo ainda estudos que

contemplem o papel dos APA's em MS e MI, o que aponta para a pertinência desta caracterização.

Compreender o comportamento do SOL e do BRA durante tarefas em que é necessário regular a atividade extensora, como iniciar a marcha, pode contribuir para a seleção de estratégias no âmbito da neuroreabilitação em indivíduos com défices de CP, nomeadamente na população com Acidente Vascular Encefálico ou com Doença de Parkinson. Demonstrar que existe uma ligação neural específica entre MS e MI, pode vir ainda a sustentar com maior robustez estratégias de intervenção que valorizem a pertinência de envolver funcionalmente os quatro membros e o tronco perante um indivíduo com défices de CP.

De salientar ainda que a variação da atividade muscular neste estudo foi analisada de acordo com uma janela temporal específica pela ocorrência de APA's, entre -250 ms até 50 ms após o evento (Shiratori & Latash, 2001; Krishnan, Latash, & Aruin, 2012), sendo que seria igualmente interessante, em futuros estudos, verificar qual o comportamento destes músculos na janela temporal dos "*Early postural Adjustments*" (EPA's), ou seja de -400 a -500 ms. Demonstrar sequencialmente as variações de atividade entre APA's e EPA's, suportaria a importância da adequação de dois componentes de preparação postural (Krishnan, Latash & Aruin, 2012).

Sugere-se, ainda, estudos que caracterizem esta relação numa amostra maior tanto em indivíduos saudáveis como patológicos, bem como investigações que abranjam vários grupos musculares, contemplando sinergias musculares específicas (Latash & Huang, 2015).

Com base em estudos recentes, sabe-se também que existem alterações na capacidade de regulação da atividade muscular antigravítica em indivíduos com diagnóstico de AVE (Silva, et al., 2012; Silva, et al., 2013; Sousa, Silva, & Santos, 2015) e indivíduos com Doença de Parkinson (Plate, Klein, Pelykh, Singh & Bötzel, 2016), pelo que seria igualmente pertinente caracterizar a relação neural entre sinergias musculares no MS face ao MI nestas populações, com o intuito de clarificar quais as estratégias de intervenção mais adequadas no processo de reabilitação destes utentes.

Averiguar qual a preponderância de um programa de neuroreabilitação específico a cada indivíduo nos tempos de ativação e/ou inibição muscular é imperativo e extremamente pertinente, pois poderá modificar positivamente a prática clínica de inúmeros profissionais de saúde.

Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha
em indivíduos saudáveis

Apesar das limitações que o presente estudo apresenta relativamente ao tamanho da amostra, foi observada na linha temporal dos APA's uma relação neural entre o músculo SOL e o músculo BRA, caracterizada por um padrão tendencialmente no sentido da inibição da atividade muscular. Dado que existe uma grave lacuna no estudo dos APA's face à relação neural entre MS e MI, o tema deste estudo torna-se particularmente inovador, sendo importante dar continuidade a investigações desta natureza.

5. Conclusão

Com o presente estudo foi possível verificar que os músculos SOL e BRA evidenciaram um recrutamento muscular tendencialmente no sentido da inibição, tendo-se evidenciado que perante a inibição tónica do músculo SOL o BRA exibe uma variação da sua atividade no mesmo sentido. Verificou-se ainda uma correlação forte entre ambos os músculos do mesmo lado e entre SOL direito e BRA esquerdo.

De um modo geral, foi possível observar em sete dos nove participantes uma coordenação neural entre os músculos SOL e BRA, no sentido da inibição, dentro da faixa temporal dos APA's na tarefa de iniciar a marcha.

6. Agradecimentos

Agradeço aos participantes do presente estudo, que permitiram a realização e publicação do mesmo.

7. Referências Bibliográficas

Arya, K. & Pandian, S. (2014). Interlimb neural coupling: Implications for poststroke hemiparesis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 57(9-10), pp.696-713.

Bigongiari, A, Souza, F, Franciulli, PM, Neto, SER, Araujo, RC, Mochizuki, L. 2011. Anticipatory and compensatory postural adjustments in sitting in children with cerebral palsy. *Human Movement Science* 30:3 648-657.

Billot, M., Simoneau, E., Hoecke, V., & Martin, A. (2010). Coactivation at the ankle joint is not sufficient to estimate agonist and antagonist mechanical contribution. *Muscle & Nerve*, 41(4), 511-518.

Champion, J., Barber, C., & Lynche-Ellerington, M. (2009). Recovery of Upper Limb Function. In 2009, *Bobath Concept: theory and clinical practice in neurological rehabilitation*. UK: Wiley-Blackwell.

Chang, W-H, Tang, P-F, Wang, Y-H, Lin, K-H, Chiu, M-J, Chen, S-HA. 2010. Role of the premotor cortex in leg selection and anticipatory postural adjustments associated with a rapid stepping task in patients with stroke. *Gait & Posture* 32:4 487-493.

Correia, P. P., & Mil-Homens, P. (2004). *A Electromiografia no Estudo do Movimento Humano* (F. d. M. Humana. Ed.). Lisboa.

Criswell, E. (2014). *Cram's Introduction to Surface Electromyography*. USA: Jones & Bartlett Learning.

Delval, A., Tard, C. & Defebvre, L. (2014). Why we should study gait initiation in Parkinson's disease. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 44(1), pp.69-76.

Dessery, Y., Barbier, F., Giller, C., & Corbeil, P. (2011). Does lower limb preference influence gait initiation? *Gait Posture*, 33, 550-555.

Dickstein, R., Shefi, S., Marcovitz, E., & Villa, Y. (2004). Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in poststroke hemiparetic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(2), 261-267.

Dietz, V. (2002). Do human bipeds use quadrupedal coordination? *Trends Neurosci*, 25, 462-467.

Dietz, V., & Schrafl-Altermatt, M. (2016). Control of functional movements in healthy and post-stroke subjects: Role of neural interlimb coupling. *Clinical Neurophysiology*, 2286-2293.

Duarte, M., & Freitas, S. (2010). Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revisão Brasileira de Fisioterapia*, 14(3), 186-92.

Elble, R., Moody, C., Leffler, K. and Sinha, R. (2004). The initiation of normal walking. *Movement Disorders*, 9(2), pp.139-146.

Fang, J., Xie, L. and Yang, G. (2014). Review on the interlimb neural coupling and its potential usage in walking rehabilitation. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 19(5), pp.561-564.

Genthlon, N., Vuillerme, N., Monnet, J., Petit, C., & Rougier, P. (2007). Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke. *Clin Biomech*, 22(9), 1024-1029.

Haines, D.E. (2006). *Neurociência Fundamental para aplicações práticas e clínicas* (3ªed.). Churchill Livingstone Elsevier.

Holmes, M., & Keir, P. (2014). Muscle contributions to elbow joint rotational stiffness in preparation for sudden external arm perturbations. *J Appl Biomech*, 30(2), 282-289.

Huang, H. & Ferris, D. (2009). Upper and Lower Limb Muscle Activation Is Bidirectionally and Ipsilaterally Coupled. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(9), pp.1778-1789.

Jacobs, JV, Lou, JS, Kraakevik, JA, Horak, FB. 2009. The supplementary motor area contributes to the timing of the anticipatory postural adjustment during step initiation in participants with and without Parkinson's disease. *Neuroscience* 164:2 877-885.

Jian, Y., Winter, D., Ishac, M. and Gilchrist, L. (1993). Trajectory of the body COG and COP during initiation and termination of gait. *Gait & Posture*, 1(1), pp.9-22.

Kierman, J. (2005). *The Human Nervous System an anatomical view point*. USA: W. Wilkins Ed.

Kline, T., Schmit, B., & Kamper, D. (2007). Exaggerated interlimb neural coupling following stroke. *Brain*, 159-169.

Krishan, V., Latash, M., & Aruin, A. (2012). Early and late components of feed-forward postural adjustments to predictable perturbations. 135(5).

Krishnan, V., Latash, M. L., & Aruin, A. S. (2012). Early and late components of feed-forward postural adjustments to predictable perturbations. *Clin Neurophysiol*, 123(5), 1016-1026. doi:10.1016/j.clinph.2011.09.014

Lamontagne, A., Malouin, F., & Richards, C. (2001). Locomotor-specific measure of spasticity of plantarflexor muscles after stroke. *Ach Phys Med Rehabil*, 82(12), 1696-170.

Latash, M. and Huang, X. (2015). Neural control of movement stability: Lessons from studies of neurological patients. *Neuroscience*, 301, pp.39-48.

Lemon, R. (2008). Descending pathways in motor control. Annual review of neuroscience. *Annu Rev Neurosci.*, 31, 195-218.

Lundy-Ekman, L. (2008). Neurociência: fundamentos para a reabilitação. Brasil: Elsevier.

MacKinnon et al. (2007). Preparation of Anticipatory Postural Adjustments Prior to Stepping. *Journal of Neurophysiology*, 97, pp.4368–4379.

Marôco, J. (2014). Análise Estatística com o SPSS Statistics (6ª Edição). Report Number.

Matias, R., Batata, D., Morais, D., Miguel, J., & Estiveira, R. (2006). Estudo do Comportamento Motor dos Músculos Deltóide, Trapézio, e Grande Dentado Durante a Elevação do Braço em Sujeitos Assintomáticos. *EssFisioOnline*, 2, 3-23.

Meyns, P., Bruijn, S., & Duysens, J. (2013). The how and why of arm swing during human walking. *Gait Posture*, 38(4), 555-562.

Mukherjee, A., & Chakravarty, A. (2010). Spasticity mechanisms - for the clinician. *Front Neurol*, 1, 149. doi:10.3389/fneur.2010.00149.

Perlmutter, S., Lin, F., & Makhsous, M. (2010). Quantitative analysis of static sitting posture in chronic stroke. *Gait Posture*, 32(1), 53-56.

Plate, A., Klein, K., Pelykh, O., Singh, A. & Bötzel, K. (2016). Anticipatory postural adjustments are unaffected by age and are not absent in patients with the freezing of gait phenomenon. *Experimental Brain Research*, 234(9), pp.2609-2618.

Rothwell, J. (2009). Meet the brain neurophysiology. *Int Rev Neurobiol*, 86, 51-65.

Ruget, H, Blouin, J, Teasdale, N, Mouchnino, L. 2008. Can prepared anticipatory postural adjustments be updated by proprioception? *Neuroscience* 155:3 640-648.

Schepens, B., Stapley, P., & Drew, T. (2008). Neurons in the pontomedullary reticular formation signal posture and movement both as an integrated behavior and independently. *Journal of neurophysiology*, 2235-2253.

SENIAM. (2016, Setembro 17). SENIAM. Retrieved from SENIAM.org: <http://www.seniam.org/>

Shiratori, T., & Latash, M. L. (2001). Anticipatory postural adjustments during load catching by standing subjects. *Clinical Neurophysiology*, 112(7), 1250-1265. doi:10.1016/s1388-2457(01)00553-3.

Shumway-Cook, A., & H. Woollacott, M. (2012). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.

Siegel, A., & Sapru, H. (2011). *Essential Neuroscience*. L. W. Wilkins Ed.

Silva, A., Sousa, A., Pinheiro, R., Ferraz, J., Tavares, J., Santos, R., & Sousa, F. (2013). Activation timing of soleus and tibialis anterior muscles during sit-to-stand and stand-to-sit in post-stroke vs. healthy subjects. *Somatosens Mot Res*, 48-55.

Silva, A., Sousa, A., Pinheiro, R., Tavares, J., Santos, R., & Sousa, F. (2012). Soleus activity in post-stroke subjects: Movement sequence from standing to sitting. *Somatosensory and Motor Research*, 29(3), 71-76.

Silva, A., Sousa, A., Silva, C., Tavares, J., Santos, R., & Sousa, F. (2015). Ankle antagonist coactivation in the double-support phase of walking: Stroke vs. healthy subjects. *Somatosens Mot Res*, 32(3), 153-157.

Sousa, A., Silva, A., & Santos, R. (2015). Ankle anticipatory postural adjustments during gait initiation in healthy and post-stroke subjects. *Clin Biomech*, 30, 960-965.

Yoshida, S, Nakazawa, K, Shimizu, E, Shimoyama, I. 2008. Anticipatory postural adjustments modify the movement-related potentials of upper extremity voluntary movement. *Gait & Posture* 27:1 97-102.

Anexo A – Declaração de Consentimento Informado



Declaração de Consentimento Informado

Conforme a lei 67/98 de 26 de Outubro e a “Declaração de Helsínquia” da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996, Edimburgo 2000; Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008)

Designação do Estudo: “Caracterização da relação neural entre membro superior e inferior no início da marcha em indivíduos saudáveis”.

Eu, abaixo-assinado _____
(Nome completo do participante) compreendi a explicação que me foi prestada sobre os objetivos, os métodos e o possível desconforto durante a avaliação do estudo em que serei incluído. Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos participantes são confidenciais e que será mantido o anonimato. Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto. Compreendi a informação que me foi dada, tive a oportunidade de fazer questões e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Assim, aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado e autorizo também a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Data: ___/___/___

Assinatura: _____

O investigador responsável: _____

(Assinatura)