



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**Cinemática escapular 3-D e ativação muscular em indivíduos  
com hemiparesia crônica:  
Implicações para a reabilitação do membro superior pós-AVE**

**MAÍRA CAROLINA LIXANDRÃO**

**SÃO CARLOS**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**Cinemática escapular 3-D e ativação muscular em indivíduos  
com hemiparesia crônica:  
Implicações para a reabilitação do membro superior pós-AVE**

**MAÍRA CAROLINA LIXANDRÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Fisioterapia.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Tania de Fátima Salvini**

**Apoio financeiro:**

**FAPESP:** Bolsa de Doutorado Direto no país [Processo N° 2014/00200-2] e Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) [Processo N° 2015/16744-4].

**CAPES:** Bolsa de Mestrado – vigência – 01/03/2013 a 31/05/2014.

**SÃO CARLOS**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Maira Carolina Lixandrão, realizada em 10/11/2017:

---

Profa. Dra. Tania de Fatima Salvini  
UFSCar

---

Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira  
UFSCar

---

2/ Profa. Dra. Christina Danielli Coelho de Moraes Faria  
UFMG

---

Prof. Dr. Thiago Luiz de Russo  
UFSCar

---

Prof. Dr. Abrahão Fontes Baptista  
UFBA

Dedico este trabalho a todos que acreditam que por meio da educação podemos tornar o mundo um lugar melhor e a todos que me acompanharam nessa caminhada, em especial, minha família.



## Agradecimentos

Acredito que seja muito difícil expressar de forma resumida meus agradecimentos a tantas pessoas que estiveram presentes nessa caminhada e que a tornaram tão especial. Por isso peço paciência ao leitor, pois essa é uma parte fundamental do meu trabalho, e sem essas pessoas, nada disso seria possível.

Primeiramente quero agradecer a Deus e meus guias protetores, que me deram forças para concluir essa caminhada.

Aos meus pais. Nem uma tese de Doutorado inteira seria suficiente para agradecer por tudo que vocês fizeram e fazem por mim. Obrigada por todo o incentivo e amor incondicional. **Pai (Anselmo) e Mãe (Silvana)** vocês são meus exemplos de força, humanidade, persistência, luta, amor, resiliência, caridade, dedicação, altruísmo e trabalho duro. Meu maior desejo é que, com todo meu estudo, eu consiga fazer o bem para pelo menos metade das pessoas que vocês fazem. Obrigada por tudo.

À toda a **minha família**, que sempre esteve por perto, mesmo à quilômetros de distância. Obrigada por torcerem pelo meu sucesso e se preocuparem comigo. Ao meu irmão **Manoel**, meu muito obrigada por ser meu exemplo e inspiração. Obrigada pela parceria desde as molecagens de criança até as conquistas de gente grande. Foi sempre muito bom compartilhar com você as conquistas acadêmicas, o ingresso no vestibular em 2008 e o ingresso no mestrado em 2013. Agora espero contribuir ao menos com 40% de todos os Lixandrão et al. no Pubmed. Ao meu namorado e melhor amigo, **Mateus**. Muito obrigada por toda a paciência e compreensão durante esse processo. Obrigada por me incentivar sempre e por dividir aquela cerveja artesanal e me fazer rir, pessoalmente ou por Skype, nos momentos mais tensos do Doutorado. Obrigada por me fazer querer ser uma pessoa melhor e transformar o mundo em um lugar melhor.

À minha orientadora, **Tania Salvini**, pela oportunidade de realizar um projeto em que eu acredito. Obrigada pela orientação, conselhos, cobranças e anseios para que eu me tornasse uma profissional melhor. Você é, sem dúvida, uma inspiração como profissional e como pessoa, e é a certeza de que existem pessoas maravilhosas que lutam por um mundo melhor.

À minha coorientadora, **Paula Camargo**, agradeço pela paciência e por manter a porta da sua sala sempre aberta, em todos os momentos em que precisei. Agradeço pelas críticas, que foram sempre muito construtivas e me fizeram crescer. Você é um grande exemplo de excelência profissional.

Aos professores especiais que passaram por minha vida acadêmica. À minha eterna mãe acadêmica **Christiane Prado-Medeiros**. Chris, muito obrigada por ter me incentivado tanto, desde o início. Eu devo grande parte de todas as coisas boas que me aconteceram durante o Doutorado a você. Obrigada pela paciência, pelo carinho, pela alegria com minhas conquistas. Obrigada por ser a pessoa excepcional que você é, uma excelente profissional e uma professora que ensina com amor. Aos professores **Bia** e **Thiago**, que sempre permaneceram solícitos às minhas dúvidas e questionamentos e que sempre salvaram essa pobre alma que é apaixonada por Neuro e sinais biológicos. Thiago, obrigada pela visão neurológica dada ao meu projeto. Bia, obrigada por salvar o MatLab da tela com escritos em vermelho.

To my advisors at the University of Minnesota, **Bernadette Gillick** and **Teresa Kimberley**, that supervised me during my BEPE fellowship. Working with two of the greatest researchers in the Neuromodulation field was one of the best experiences of my life. I am honored to have been made part of the Brain Plasticity Lab. Thank you for all your patience and your guidance in every aspect of my academic life. All your lessons and advices made me grown as a professional and as a person. Now I am a Minnesotan thicker skin. In addition, I would like to thank **Jim Carrey**, who is one of the best professors that I ever had. Thank you for your excellence and good will to spread your knowledge. To **Mo** who was a tough teacher and an amazing partner. Thank you for sharing your knowledge with me.

To the **Brain Plasticity Lab**, Cecília, Chao-Ying, Daniele, Danielle, Mo, Leo, Jerel, Prya, Kate, Bekah, Maureen, Tonya, Dan and Sam, thank you so much to welcome me so nicely and keep me warm in the cold winter of Minneapolis. You all made my work easier and made me feel at home. In special to **Cecília** and **Chao-ying**. My big sisters, thank you for opening your houses and your hearts for me. Thank you for having me on your sofas when I had no home. Thank you for the laughs, movies, brunches, foods, drinks, rides, trips, hugs, advices, data collection, shared stress, b-day parties, partnership and friendship. I will never be able to express how grateful I am to have had you two in my life. Our friendship will go beyond the PhD and we will do great things together. Cecília, brigadu demais. Chao-ying, xie xie (谢谢).

To the international friends, Dayana, Ricardo, Marc, Vika, Kevin, Macy, Nidia, Diego, Yi Jie and Sven, thank you to have made my staying in Minneapolis so much fun. There is no meaning in life without friends, so thank you for sharing so many good

moments with me. In special to my Tandem partner **Dayana**, who is one of the best person that I ever met. Thank you Dayana for all your lessons and your friendship. I will wait for you to our Brazilian Carnaval.

Agradeço também aos parceiros do **Laboratório de Plasticidade Muscular**, aos velhos (Ivana, Cris, Jean, Ari, Flávio, Marcelo, Sabrina e Catarina) e aos novos (Germana, John, Ana, Paula e Lucas), pelos momentos de descontração e pelo compartilhamento de ideias, conhecimento, aflições, estresse e conquistas. Trabalhar com pessoas tão queridas ao meu redor é muito bom. Em especial obrigada **Ivana, Jean e Cris** por compartilharem as alegrias, tristezas e também a cerveja. Muito obrigada pela amizade, que vai muito além das quatro paredes do laboratório. Agradeço ainda a Ivana pela parceria e auxílio na elaboração dessa tese. Além disso, agradeço por poder ter feito parte do **Laboratório do ombro**, mesmo que clandestinamente. Day, Rodrigo, Natália, Fer, Danilo, Larissa, Livia e Mel, obrigada por me acolherem tão bem e me deixarem bater aquele papo de fim de tarde para descontrair. Em especial **Day e Rodrigo** que dividiram tantos momentos de alegrias, sofrimentos, dúvidas, descobertas e papos filosóficos durante uma das fases mais especiais da minha vida, o Doutorado Sanduíche. Day, muito obrigada por se fazer presente mesmo longe e por ir pra perto quando eu precisei. **Nati**, obrigada por entender a linguagem da Neuro. Sou muito grata por nossos caminhos terem se cruzado e eu ter ganhado muito mais que uma parceira de trabalho, uma amiga. Obrigada por todos os ensinamentos, pelas tardes de sexta-feira de risadas e pelos dias de coleta cansativos, mas sempre com sorriso no rosto. Você é meu exemplo de profissional.

Agradeço a todos os amigos do Departamento de Fisioterapia da UFSCar. **Glaucia, Alyssa, Bia, Marcele (Feliz), Joice, Luiza, Carol Alcântara e Fer**, pelas conversas e risadas de corredor.

Aos meus fiéis escudeiros, **Carol Scarpa e Celso Takarashi**, que foram meus braços direito e esquerdo durante os pilotos e a coleta de dados. Muito obrigada pela paciência e companheirismo, mesmo nos momentos mais tensos de coleta. Vocês foram fundamentais para que esse trabalho fosse realizado, e são um dos motivos pelo qual vou me recordar do Doutorado com um sorriso no rosto.

Ao pessoal da **Unidade de Saúde Escola (USE)** e do **Departamento de Fisioterapia** da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), meu muito obrigada pelo apoio e auxílio durante a coleta de dados. Em especial a **Iolanda** que manteve o café sempre quente e um sorriso no rosto sempre amigo.



Às meninas da minha tão amada **FISIO 08, Anna Cláudia, Letícia sexta, Day** (de novo), **Ana Flá, Nize** e a penetra **Lize**. Obrigada por caminharem junto comigo nessa aventura chamada pós-graduação. Cada uma de vocês é especial demais para mim. Obrigada por dividirem todas as angustias e momentos de sucesso comigo, além daquela cerveja gelada para dar risada ou reclamar da vida. Vocês tornaram a caminhada do Doutorado mais bonita e feliz. Ao pessoal do Bonde, por todos os finais de semana do nosso bom e velho pagode. Em geral a todos os meus amigos que sempre me apoiaram durante o Doutorado, cuja lista de nomes é imensa.

À todos os **voluntários** que participaram da pesquisa, meu muito obrigada. Vocês são o motivo pelo qual a ciência continua avançando. Eu realmente espero que a ciência seja tão boa para vocês quanto vocês são bons para a ciência. Muito obrigada pela colaboração, paciência, conversas, aprendizado e amizade. Eu aprendi uma coisa boa com cada um de vocês.

Agradeço também à **Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** e à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pelo apoio financeiro.

Por fim, agradeço a todos, de maneira geral, que contribuíram de alguma forma, para a realização desse trabalho.

## Resumo

**Introdução:** O acidente vascular encefálico (AVE) pode levar a alterações bilaterais de ativação muscular e movimento do ombro e escápula, limitando o uso do membro superior durante as atividades de vida diária (AVDs). **Objetivos:** Avaliar a cinemática escapular e a ativação muscular do ombro de indivíduos com hemiparesia crônica e correlacioná-las ao uso do membro superior parético. **Métodos:** A cinemática escapular 3-D e a ativação dos músculos trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA), deltóide anterior (DA) e deltóide médio (DM) de 17 indivíduos pós-AVE e 17 indivíduos controle foram avaliadas durante a elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado, e durante a atividade de pentear o cabelo. O uso do membro superior parético foi avaliado através do questionário *Motor Activity Log* (MAL-30). A cinemática escapular e a ativação muscular (amplitude e *onset/offset*) foram comparadas entre os braços parético, não-parético e controle utilizando uma ANOVA two-way mista. As correlações entre o questionário MAL-30, a cinemática escapular e a ativação muscular foram avaliadas através do teste de correlação de Spearman.  $p$  valor significativo  $<0,05$ . **Resultados:** Cinemática: Comparado ao grupo controle, os membros superiores parético e não-parético apresentaram aumento da rotação interna da escápula durante a depressão do braço no plano escapular e durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado. Ainda, o membro superior parético apresentou aumento da rotação interna e inclinação anterior da escápula durante a elevação do braço para pentear o cabelo, e durante a elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado. O membro superior não-parético também apresentou aumento da inclinação anterior da escápula durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado quando comparado aos controles. Ativação muscular: Comparado ao grupo controle, os membros superiores parético e não-parético apresentaram diminuição da amplitude de ativação do músculo DA durante a elevação do braço no plano escapular e dos músculos TI e DM durante a elevação do braço em todos os planos. A diminuição da amplitude de ativação do TI também foi observada durante a depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado, e a diminuição da amplitude de ativação do DM também foi observada durante a depressão do braço no plano auto-selecionado e para pentear o cabelo. Os braços parético e não-parético apresentaram atraso do *onset* de ativação dos músculos SA, TS e TI durante o movimento no plano auto-selecionado. O braço parético também apresentou atraso do *onset* desses músculos durante a atividade de pentear o cabelo, quando comparado com os controles, e atraso do *offset* de ativação durante o movimento do braço no plano auto-selecionado comparado aos músculos TI e SA. Todos os grupos apresentaram atraso do *onset* de ativação do SA durante o movimento nos planos escapular e auto-selecionado, comparado ao TS. A cinemática escapular e ativação muscular do ombro não foram correlacionadas com a MAL-30. **Conclusões:** Indivíduos pós-AVE crônico apresentam alterações bilaterais da cinemática escapular e da ativação da musculatura do ombro. Porém, essas alterações não são correlacionadas com o uso do membro superior parético.

**Palavras-chave:** Acidente vascular encefálico, ombro, eletromiografia, função, Fisioterapia.

## Abstract

**Background:** Stroke can lead to bilateral shoulder and scapular movement and muscle activation impairments that can limit the ability to perform activities of daily life (ADLs). **Aims:** To evaluate scapular kinematics and shoulder muscle activation in individuals with chronic stroke and its correlation to paretic arm use. **Methods:** Scapular kinematics and muscle activation of upper trapezius (UT), lower trapezius (LT), serratus anterior (AS), anterior deltoid (AD) and middle deltoid (MD) from 17 individuals post-stroke and 17 controls were evaluated during arm elevation and lowering in scapular and self-selected planes, and during hair combing. Paretic arm use was assessed using the Motor Activity Log (MAL-30). The scapular kinematics and muscle activation (amplitude and onset/offset) were compared among arms and groups using a two-way mixed model ANOVA. The scapular kinematics and muscle activation were correlated to MAL-30 using the Spearman correlation test. Significant p value was set at  $<0.05$ . **Results:** **Kinematics:** Paretic and non-paretic arms showed increased scapular internal rotation during arm lowering in the scapular plane, and during arm elevation and lowering in the self-selected plane compared to controls. Increased internal rotation was also found in the paretic arm during hair combing compared to controls. Increased scapular anterior tilt was observed in the paretic arm during arm elevation while performing the activity of hair combing and during arm elevation and lowering in the scapular and self-selected planes compared to controls. The non-paretic arm showed increased anterior tilt during arm elevation and lowering in self-selected plane compared to controls. **Muscle activation:** Compared to controls, the paretic and non-paretic arms presented decreased LT and MD activation during arm elevation in all planes, and decreased AD activation during arm elevation in scapular plane. Both arms of post-stroke group presented decreased LT activation during arm lowering in scapular and self-selected planes, and delayed MD activation during arm lowering in self-selected plane and to comb their hair. Paretic and non-paretic arms showed delayed SA, UT and LT onset in self-selected plane. The paretic arm also presented delayed onset of these muscles during hair combing compared to controls, and a delayed UT offset in self-selected plane compared to LT and SA. All groups presented delayed SA onset in scapular and self-selected planes, compared to UT. Scapular kinematic and muscle activation alterations were not correlated to paretic arm use. **Conclusions:** Individuals with chronic stroke showed bilateral alterations in scapular kinematics and shoulder muscle activation. However, these alterations are not correlated to paretic arm use.

**Key-words:** Stroke, shoulder, electromyography, function, Physical Therapy.

## Lista de figuras

### Estudo 1

**Figura 1.** Diagrama de fluxo do estudo .....32

**Figura 2.** Cinemática escapular 3-D durante a elevação e depressão do braço.....41

### Estudo 2

**Figura 1.** Representação do *onset/offset* dos músculos escapulotorácicos (trapézio superior, trapézio inferior, serrátil anterior) relativo ao *onset/offset* do músculo deltóide anterior.....59

**Figura 2.** Amplitude de ativação dos músculos trapézio superior e inferior, serrátil anterior e deltóide anterior e médio durante a elevação e depressão do braço.....65

**Figura 3.** *Onset/offset* dos músculos escapulotorácicos (trapézio superior, trapézio inferior, serrátil anterior) relativo ao *onset/offset* do músculo deltóide anterior .....66

## **Lista de tabelas**

### **Estudo 1**

**Tabela 1.** Características dos participantes .....37

**Tabela 2.** Cinemática escapular 3-D durante a posição de repouso .....38

**Tabela 3.** Correlação da amplitude de movimento (ADM) escapular e o questionário MAL-30 .....42

### **Estudo 2**

**Tabela 1.** Características dos participantes .....61

**Tabela 2.** Correlação entre a ativação muscular do complexo do ombro e o questionário MAL-30 .....67

## Lista de abreviaturas e siglas

- AVDs:** Atividades de vida diária
- AVE:** Acidente vascular encefálico
- BPL:** Brain Plasticity Lab
- CIVM:** Contração voluntária máxima
- DA:** Deltóide anterior
- DM:** Deltóide médio
- DP:** Desvio padrão
- EMG:** Eletromiografia
- GC:** Grupo controle
- GPA:** Grupo pós-AVE
- IMC:** Índice de massa corpórea
- Kg:** Quilos
- m:** Metros
- MAL-30:** Motor Activity Log-Brazil
- MEEM:** Mini exame do Estado Mental
- MS:** Membro superior
- RMS:** *Root mean square*
- SA:** Serrátil anterior
- TS:** Trapézio superior
- TI:** Trapézio inferior
- UFSCar:** Universidade Federal de São Carlos
- USE:** Unidade de Saúde Escola
- 3-D:** Tridimensional

## **Lista de anexos**

**ANEXO I.** Artigo *Bilateral changes in 3-D scapular kinematics in individuals with chronic stroke* publicado no periódico Clinical Biomechanics .....**76**

**ANEXO II.** Manuscrito *Timing and shoulder muscle activation in individuals with chronic stroke* submetido ao periódico Clinical Biomechanics .....**78**

## SUMÁRIO

<b>1. Prefácio .....</b>	<b>14</b>
<b>2. Contextualização.....</b>	<b>17</b>
<b>3. Hipóteses.....</b>	<b>25</b>
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>26</b>
<b>5. Estudo 1. Alterações bilaterais da cinemática escapular 3-D de indivíduos com hemiparesia crônica.....</b>	<b>27</b>
Resumo .....	28
Introdução .....	29
Métodos .....	30
<i>Participantes</i> .....	30
<i>Cinemática escapular 3-D</i> .....	33
<i>Uso do membro superior parético</i> .....	34
Análise dos dados .....	35
Resultados.....	36
<i>Características demográficas</i> .....	36
<i>Cinemática escapular 3-D</i> .....	38
<i>Correlação entre a cinemática escapular e o questionário MAL-30</i> .....	42
Discussão .....	42
Conclusão .....	46
<b>6. Estudo 2. Amplitude e tempo de ativação muscular do ombro em indivíduos com hemiparesia crônica.....</b>	<b>51</b>
Resumo .....	52
Introdução .....	53
Métodos .....	55
<i>Participantes</i> .....	55
<i>Procedimentos</i> .....	55
<i>Avaliação eletromiográfica</i> .....	56
<i>Processamento de dados</i> .....	57
Análise de dados .....	59
Resultados.....	60
<i>Características demográficas dos participantes</i> .....	60
<i>Dados eletromiográficos</i> .....	61
<i>Correlação entre ativação muscular e o questionário MAL-30</i> .....	67
Discussão .....	67
Conclusão .....	71
<b>7. Considerações finais .....</b>	<b>72</b>



## 1. Prefácio

### *Projetos de pesquisa*

Essa tese de doutorado dá continuidade à linha de pesquisa do Laboratório de Plasticidade Neuromuscular da UFSCar, que desde 2004 tem desenvolvido estudos sobre as adaptações neurais e musculares de indivíduos com hemiparesia crônica. Linha, na qual venho trabalhando desde a iniciação científica.

Nesse projeto de pesquisa foram concluídos dois estudos. No primeiro estudo foi avaliada a cinemática escapular do membro superior parético e não-parético de indivíduos com hemiparesia crônica e indivíduos controle. Além disso, foi avaliado o uso do membro superior parético para realização de atividades de vida diária (Estudo 1; Anexo I). No segundo estudo foi avaliada a ativação da musculatura escapulotorácica e glenoumeral desses indivíduos com hemiparesia crônica e indivíduos controle (Estudo 2; Anexo II).

Também foram realizados dois estudos adicionais durante o Doutorado. Um estudo sobre os diferentes métodos de normalização do sinal de eletromiografia (EMG) da musculatura escapulotorácica de indivíduos com hemiparesia crônica e outro estudo sobre o limiar de dor a pressão do ombro de indivíduos com hemiparesia crônica. Como a análise dos resultados desses estudos ainda não foi concluída, eles não serão apresentados nessa tese.

Dados parciais do projeto desenvolvido durante o doutorado, foram apresentados no 3º Congresso Brasileiro de Fisioterapia Neurofuncional (COBRAFIN) – Brasil e no XXV Congress of the International Society of Biomechanics – Escócia.

Durante o Doutorado participei em parceria com a Dr. Natália Duarte Pereira, do desenvolvimento do projeto de Doutorado “Efeito da Terapia por Contensão Induzida no complexo ombro de pacientes com hemiparesia grave”. Minha colaboração no desenvolvimento desse projeto resultou na coautoria do artigo científico “*Effects of Constraint Induced Therapy on use and quality of movement in patients with severe hemiparesis: a case series*” que foi submetido ao periódico “Archives of Physical Medicine and Rehabilitation”. Além disso, em colaboração com a Dra. Christiane Lanatovitz Prado-Medeiros e a Doutoranda Carolina de Alcantâra Carmona, publicamos o capítulo de livro “*Strength training applied to Neurorehabilitation*” (In: Cleber Ferraresi. *Physical Exercises: An Important Tool for Physical Therapy*. 1ed. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc., 2015, v. 1, p. 211-227).

### ***Estágio no exterior***

Em 2015, fui contemplada com uma bolsa de doutorado sanduíche para desenvolvimento do estágio no exterior pelo período de um ano (Novembro/2015 a Outubro/2016). Durante o período de estágio no exterior, trabalhei no Laboratório de Plasticidade Cerebral (*Brain Plasticity Lab – BPL*) da Universidade de Minnesota, EUA, sob orientação das Profas. Dras. Bernadette Gillick e Teresa Kimberley.

No Laboratório de Plasticidade Cerebral, participei de seminários e reuniões científicas semanais, tive intenso envolvimento em projetos de pesquisas desenvolvidos no laboratório, pude coorientar quatro alunos de graduação em um projeto de pesquisa e recebi treinamento técnico-científico em Estimulação Transcraniana.

Durante os seminários e reuniões científicas semanais, tive a oportunidade de apresentar os projetos desenvolvidos no Laboratório de Plasticidade Cerebral, além de ser ouvinte de diversos projetos desenvolvidos na Universidade de Minnesota. As reuniões e seminários me deram a possibilidade de ter discussões científicas com pesquisadores de diversas áreas, o que contribuiu imensamente para o meu desenvolvimento como pesquisadora.

Os projetos de pesquisa desenvolvidos no estágio no exterior e as colaborações realizadas no período, envolveram o estudo dos efeitos da Estimulação Transcraniana em indivíduos adultos e crianças, com e sem lesão encefálica, e resultaram em dois manuscritos como primeira autora e três manuscritos como coautora. O manuscrito “*Reliability of the Location of Primary Motor Cortex Using the International 10/20 Electroencephalogram System (10/20 EEG)* (Rich TL, Lixandrão, MC, Hofer A, Horning A, Johnson R, Kim S, Gillick B)” foi publicado no periódico *Scientific Pages of Pediatric Neurology* (2017, v. 1, n.1, p.6-7). O manuscrito “*Bilateral cortical silent period evoked by transcranial magnetic stimulation in congenital hemiparesis: Descriptive case series* (Lixandrão MC, Stinear JW, Rich T, Chen CY, Feyma T, Meekins GD, Gillick BT)” está submetido ao periódico *Frontiers in Pediatrics – Neuropediatric* e está em fase de análise. O manuscrito “*Short-interval intracortical inhibition (SICI) is insensitive to low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)* (Chen M, Lixandrão M, Prudente CN, Rebekah LS, Kimberley TJ)” está submetido ao periódico *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. Os dois manuscritos referentes ao ensaio clínico randomizado controlado “*Brain Stimulation and Hand Training in Children with Hemiparesis* (ClinicalTrials.gov NCT02250092)” ainda estão sendo finalizados para submissão.

Durante a realização do estágio BEPE, apresentei dados parciais dos projetos desenvolvidos na Universidade de Minnesota, nos congressos científicos: “*University of Minnesota Neuromodulation Symposium* – EUA; *6<sup>th</sup> International Conference on Transcranial Brain Stimulation* – Alemanha e *Neuroscience 2016* - EUA.

Além dos projetos de pesquisa desenvolvidos no Laboratório de Plasticidade Cerebral, fiz a tradução da escala “*Motor Evaluation Scale for Upper Extremity in Stroke Patients (MESUPES)*” para o Português do Brasil, em colaboração com a Prof. Dra. Ann Van de Winckel e a pós-doutoranda Cecília N Prudente (disponível em: <http://www.strokengine.ca/wp-content/uploads/2015/09/SCALE-MESUPES-Portuguese.pdf>).

### ***Atividades didáticas***

Durante o doutorado, coorientei duas alunas de graduação, no desenvolvimento de dois projetos de iniciação científica apresentados como Trabalhos de Conclusão de Curso ao Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Também durante o doutorado, participei como monitora de aulas de graduação em Fisioterapia pelo PESCDD, fui banca examinadora de trabalhos de conclusão de curso e ministrei palestras em simpósios e reuniões científicas.

### ***Atividades extras***

Considerando que o presente projeto de Doutorado não contemplava o tratamento fisioterapêutico dos indivíduos pós-AVE, ofereci tratamento voluntário a todos os participantes pós-AVE após a coleta de dados do projeto. O tratamento fisioterapêutico envolveu técnicas de terapia convencional e orientação para realização de exercícios e atividades em casa. Além disso, todos os indivíduos do grupo controle foram contemplados com cartilha e faixa elástica para realização de exercícios em casa e promoção de uma vida saudável.

## 2. Contextualização

O acidente vascular encefálico (AVE) é a maior causa de incapacidade e uma das maiores causas de morte no mundo (Feigin et al., 2009). No Brasil, a taxa de mortalidade em decorrência do AVE é de 51/100.000 habitantes (Ministério da Saúde, 2011) e estima-se que 568 mil indivíduos que sofreram um episódio de AVE convivam com incapacidades funcionais graves (Bensenor et al., 2015).

Déficits funcionais do membro superior, podem restringir a realização de atividades, afetar a participação social e comprometer a qualidade de vida dos indivíduos pós-AVE, uma vez que o membro superior contribui significativamente para a realização da maioria das atividades de vida diária (AVDs) (Faria-Fortini et al., 2011). Alterações motoras, como fraqueza, incoordenação, alterações de recrutamento e ativação muscular, podem alterar os movimentos do complexo do ombro de maneira bilateral em indivíduos pós-AVE, limitando assim a habilidade de posicionar a mão no espaço durante as AVDs (Harris e Eng 2007; Beebe and Lang, 2008; Niessen et al., 2008a e 2008b; Rundquist et al., 2011; Avila et al., 2013; Raghavan, 2015; Santos et al., 2016). Essas alterações bilaterais podem ocorrer por pela projeção ipsilateral de 10-15% das fibras do trato córtico-espinhal, bem como de alterações relacionadas ao estilo de vida sedentário pós-AVE (Pascual-Leoni et al., 2005; Tiegues et al., 2015).

Para realização de AVDs como alcance acima da cabeça, alimentação e cuidado pessoal, é fundamental o movimento e ação muscular coordenada das articulações glenoumeral e escapulotorácica (De Baets et al., 2012). O músculo deltóide é o motor primário da articulação glenoumeral, sendo responsável pela elevação do braço durante o alcance (Phadke et al., 2009; Prange et al., 2012). Indivíduos pós-AVE apresentam uma diminuição da elevação glenoumeral do membro superior parético (Massie et al., 2012) e não-parético (Meskers et al., 2005) quando comparados a indivíduos saudáveis. Entretanto, estudos mostram tanto uma diminuição (Massie et al., 2012; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) quanto um aumento (McCrea et al., 2005; Stoeckmann et al., 2009) da ativação dos músculos deltóide anterior e médio dos membros superiores parético e não-parético pós-AVE.

Em indivíduos saudáveis, durante a elevação do braço, os músculos escapulotorácicos são responsáveis por mover a escápula no tórax a fim de alinhar a cavidade glenóide com a cabeça do úmero, maximizando a congruência articular (De Baets et al., 2012; Phadke et al., 2009). O músculo serrátil anterior é responsável pela rotação superior e externa, e inclinação posterior da escápula (Ekstrom et al., 2004)

enquanto que o músculo trapézio inferior auxilia da rotação superior e externa, e estabilização da escápula (Johnson and Pandyan, 2005). Já a porção superior do trapézio promove a elevação da escápula como ação secundária à elevação clavicular (Johnson and Pandyan, 2005).

Em indivíduos pós-AVE com (Niessen et al., 2008b) e sem (De Baets et al., 2016) dor no ombro, foi observado aumento da rotação superior (Niessen et al., 2008b; De Baets et al., 2016) e diminuição da inclinação posterior (De Baets et al., 2016) da escápula durante a elevação (Niessen et al., 2008b) e depressão (De Baets et al., 2016) do braço parético quando comparado a indivíduos saudáveis. Além disso, um estudo reportou uma diminuição do ritmo escapuloumeral durante a elevação do membro superior parético em indivíduos pós-AVE sem dor no ombro (Rundquist et al., 2011). Ainda, a diminuição da elevação glenoumeral, o aumento da rotação superior e a diminuição da rotação interna da escápula foram identificadas como preditoras da função do membro superior parético pós-AVE (Rundquist et al., 2011). Também já foi descrito na literatura um aumento da rotação superior (Niessen et al., 2008b) e diminuição da rotação interna (Meskers et al., 2005) da escápula durante a elevação do braço não-parético quando comparado a indivíduos controle.

Em relação a ativação dos músculos escapulotorácicos, estudos têm mostrado que os membros superiores parético e não-parético de indivíduos pós-AVE sem dor no ombro apresentam diminuição da ativação dos músculos serrátil anterior (Santos et al., 2016), trapézio superior (Hughes et al., 2010; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) e inferior (Hughes et al., 2010) quando comparados a indivíduos saudáveis. Ainda, alguns estudos observaram atraso do *onset* de ativação, e *offset* precoce do músculo serrátil anterior em indivíduos pós-AVE com e sem dor no ombro quando comparado a indivíduos saudáveis (De Baets et al., 2014; De Baets et al., 2016). Em indivíduos pós-AVE sem dor no ombro, essa alteração do tempo de ativação do músculo serrátil anterior é somada a um *onset* precoce dos músculos trapézio inferior e infraespinhal, como estratégia compensatória para mover a escápula em rotação superior e externa e diminuir o impacto das estruturas subacromiais, evitando a dor (De Baets et al., 2014).

Apesar desses estudos prévios terem trazido nova e importante contribuição sobre a cinemática escapular e ativação da musculatura escapulotorácica de indivíduos pós-AVE, eles apresentam algumas limitações. Os estudos de Meskers et al. (2005), Niessen et al. (2008) e Rundquist et al. (2011) não utilizaram um grupo controle pareado por idade com o grupo de indivíduos pós-AVE para avaliação da cinemática escapular. Alguns

estudos têm mostrado que com o aumento da idade, há uma diminuição da rotação superior e da inclinação posterior da escápula durante a elevação do membro superior (Endo et al., 2004). Essas alterações da cinemática escapular podem ocorrer devido à perda de massa óssea e alterações posturais e de força que ocorrem com o processo de envelhecimento (Endo et al., 2004). Assim, é importante o pareamento da amostra, a fim de obter dados de comparações mais fidedignos.

Alguns estudos avaliaram a ativação muscular do complexo do ombro durante contração máximas (Avila et al., 2013; Santos et al., 2016), o que pode não refletir os déficits de ativação muscular durante as AVDs. Outros estudos avaliaram de maneira separada, somente a amplitude de ativação muscular (Massie et al., 2012; Hughes et al., 2010; Santos et al., 2016) ou o tempo de ativação muscular (De Baets et al., 2014; De Baets et al., 2016). Sabe-se que é necessário a ação eficiente e coordenada da musculatura glenoumeral e escapulotorácica para os movimentos funcionais do membro superior. Assim, avaliar tanto a amplitude de ativação, quando o tempo de ativação (*onset* e *offset*) é importante para identificar os déficits do membro superior pós-AVE.

Apenas um estudo correlacionou as alterações da cinemática escapular com a função do membro superior parético pós-AVE, através da escala de Avaliação Motora de Fugl-Meyer (Rundquist et al., 2011). Entretanto, essa escala avalia somente os déficits sensorio-motores pós-AVE e não a capacidade de realizar AVDs com o membro superior parético (Maki et al., 2006). O questionário *Motor Activity Log* de 30 itens (MAL-30) avalia o quanto e o quão bem os indivíduos pós-AVE utilizam o membro superior parético para realizar AVDs e assim pode refletir melhor a funcionalidade do membro superior pós-AVE (Pereira et al., 2012). Ainda, nenhum estudo correlacionou as alterações de ativação muscular do complexo do ombro com a uso do membro superior parético.

Assim, há ainda grande carência de estudos que avaliem bilateralmente a cinemática escapular durante a elevação e depressão do braço de indivíduos pós-AVE, de maneira associada à avaliação da amplitude e tempo de ativação da musculatura do ombro. Há também carência de estudos que avaliem a correlação entre as alterações cinemáticas da escápula e os déficits de ativação muscular com a funcionalidade do membro superior parético. A avaliação da cinemática escapular 3-D em conjunto com a análise eletromiográfica (EMG) do complexo do ombro permitiria uma melhor análise das adaptações neuromusculares associadas aos distúrbios do movimento do ombro de indivíduos pós-AVE crônico. Ainda, investigar a possível correlação dessas alterações do movimento com a funcionalidade do membro superior parético auxiliaria a planejar um

programa de intervenção voltado às essas alterações pós-AVE para investigação da melhora da funcionalidade do membro superior parético, o que futuramente poderia auxiliar na tomada de decisões durante a prática clínica.

## Referências Bibliográficas

- AVILA, M.A.; ROMAGUERA, F.; OLIVEIRA, A.B.; CAMARGO, P.R.; FATIMA, T.F. Bilateral impairments of shoulder abduction in chronic hemiparesis: Electromyographic patterns and isokinetic muscle performance. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 712–720, 2013.
- BEEBE, J.A.; LANG, C.E. Absence of a proximal to distal gradient of motor deficits in the upper extremity early after stroke. *Clin Neurophysiol.* v. 119, p. 2074–85, 2008.
- BENSENOR, I.M.; GOULART, A.C.; SZWARCOWALD, C.L.; VIEIRA, M.L.F.P.; MALTA, D.C.; LOTUFO, P.A. Prevalence of stroke and associated disability in Brazil: National health survey - 2013. *Arq. Neuropsiquiatr.* v. 73, p. 746–750, 2015.
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; DESLOOVERE, K.; VAN DEUN, S. A systematic review of 3D scapular kinematics and muscle activity during elevation in stroke subjects and controls. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 3–13, 2014.
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; JANSSENS, L.; VAN DEUN, S. Characteristics of neuromuscular control of the scapula after stroke: A first exploration. *Front. Hum. Neurosci.* v. 8, p.1–8, 2014.
- DE BAETS, L.; VAN DEUN, S.; MONARI, D.; JASPERS, E. Three-dimensional kinematics of the scapula and trunk, and associated scapular muscle timing in individuals with stroke. *Hum. Mov. Sci.* v. 48, p. 82–90, 2016.
- EKSTROM, R.A.; BIFULCO, K.; LOPAU, C.; ANDERSEN, C.; GOUGH, J. Comparing the function of the upper and lower parts of the serratus anterior muscle using surface electromyography. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* v. 34, p. 235–243, 2004.
- ENDO, K.; YUKATA, K.; YASUI, N. Influence of age on scapulo-thoracic orientation. *Clin. Biomech.* v. 19, p. 1009–1013, 2004.
- FARIA-FORTINI, I.; MICHAELSEN, S.M.; CASSIANO, J.G.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F. Upper extremity function in stroke subjects: Relationships between the international classification of functioning, disability, and health domains. *J. Hand Ther.* v. 24, p. 257–265, 2011.



- FEIGIN, V.L.; LAWES, C.M.; BENNETT, D.; BARKER-COLLO, S.L.; PARAG, V. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. *Lancet Neurol.* v. 8, p. 355–369, 2008.
- JOHNSON, G.R.; PANDYAN, A.D. The activity in the three regions of the trapezius under controlled loading conditions - An experimental and modelling study. *Clin. Biomech.* v. 20, p.155–161, 2005.
- HARRIS, J. E.; ENG, J.J. Paretic upper-limb strength best explains arm activity in people with stroke. *Phys Ther.* v. 87, p. 88-97, 2007.
- HUGHES, A.M.; FREEMAN, C.T.; BURRIDGE, J.H.; CHAPPELL, P.H.; LEWIN, P.L.; ROGERS, E. Shoulder and elbow muscle activity during fully supported trajectory tracking in people who have had a stroke. *J Electromyogra Kinesiol.* v. 20, p. 465-476, 2010.
- MASSIE, C.L.; MALCOLM, M.P.; GREENE, D.P.; Browning, R.C. Kinematic motion analysis and muscle activation patterns of continuous reaching in survivors of stroke. *J. Mot. Behav.* v. 44, p. 213–222, 2012.
- MCCREA, P.; ENG, J.; HODGSON, A. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies following stroke. *J Neurophysiol.* v. 94, p. 2999–3008, 2005.
- MESKERS, C.G.M.; KOPPE, P.A.; KONIJNENBELT, H.; VEEGER, H.E.J.; JANSSEN, T.W.J. Kinematic alterations in the ipsilateral shoulder of patients with hemiplegia due to stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* v. 84, p. 97–105, 2005.
- NIESSEN, M.H.; VEEGER, D.H.; KOPPER, P.A.; KONIJNENBELT, M.H.; VAN DIEËN, J.; JANSSEN, T.W. Proprioception of shoulder after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* v. 89, p. 333-338, 2008a.
- NIESSEN, M.H.; JANSSEN, T.; MESKERS, C.; KOPPE, P.; KONIJNENBELT, M.; VEEGER, D.J. Kinematics of the contralateral and ipsilateral shoulder: A possible relationship with post-stroke shoulder pain. *J. Rehabil. Med.* v. 40, p. 482–486, 2008b.
- PEREIRA, N.D.; OVANDO, A.C.; MICHAELSEN, S.M.; ANJOS, S.M.; LIMA,

- R.C.M.; NASCIMENTO, L.R.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F. Motor Activity Log-Brazil: reliability and relationships with motor impairments in individuals with chronic stroke. *Arq. Neuropsiquiatr.* v. 70, p. 196–201, 2012.
- PHADKE, V.; CAMARGO, P.R.; LUDEWIG, P.M. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev. Bras. Fisioter.* v. 13, p. 1–9, 2009.
- PRANGE, G.B.; KRABBEN, T.; RENZENBRINK, G.J.; IJZERMAN, M.J.; HERMENS, H.J.; JANNINK, M.J. Changes in muscle activation after reach training with gravity compensation in chronic stroke patients. *Int J Rehabil Res.* v. 35, p. 234-242, 2012.
- RAGHAVAN, P. Upper limb motor impairments post stroke. *Phys Med Rehabilitation Clin N Am.* v. 26, p. 599-610, 2015.
- REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÕES PARA A SAÚDE. Indicadores de saúde no Brasil: conceitos e aplicações. Edição da organização Pan-americana de saúde. 2º Ed. Brasília: Ripsa, 2008. Cap. 3, p. 130.
- RUNDQUIST, P.J.; OBRECHT, C.; WOODRUFF, L. Three-Dimensional Shoulder Kinematics to Complete Activities of Daily Living. *Am. J. Physical Med. Rehabil.* v. 88, p. 623–629, 2009.
- RUNDQUIST, P.J.; DUMIT, M.; HARTLEY, J.; SCHULTZ, K.; FINLEY, M.A. Three-dimensional shoulder complex kinematics in individuals with upper extremity impairment from chronic stroke. *Disabil. Rehabil.* p. 1–6, 2011.
- SANTOS, G.L.; GARCÍA-SALAZAR, L.F.; SOUZA, M.B.; OLIVEIRA, A.B.; CAMARGO, P.R.; RUSSO, T.L. Torque steadiness and muscle activation are bilaterally impaired during shoulder abduction and flexion in chronic post-stroke subjects. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 30, p. 151–160, 2016.
- STOECKMANN, T.M.; SULLIVAN, K.J.; SCHEIDT, R. Elastic, viscous, and mass load effects on poststroke muscle recruitment and co-contraction during reaching: a pilot study. *Phys. Ther.* v. 89, p. 665–678, 2009.

TIEGES, Z.; MEAD, G.; ALLERHAND, M.; DUNCAN, F.; VAN WIJCK, F.; FITZSIMONS, C. Sedentary behavior in the first year after stroke: a longitudinal cohort study with objective measures. *Arch. Phys. Med. Rehab.* v. 96, p.15–23, 2015.

### 3. Hipóteses

A hipótese primária do estudo é que os indivíduos pós-AVE crônico apresentem alterações da cinemática escapular 3-D e ativação da musculatura do ombro durante a elevação e depressão dos membros superiores parético e não-parético quando comparado ao grupo controle.

As alterações cinemáticas esperadas são: aumento da rotação interna e inclinação anterior da escápula, bem como uma diminuição da rotação superior da escápula.

As alterações de ativação muscular esperadas são: a) diminuição da amplitude de ativação, atraso do *onset* de ativação e *offset* precoce dos músculos trapézio inferior, serrátil anterior, deltóide anterior e deltóide médio; b) aumento da amplitude de ativação, *onset* precoce e *offset* tardio do músculo trapézio superior.

A hipótese secundária do estudo é que essas alterações cinemáticas da escápula e de ativação da musculatura do ombro esperadas se correlacionem com o uso do membro superior parético em indivíduos pós-AVE.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo primário**

Avaliar bilateralmente a cinemática escapular 3-D e a ativação da musculatura escapulotorácica durante a elevação e depressão do membro superior de indivíduos com hemiparesia crônica, comparado a um grupo controle.

### **4.2 Objetivo secundário**

Avaliar a correlação entre a cinemática escapular 3-D e a ativação da musculatura escapulotorácica com o uso do membro superior parético dos indivíduos pós-AVE.

**5. Estudo 1: Alterações bilaterais da cinemática escapular 3-D de indivíduos com hemiparesia crônica.**

**Artigo publicado no periódico *Clinical Biomechanics* (47:79-86, 2017; Anexo I).**

Maíra Carolina Lixandrão<sup>1</sup>, Paula Rezende Camargo<sup>1</sup>, Caroline Evelin Neves Scarpa<sup>1</sup>,  
Christiane Lanatovitz Prado-Medeiros<sup>1</sup>, Tania de Fátima Salvini<sup>1</sup>

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington  
Luís, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

## Resumo

*Introdução:* O acidente vascular encefálico (AVE) pode alterar os movimentos escapulares e conseqüentemente limitar a habilidade de realizar as atividades de vida diária (AVDs). Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a cinemática escapular de indivíduos com hemiparesia crônica e sua correlação com o uso do membro superior parético.

*Métodos:* A cinemática escapular foi avaliada em 34 indivíduos (indivíduos pós-AVE crônico = 17; indivíduos controle = 17) durante a elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado, e durante a atividade de pentear o cabelo. O uso espontâneo do membro superior parético para realizar as AVDs foi avaliado por meio do questionário *Motor Activity Log* (MAL-30). A cinemática escapular foi comparada entre os braços parético, não-parético e controle. A correlação entre a cinemática escapular do membro parético e o questionário MAL-30 também foi avaliada.

*Resultados:* Os braços parético e não-parético apresentaram um aumento da rotação interna da escápula ( $p < 0,05$ ) durante a depressão do braço no plano escapular e durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado, comparado com o grupo controle. Também foi observado um aumento da rotação interna da escápula do braço parético comparado ao grupo controle, durante a atividade de pentear o cabelo ( $p < 0,05$ ). O braço parético apresentou um aumento da inclinação anterior da escápula comparado ao grupo controle, durante a elevação do braço para a realização da atividade de pentear o cabelo, e durante a elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado ( $p < 0,05$ ). O braço não-parético também apresentou um aumento da inclinação anterior da escápula durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado comparado ao grupo controle ( $p < 0,05$ ). Nenhuma diferença na rotação superior da escápula foi encontrada entre os braços e grupos ( $p > 0,05$ ). Além disso, não foi encontrada correlação entre a cinemática escapular do braço parético e o questionário MAL-30 ( $p > 0,05$ ).

*Interpretação:* Indivíduos com hemiparesia crônica apresentam alterações bilaterais da escápula. Entretanto, essas alterações não estão correlacionadas com o uso espontâneo do membro superior parético para realizar as AVDs.

*Palavras-chave:* Acidente vascular encefálico, membro superior, ombro, função, Fisioterapia.

## **Introdução**

O acidente vascular encefálico (AVE) é a principal causa de incapacidades em adultos (Feigin et al., 2009). Cerca de 90% dos indivíduos que sofrem um episódio de AVE apresentam sinais de hemiparesia inicialmente (Parker et al., 1986) e 67% apresentam comprometimentos motores na fase crônica pós-AVE, o que está associado a redução da funcionalidade e limitação da participação social (Carvalho-Pinto e Faria, 2016). A hemiparesia é caracterizada por alterações de controle motor, tônus e força muscular do braço parético, contralateral a lesão cerebral (Harris e Eng, 2007). Porém, há evidências de que o braço não-parético, ipsilateral a lesão cerebral, também apresente alterações de força e controle motor (Avila et al., 2013; McCrea et al., 2003). Essas alterações de força e controle motor pós-AVE podem afetar a posição e os movimentos escapulares (De Baets et al., 2013). Considerando que o movimento da escápula no tórax auxilia no posicionamento da mão no espaço durante o movimento de alcance (Rundquist et al., 2009), alterações dos movimentos escapulares podem estar associadas à limitação da habilidade de realizar AVDs. Ainda, alterações do movimento escapular estão associadas com a dor no ombro em indivíduos com (Niessen et al., 2008) e sem histórico de AVE (McClure et al., 2006; Sousa et al., 2014).

Em indivíduos saudáveis, a escápula roda interna e superiormente, e inclina posteriormente durante a elevação do braço (De Baets et al., 2013; Ebaugh and Spinelli, 2010). Comparado à indivíduos saudáveis, diminuição da rotação interna da escápula foi reportada durante a elevação do braço não-parético em indivíduos pós-AVE (Meskers et al., 2005). Ainda, aumento da rotação superior da escápula foi observado durante a elevação do braço parético e não-parético em indivíduos pós-AVE com (Niessen et al., 2008) e sem dor no ombro (Rundquist et al., 2011). Esse aumento da rotação interna escapular foi também observado durante o repouso nos membros superiores parético e não-parético em indivíduos pós-AVE com dor no ombro (Niessen et al., 2008). Entretanto, os estudos sobre a cinemática escapular de indivíduos pós-AVE são limitados e dados insuficientes sobre a rotação interna/externa da escápula e inclinação anterior/posterior estão disponíveis na literatura (De Baets et al., 2013). Nenhum estudo até o presente momento, avaliou a cinemática escapular durante a depressão do braço em indivíduos pós-AVE.

Além disso, a abdução do ombro e a rotação superior da escápula são relatadas como sendo os movimentos principais para a realização de AVDs com o membro superior, como alimentar-se, realizar higiene pessoal e alcance acima da cabeça



(Rundquist et al., 2009). Um estudo mostrou que o aumento das rotações interna e superior da escápula são preditores dos déficits de membro superior pós-AVE (Rundquist et al., 2011). Nesse estudo, a escala de avaliação motora de Fugl-Meyer foi utilizada para avaliar os déficits do membro superior. Entretanto, essa escala não avalia a capacidade de realizar AVDs com o membro superior parético. O questionário *Motor Activity Log* de 30 itens (MAL-30) avalia o quanto e o quão bem os indivíduos pós-AVE utilizam o membro superior parético para realizar AVDs e assim pode refletir melhor a funcionalidade do membro superior pós-AVE (Pereira et al., 2012). Contudo, nenhum estudo correlacionou a cinemática escapular com a funcionalidade do membro superior parético, avaliada através de um instrumento clínico relacionado ao desempenho de AVDs.

Assim, o objetivo primário do presente estudo foi avaliar a cinemática 3-D da escápula durante a elevação e depressão dos membros superiores parético e não-parético em indivíduos com hemiparesia crônica, comparado a um grupo controle saudável. O objetivo secundário desse estudo foi avaliar a correlação entre a cinemática escapular 3-D e o uso do membro superior parético, avaliado através do questionário MAL-30.

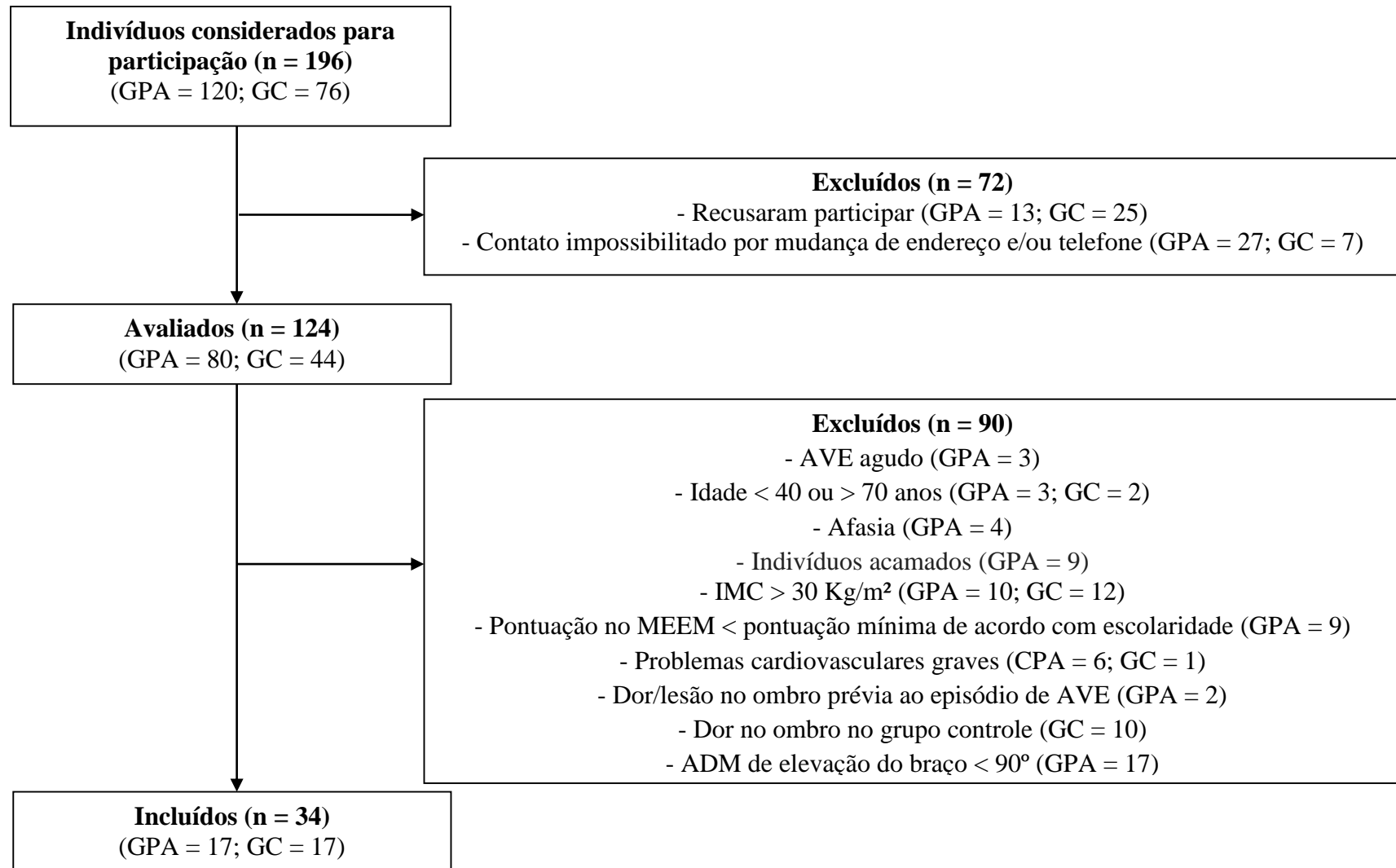
## **Métodos**

### *Participantes*

Dezessete indivíduos com hemiparesia crônica (idade =  $57 \pm 8$  anos) e dezessete indivíduos controle (idade =  $59 \pm 8$  anos) foram incluídos no presente estudo. Os grupos foram pareados por idade, sexo e índice de massa corpórea (IMC) (Figura 1). Todos os participantes foram recrutados na Unidade de Saúde Escola (USE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e na comunidade local. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (Processo nº: 517.179).

Os critérios de inclusão para o grupo com hemiparesia crônica foram: AVE unilateral, isquêmico ou hemorrágico, confirmado por exames de imagens; 6 meses ou mais pós-AVE; espasticidade da musculatura do ombro  $\leq 2$  na Escala Modificada de Ashworth (Bohannon e Smith, 1987); ausência de déficit cognitivo avaliado através do Mini Exame do Estado Mental (MEEM) (Bertolucci et al., 1994); amplitude de movimento (ADM) ativa  $\geq 90^\circ$  de elevação do braço no plano da escápula, avaliada através de inclinômetro digital. Os critérios de inclusão para o grupo controle foram: nenhum histórico de AVE; ausência de dor no ombro; ausência de déficits cognitivos; nenhuma restrição de ADM de ombro.

Os critérios de exclusão para ambos os grupos foram: IMC > 30 Kg/m<sup>2</sup>; alergias a fita transpore; gravidez; presença de objetos metálicos no corpo; doenças cardiovasculares, avaliada através de autorrelato; doenças sistêmicas que envolvessem articulações, como artrite reumatoide e lúpus eritematoso (Santamato et al., 2009); sinais de ruptura completa do manguito rotador, evidenciado pelo teste de queda positivo (Magee, 1997); histórico de fraturas de clavícula, escápula e úmero; histórico de estabilização cirúrgica ou reparo do manguito rotador; dor no ombro com irradiação para todo o membro superior; dormência ou formigamento no membro superior; capsulite adesiva (Walmsley et al., 2009). Indivíduos com hemiparesia crônica também foram excluídos do grupo pós-AVE se apresentassem: AVE bilateral, cerebelar ou de tronco encefálico; dor no ombro anterior ao AVE; teste de Neer (Neer e Welsh, 1997), Hawkins (Hawkins e Kennedy, 1980) ou Jobe (Jobe e Jobe, 1983) positivos do membro superior não-parético. Os indivíduos saudáveis também foram excluídos do grupo controle se apresentassem: dor ou arco de movimento doloroso durante a elevação ativa do membro superior (Buttaci et al., 2004); dor com a palpação dos tendões dos músculos do manguito rotador (Hung et al., 2010); teste de Neer, Hawkins e Jobe positivos; teste de apreensão positivo ou teste de sulco positivos (McClure et al., 2006).



**Figura 1.** Diagrama de fluxo do estudo. GPA, grupo pós-AVE; GC, grupo controle; IMC, índice de massa corpórea; MEEM, Mini Exame do Estado Mental; ADM, amplitude de movimento.

### *Cinemática escapular 3-D*

A cinemática escapular 3-D foi avaliada bilateralmente no grupo pós-AVE crônico. Para o grupo controle, a escolha do braço avaliado foi randomizada, uma vez que já é descrito na literatura que não há diferença na cinemática escapular entre os membros dominante e não-dominante de indivíduos saudáveis, sem dor no ombro (Yoshizaki et al, 2009).

Para avaliação da cinemática escapular 3-D foram utilizados o hardware *Flock of Birds*® (*miniBirds*®, *Ascension Technology Corporation*, Burlington, VT) integrado ao software *MotionMonitor*™ (*Innovative Sports Training*, Inc. Chicago, IL), usando uma conversão A/D de 16-bits. A acurácia da raiz quadrada desse sistema é de 0,5° para orientação e 0,18 cm para posição. A frequência amostral de cada sensor foi de 100 Hz. Os sensores eletromagnéticos foram fixados com fita dupla face ao esterno, à porção mais lateral do acrômio da escápula e à um manguito termoplástico, fixado imediatamente acima do epicôndilo lateral, na região distal do úmero. Um sensor foi acoplado a uma ponteira (*stylus*) para digitalizar pontos anatômicos no tórax, escápula e úmero para construção do sistema de coordenadas local de acordo com o protocolo da Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu et al., 2005).

Os dados foram coletados com o transmissor diretamente atrás do ombro avaliado, no nível da espinha da escápula. Os indivíduos foram posicionados sentados com apoio na parte da coluna lombar e coluna torácica baixa, pés apoiados no chão, braços relaxados ao lado do corpo e mãos sobre a coxa. Essa posição foi mantida por aproximadamente 5 segundos para a coleta dos dados de repouso. Em seguida, os indivíduos foram instruídos a realizarem 5 repetições de elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado e durante a realização da atividade de pentear o cabelo. A elevação do braço no plano da escápula foi guiada por uma superfície vertical planar posicionada à 40-45° anterior ao plano frontal. Todos os participantes foram instruídos a tocar suavemente a superfície com a mão durante o movimento. A elevação do braço no plano auto-selecionado foi realizada de acordo com a capacidade dos indivíduos, que foram instruídos a elevarem o braço o mais alto que eles pudessem alcançar. Esse movimento foi avaliado uma vez que não requer nenhum guia, podendo ser melhor reproduzido por indivíduos pós-AVE (Rundquist et al., 2011). Além disso, estávamos interessados em avaliar o plano de elevação do braço preferido entre os grupos. A elevação do braço durante a atividade de pentear o cabelo foi realizada enquanto os indivíduos seguravam um pequeno pente. Para realização dessa atividade, os indivíduos foram instruídos a

elevarem o braço, alcançar o topo da cabeça e levarem a mão para trás da cabeça até atingirem a base da cabeça ou até o máximo que conseguissem. A atividade de pentear o cabelo foi avaliada uma vez que exige ADM de elevação da articulação glenoumeral compatível com a elevação do braço em planos bem definidos (Magermans et al., 2005). O primeiro membro a ser avaliado para o grupo pós-AVE crônico foi aleatorizado, assim como a ordem dos movimentos. A dor no ombro foi avaliada antes da avaliação da cinemática escapular 3-D através da Escala Numérica de Dor que avalia a dor através de uma escala de 0 a 10 (0 = nenhuma dor e 10 = a pior dor) (Puga et al., 2013).

Para análise dos dados, sistemas de coordenadas locais foram estabelecidos para o tronco, escápula e úmero, utilizando os pontos anatômicos digitalizados e recomendados pelo protocolo da Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu et al., 2005). O eixo-z foi apontado lateralmente, o eixo-x anteriormente e o eixo-y superiormente para análise de dados do lado direito. A orientação dos eixos para o lado esquerdo foi alterada, de modo que o eixo-z foi apontado lateralmente, o eixo-x posteriormente e o eixo-y superiormente. O sistema de planos e eixos para o tronco, escápula e úmero foram estabelecidos de acordo com estudos prévios (Ludewig, 2009). A sequência YXZ foi usada para descrever os movimentos escapulares em relação ao tronco. As rotações da escápula foram descritas na seguinte ordem: rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior. A posição do úmero em relação ao tronco foi determinada utilizando a sequência YX'Y''. A primeira rotação definiu o plano de elevação, a segunda rotação definiu o ângulo de elevação umeral e a terceira rotação definiu as rotações interna/externa do úmero.

#### *Uso do membro superior parético*

Para avaliação do uso espontâneo do membro superior parético para realizar 30 AVDs, foi utilizado o questionário MAL-30, traduzido e validado para a população brasileira (Pereira et al., 2012). As 30 AVDs foram avaliadas através de uma escala quantitativa e uma escala qualitativa, que foram pontuadas de 0 a 5 de acordo com a quantidade e a qualidade do uso do membro superior parético. A pontuação total em cada escala foi dada separadamente pela somatória das atividades dividida pela quantidade de tarefas avaliadas (Pereira et al., 2012). A pontuação mínima de 0 indica que o membro superior parético não é utilizado para a realização da atividade e a pontuação máxima de 5 indica que o membro superior parético é utilizado para realização da tarefa com a

mesma capacidade que antes do AVE. Uma pontuação inferior a 2,5 pontos indica uso assimétrico dos membros superiores (Saliba et al., 2011).

#### *Análise de dados*

Os dados foram analisados utilizando o software SPSS Versão 17 (SPSS Inc., Chicago, IL). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para avaliar a distribuição dos dados. O teste *t* independente foi utilizado para avaliar as diferenças entre idade, altura, massa corporal e IMC entre o grupo pós-AVE e o grupo controle. O teste de *U de Mann-Whitney* foi utilizado para avaliar as diferenças entre os grupos das variáveis idade, sexo, dominância e membro afetado/avaliado.

A primeira e última tentativas de elevação do braço em cada plano foram excluídas, a fim de permitir uma pequena familiarização dos indivíduos com o movimento e evitar a fadiga. A média do movimento escapular da segunda, terceira e quarta tentativas foram utilizadas para as análises e a confiabilidade da cinemática escapular dessas três tentativas foram avaliadas através do Coeficiente de Correlação Intraclassa ( $ICC_{2,1}$ ) (Shrout e Fleiss, 1979). Para análise de cada variável cinemática (rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior) foi utilizada uma ANOVA de duas vias modelo misto para cada fase do movimento (elevação e depressão do braço), tendo os ângulos de elevação do braço (30°, 60° e 90°) como fator intra-grupos, e os membros (membro superior parético e não-parético do grupo pós-AVE e membro superior aleatorizado do grupo controle) como fator entre-grupos. O interesse primário foi checar a interação braço x ângulo de elevação e o secundário o efeito principal de braço. A análise de *post hoc* de Bonferroni foi utilizada quando necessária. Para análise dos dados de repouso e de dor foi utilizada uma ANOVA de uma via tendo como fator independente os braços.

Foi calculada a ADM das rotações e inclinação da escápula do repouso até 90° de elevação do braço (angulação à 90° de elevação do braço - angulação de repouso). O teste de correlação de *Spearman* foi então usado para correlacionar a ADM da escápula e pontuação das escalas quantitativa e qualitativa do questionário MAL-30. A correlação foi considerada muito baixa entre 0,15 e 0,24, baixa entre 0,25 e 0,49, moderada entre 0,50 e 0,69, alta entre 0,70-0,89 e muito alta entre 0,90 e 1,00 (Munro, 1993). O tamanho do efeito das diferenças entre-grupos foi calculado através do coeficiente *d* de Cohen (Cohen, 1988). Um tamanho de efeito maior que 0,8 foi considerado grande, maior que

0,5 foi considerado moderado e abaixo de 0,2 foi considerado pequeno (Cohen, 1988). Foi considerado um nível de significância de 0,05 para todas as análises.

## **Resultados**

### *Características demográficas*

Não foram encontradas diferenças entre os grupos para nenhuma característica demográfica. Também não foi encontrada nenhuma diferença entre os membros parético, não-parético e controle para o plano preferido de elevação do braço. Todos os indivíduos pós-AVE apresentaram dor no ombro parético. Nenhuma dor foi reportada no ombro não-parético dos indivíduos do grupo pós-AVE e nos indivíduos do grupo controle (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características dos participantes

<b>Características</b>	<b>Grupo pós-AVE (n=17)</b>	<b>Grupo controle (n=17)</b>	<b>Teste e valor de p</b>	
Idade (anos)	57 (8)	59 (8)	t = -0,06; p = 0,95	
Sexo (masculino/feminino)	12/5	12/5	H = 0,00; p = 1,00	
Altura (m)	1,64 (0,09)	1,65 (0,11)	t = -0,45; p = 0,65	
Massa corporal (Kg)	67,97 (12,70)	72,55 (12,02)	t = -1,08; p = 0,28	
Índice de massa corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	25,08 (3,49)	26,22 (1,96)	t = -1,17; p = 0,24	
MS dominante (Dir/Esq)	16/1	16/1	H = 0,34; p = 1,00	
MS parético (D/ND)	10/7	NA	H = 0,11; p = 0,73	
MS avaliado (D/ND)	17/17	9/8		
Tempo pós-AVE (meses)	60,12 (48,65)	NA	--	
Pontuação da Escala de Fugl-Meyer	47 [26 - 60]	NA	--	
MAL-30, escala quantitativa	1,08 [0 - 4,93]	NA	--	
MAL-30, escala qualitativa	1,00 [0 - 4,90]	NA	--	
	<b>MS parético</b>	<b>MS não-parético</b>	<b>MS avaliado</b>	
Escala Numérica de Dor	3,14 (2,37)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	F = 29,97; p < 0,001*#
Plano preferido de elevação do braço (graus)	50,65 (3,81)	50,95 (3,99)	44,91 (4,18)	F = 1,29; p = 0,28

Valores estão apresentados como média (desvio padrão) para dados com distribuição normal, e como mediana [mínimo-máximo] para os dados com distribuição não-normal. m, metros; Kg, quilogramas; MS, membro superior; Dir, direita; Esq, esquerda; D, dominante; ND, não-dominante; NA, não aplicável; MAL, Motor Activity Log; t, teste t independente; F, ANOVA *one-way*; H, teste U de Mann-Whitney.

\* Diferença significativa entre o membro superior parético do grupo pós-AVE e grupo controle.

# Diferença significativa entre o membro superior parético e o não-parético do grupo pós-AVE.



### *Cinemática escapular*

Durante a elevação e depressão do membro superior em todos os planos de movimento, a confiabilidade entre as repetições foi muito boa para rotação interna/externa (ICC: membro superior parético = 0,86-0,99; membro superior não-parético = 0,89-0,97; controle = 0,91-0,98), moderada a muito boa para a rotação superior/inferior da escápula (ICC: membro superior parético = 0,58-0,96; membro superior não-parético = 0,77-0,96; controle = 0,76-0,96) e muito boa para a inclinação anterior/posterior (ICC: membro superior parético = 0,88-0,97; membro superior não-parético = 0,84-0,98; controle = 0,94-0,98).

### *Posição de repouso*

Na posição de repouso não foram encontradas diferenças entre os membros superiores parético, não-parético e controle para as variáveis escapulares (rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior) ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Cinemática escapular 3-D durante a posição de repouso.

Movimento escapular	Grupo pós-AVE (n = 17)		Grupo controle (n = 17)	Teste e valor de p
	MS parético	MS não-parético	MS avaliado	
<b>Rotação interna (graus)</b>	41,0 (4,3)	37,9 (4,6)	36,8 (6,2)	F = 3,08; $p = 0,05$
<b>Rotação superior (graus)</b>	1,22 (4,0)	1,51 (4,1)	0,24 (3,7)	F = 0,47; $p = 0,62$
<b>Inclinação anterior (graus)</b>	-11,3 (5,9)	-9,9 (4,5)	-8,7 (3,6)	F = 0,64; $p = 0,52$

Valores estão apresentados como média (desvio padrão). AVE, acidente vascular encefálico; MS, membro superior; F, ANOVA one-way;  $p$ , efeito principal de braço.

### *Plano escapular*

Rotação interna/externa. Durante a elevação do braço no plano escapular, não foram observadas interação braço x ângulo de elevação, nem efeito principal de braço para a rotação interna/externa da escápula ( $p > 0,05$ ). Durante a depressão do braço nesse plano, foi observada uma interação significativa braço x ângulo para a rotação interna/externa da escápula ( $p = 0,021$ ;  $F = 3,46$ ). As comparações em pares indicaram que a 90° de depressão do braço, os membros superiores parético e não-parético dos indivíduos pós-AVE apresentaram maior rotação interna da escápula quando comparado aos controles (diferença média = 8,7° e 7,2°; tamanho de efeito = 1,12 e 0,78, respectivamente) (Figura 1A).

Rotação superior/inferior. Durante a elevação e depressão do braço no plano da escápula, não foram observadas interação braço x ângulo de elevação ( $p = 0,06$  e  $0,20$ ;  $F = 2,58$  e  $1,52$ , respectivamente), nem efeito principal de braço ( $p = 0,58$  e  $0,45$ ;  $F = 3,32$  e  $0,79$ , respectivamente) para a rotação superior/inferior da escápula (Figura 2B).

Inclinação anterior/posterior. Durante a elevação e depressão do braço, não foi observada interação braço x ângulo de elevação para inclinação anterior/posterior da escápula ( $p = 0,34$  e  $0,81$ ;  $F = 0,35$  e  $0,24$ , respectivamente). Entretanto, foi observado um efeito principal de braço durante a elevação e depressão do braço ( $p = 0,009$  e  $0,013$ ;  $F = 5,19$  e  $4,80$ , respectivamente). As comparações em pares mostraram que o membro superior parético dos indivíduos pós-AVE apresentou maior inclinação anterior da escápula durante a elevação e depressão do braço no plano da escápula, comparado com os indivíduos controle (diferença média =  $5,4^\circ$  para ambas comparações; tamanho de efeito =  $4,54$  e  $4,40$ , respectivamente) (Figura 2C).

#### *Plano auto-selecionado*

Rotação interna/externa. Durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado, foi observada uma interação braço x ângulo, para a rotação interna/externa da escápula ( $p = 0,03$  e  $0,002$ ;  $F = 3,02$  e  $5,46$ , respectivamente). As comparações em pares indicaram que o membro superior parético apresentou uma maior rotação interna da escápula a  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $90^\circ$  de elevação (diferença média =  $5,7^\circ$ ,  $6,0^\circ$  e  $7,2^\circ$ ; tamanho de efeito =  $1,07$ ,  $0,97$  e  $1,04$ , respectivamente) e depressão do braço (diferença média =  $7,5^\circ$ ,  $7,6^\circ$  e  $9,8^\circ$ ; tamanho de efeito =  $1,14$ ,  $1,06$  e  $1,22$ , respectivamente), quando comparado ao grupo controle. As comparações em pares também indicaram que o membro superior não-parético dos indivíduos pós-AVE apresentou maior rotação interna da escápula a  $90^\circ$  de elevação do braço (diferença média =  $8,2^\circ$ ; tamanho de efeito =  $0,81$ ) e a  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $90^\circ$  de depressão do braço (diferença média =  $6,0^\circ$ ,  $8,4^\circ$  e  $11,6^\circ$ ; tamanho de efeito =  $0,38$ ,  $0,72$  e  $0,85$ , respectivamente) (Figura 2D).

Rotação superior/inferior. Durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado, não foram observadas interação braço x ângulo de elevação ( $p = 0,23$  e  $0,33$ ;  $F = 1,46$  e  $3,70$ , respectivamente), nem efeito principal de braço ( $p = 0,37$  e  $0,87$ ;  $F = 1,00$  e  $0,12$ , respectivamente) para a rotação superior/inferior da escápula (Figura 2E).

Inclinação anterior/posterior. Durante a elevação e depressão do braço, não foi observada nenhuma interação braço x ângulo de elevação para inclinação anterior/posterior da escápula ( $p = 0,20$  e  $0,05$ ;  $F = 1,60$  e  $2,92$ , respectivamente).

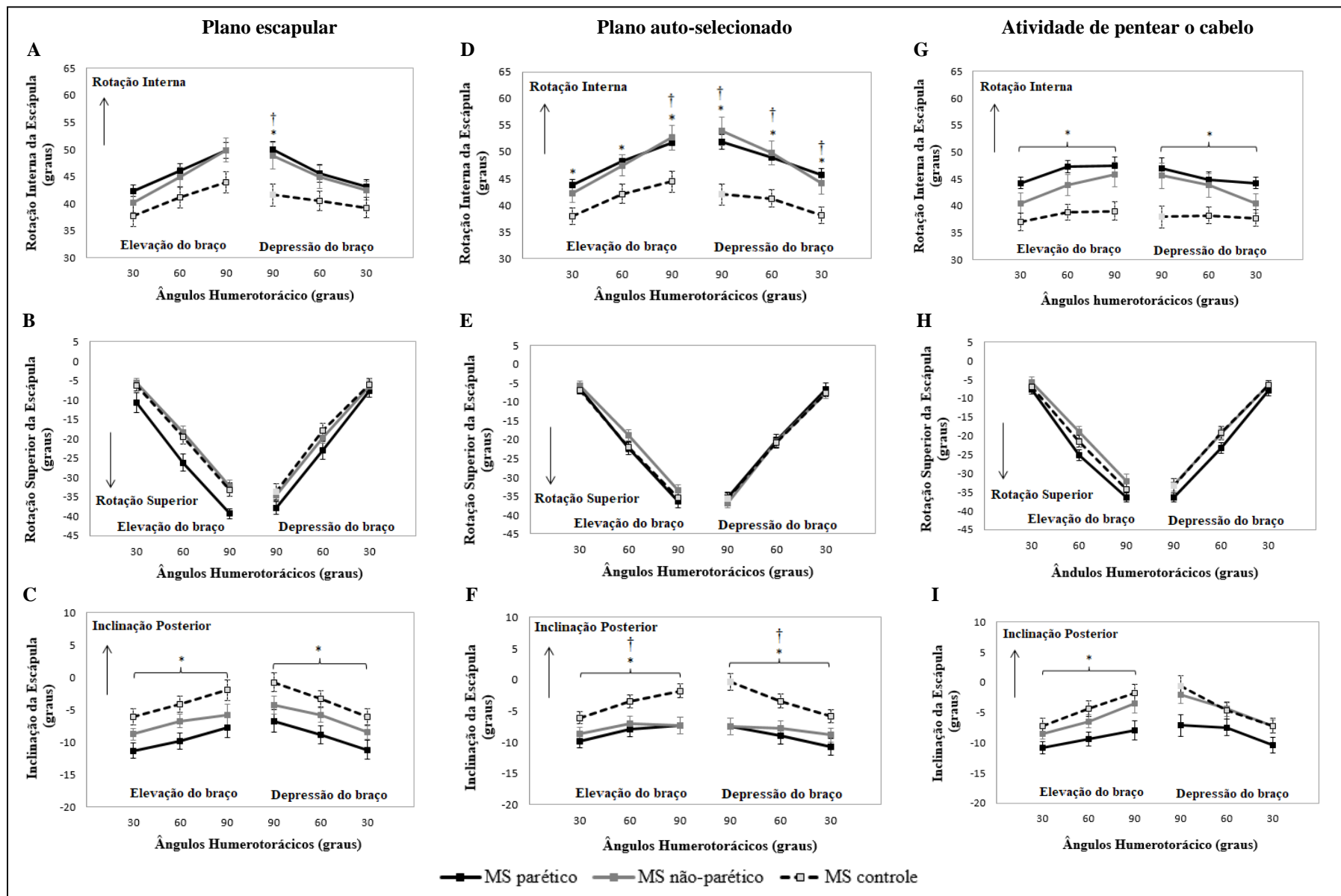
Entretanto, foi observado um efeito principal de braço durante a elevação e depressão do braço ( $p = 0,005$  e  $0,001$ ;  $F = 5,88$  e  $7,63$ , respectivamente). As comparações em pares mostraram que os membros superiores parético e não-parético dos indivíduos pós-AVE apresentaram maior inclinação anterior da escápula durante a elevação e depressão do braço no plano auto-selecionado, comparado com os indivíduos controle (diferença média =  $5,8^\circ$  e  $4,7^\circ$ ; tamanho de efeito =  $5,20$  e  $4,23$ , respectivamente) (Figura 2F).

#### *Atividade de pentear o cabelo*

Rotação interna/externa. Durante a elevação e depressão do braço para realizar a atividade de pentear o cabelo, não foi observada interação braço x ângulo de elevação, para a rotação interna/externa da escápula ( $p = 0,18$  e  $0,08$ ;  $F = 1,68$  e  $2,45$ , respectivamente). Entretanto, foi observado um efeito principal de braço durante a elevação e depressão do braço ( $p = 0,003$  e  $0,009$ ;  $F = 6,57$  e  $5,19$ , respectivamente). As comparações em pares indicaram que o membro superior parético dos indivíduos pós-AVE apresentou uma maior rotação interna da escápula, durante a elevação e depressão do braço (diferença média =  $8,0^\circ$  e  $7,3^\circ$ ; tamanho de efeito =  $3,22$  e  $5,7$ , respectivamente), quando comparado ao grupo controle (Figura 2G).

Rotação superior/inferior. Durante a elevação e depressão do braço, não foram observadas interação braço x ângulo de elevação ( $p = 0,07$  e  $0,50$ ;  $F = 2,29$  e  $0,79$ , respectivamente), nem efeito principal de braço ( $p = 0,10$  e  $0,27$ ;  $F = 2,34$  e  $1,33$ , respectivamente) para a rotação superior/inferior da escápula (Figura 2H).

Inclinação anterior/posterior. Durante a elevação e depressão do braço, não foi observada nenhuma interação braço x ângulo de elevação para inclinação anterior/posterior da escápula ( $p = 0,31$  e  $0,09$ ;  $F = 1,19$  e  $2,29$ , respectivamente). Entretanto, foi observado um efeito principal de braço durante a elevação do membro superior ( $p = 0,016$ ;  $F = 4,51$ ). As comparações em pares mostraram que o membro superior parético dos indivíduos pós-AVE apresentou maior inclinação anterior da escápula durante a elevação do braço durante a atividade de pentear o cabelo, comparado ao grupo controle (diferença média =  $4,9^\circ$ ; tamanho de efeito =  $7,46$ ). Nenhuma diferença na inclinação anterior/posterior da escápula, entre os braços parético, não-parético e controle, foi observada durante a depressão do braço (Figura 2I).



**Figura 2.** 30, 60 e 90 graus de elevação do braço. (A) Rotação interna, (B) rotação superior e (C) inclinação posterior da escápula durante o movimento do braço no plano escapular. (D) Rotação interna, (E) rotação superior e (F) inclinação posterior da escápula durante o movimento do braço no plano auto-selecionado. (G) Rotação interna, (H) rotação superior e (I) inclinação posterior da escápula durante o movimento do braço para pentear o cabelo.

Colchetes indicam efeito principal de braço.

\* Diferença significativa entre o braço parético dos indivíduos pós-AVE e grupo controle; † Diferença significativa entre o braço não-parético dos indivíduos pós-AVE e grupo controle.

*Correlação entre a cinemática 3-D da escápula e o questionário MAL-30*

Nenhuma correlação entre as escalas quantitativa e qualitativa do questionário MAL-30 e a ADM escapular foi observada (Tabela 3).

**Tabela 3.** Correlação da amplitude de movimento (ADM) escapular e as escalas quantitativa e qualitativa do questionário MAL-30.

<b>Plano de elevação do braço</b>	<b>Movimento escapular</b>	<b>ADM (graus)</b>	<b>MAL-30 Escala quantitativa</b>	<b>MAL-30 Escala qualitativa</b>
<b>Plano escapular</b>	Rotação interna	9,2 (4,0)	$p = 0,64$ ; $R = 0,12$	$p = 0,63$ ; $R = 0,12$
	Rotação superior	39,8 (6,6)	$p = 0,15$ ; $R = 0,35$	$p = 0,11$ ; $R = 0,40$
	Inclinação Posterior	5,9 (6,0)	$p = 0,59$ ; $R = 0,14$	$p = 0,57$ ; $R = 0,14$
<b>Plano auto-selecionado</b>	Rotação interna	11,3 (6,5)	$p = 0,71$ ; $R = 0,09$	$p = 0,66$ ; $R = 0,11$
	Rotação superior	37,7 (6,6)	$p = 0,30$ ; $R = 0,26$	$p = 0,24$ ; $R = 0,30$
	Inclinação Posterior	4,2 (4,4)	$p = 0,24$ ; $R = 0,29$	$p = 0,38$ ; $R = 0,22$
<b>Pentear o cabelo</b>	Rotação interna	6,9 (6,8)	$p = 0,89$ ; $R = 0,03$	$p = 0,75$ ; $R = 0,08$
	Rotação superior	37,7 (5,5)	$p = 0,59$ ; $R = 0,13$	$p = 0,34$ ; $R = 0,24$
	Inclinação Posterior	5,1 (3,7)	$p = 0,17$ ; $R = 0,34$	$p = 0,18$ ; $R = 0,33$

Os dados estão apresentados em média (desvio padrão). ADM, amplitude de movimento; MAL-30, Motor Activity Log; R, Coeficiente de correlação de Spearman.

## Discussão

O presente estudo caracterizou o movimento escapular 3-D de indivíduos pós-AVE crônico comparado a um grupo controle saudável. Os resultados mostraram que os indivíduos pós-AVE apresentam maior rotação interna e inclinação anterior da escápula, durante a elevação e depressão do braço, nos planos escapular e auto-selecionado, e durante a atividade de pentear o cabelo, quando comparados a indivíduos controle saudáveis. Nossos achados divergem dos resultados dos estudos prévios que compararam a cinemática escapular dos membros parético e não-parético de indivíduos pós-AVE com indivíduos controle saudáveis. Esses estudos observaram um aumento da rotação superior da escápula dos membros superiores parético (Meskers et al., 2005; Niessen et al., 2008; Rundquist et al., 2011) e não-parético (Meskers et al., 2005; Niessen et al., 2008), e uma menor rotação interna da escápula do membro superior não-parético (Meskers et al., 2005) durante a elevação do braço. Além disso, uma diminuição do ritmo escapuloumeral do membro superior parético foi observada durante a elevação do braço (Rundquist et al., 2011). Entretanto, a maioria dos estudos prévios utilizou um grupo controle não pareado por idade com o grupo pós-AVE. Isso pode limitar as conclusões desses estudos, uma vez que o processo de envelhecimento pode levar a alterações posturais e diminuição de força

muscular, o que conseqüentemente pode alterar a cinemática escapular (Endo et al., 2004).

Um estudo (Niessen et al., 2008) que avaliou a cinemática escapular de indivíduos pós-AVE, com e sem dor no ombro, contou com um grupo controle pareado por idade ao grupo pós-AVE. Um aumento da rotação superior da escápula dos membros superiores parético e não-parético foi observada durante o repouso e durante a elevação do braço de indivíduos pós-AVE com dor no ombro, quando comparados aos indivíduos controle. Entretanto, nenhuma alteração da cinemática escapular foi observada em indivíduos pós-AVE sem dor no ombro. Mesmo com uma amostra pareada por idade, os resultados do estudo de Niessen et al. (2008) divergem dos achados do presente estudo. Uma diferença importante entre os estudos é que indivíduos na fase sub-aguda pós-AVE (tempo pós-AVE entre 1 e 6 meses) foram avaliados no estudo de Niessen et al., (2008) e indivíduos na fase crônica pós-AVE (tempo pós-AVE =  $60,12 \pm 48,65$  meses) foram avaliados no presente estudo. Nas fases aguda e subaguda pós-AVE, o sistema nervoso central passa por diversos processos de reorganização, visando maximizar a capacidade dos neurônios para a condução de respostas eferentes (Pascual-leone et al., 2005). Um aumento da rotação superior da escápula nessa fase poderia ser interpretada como uma resposta compensatória, devido a redução da elevação glenoumeral, ou no intuito de minimizar a dor nessa fase inicial pós-AVE (De Baets et al., 2013). Na fase crônica pós-AVE, a recuperação espontânea atinge um platô e alterações secundárias como perda da densidade óssea, atrofia e encurtamento muscular são somadas aos déficits motores, o que pode justificar um padrão cinemático distinto (English et al., 2010; Pang and Eng, 2005).

É já descrito na literatura que a diminuição ou atraso da ativação dos músculos serrátil anterior e trapézio médio e inferior, bem como o aumento da ativação do músculo trapézio superior podem aumentar a rotação interna e a inclinação anterior da escápula (Ludewig and Cook, 2000; Phadke et al., 2009). Apesar de escassa a literatura sobre as alterações de ativação da musculatura escapulotorácica em indivíduos pós-AVE, há evidências de um atraso da ativação do músculo serrátil anterior em indivíduos pós-AVE com e sem dor no ombro (De Baets et al., 2014), o que poderia explicar algumas das alterações observadas no presente estudo. Ainda, há algumas evidência controversas em relação a ativação do músculo trapézio superior em indivíduos pós-AVE. Um estudo (Molina Rueda et al., 2012) reportou uma ativação excessiva e mantida do músculo trapézio superior durante o movimento de alcance com o membro superior parético como

compensação pela fraqueza do deltóide anterior. Já, outros estudos (Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) reportaram uma diminuição da ativação do músculo trapézio superior durante a flexão e abdução isométrica e isocinética dos membros superiores parético e não-parético de indivíduos pós-AVE comparado a indivíduos controle. Esses resultados podem ser explicados pelas diferenças entre as tarefas avaliadas, em que atividades funcionais podem gerar diferentes padrões de ativação muscular.

O aumento da rotação interna e da inclinação anterior da escápula podem também estar associado à dor no ombro. Estudos prévios sugerem que essas alterações da cinemática escapular podem aproximar a parte anterior do acrômio dos tendões do manguito rotador, bloqueando assim a passagem da tuberosidade maior do úmero no acrômio. Isso pode aumentar o impacto subacromial, causando dor (Ludewig and Cook, 2000; Phadke et al., 2009). Entretanto, chama a atenção no nosso estudo o fato de que, mesmo na ausência de dor, o membro não-parético apresentou as mesmas alterações cinemáticas observadas no membro parético, como o aumento da rotação interna e inclinação anterior da escápula. Esses achados sugerem que as alterações da cinemática escapular por si só podem não ter uma relação direta com a dor no ombro pós-AVE. Outros fatores podem estar relacionados à dor no ombro parético pós-AVE, como a espasticidade, sensibilização central, déficits sensoriais, subluxação da cabeça umeral e lesões de tecidos moles (Kalichman e Ratmansky, 2011).

Interessantemente não houve nenhuma diferença entre os grupos, no plano de elevação do braço preferido (auto-selecionado). Esses indivíduos podem ter padrões de movimento da articulação glenoumeral similares aos indivíduos saudáveis, com diferentes padrões de movimento escapulares para realizar a tarefa de elevação do braço.

Ainda, nenhuma correlação entre a ADM escapular e o uso do membro superior parético para a realização de AVDs de indivíduos pós-AVE foi observada. Um aumento da rotação superior e uma diminuição da rotação interna da escápula foram reportados como preditores do comprometimento motor do membro superior parético avaliado pela Escala de Fugl-Meyer (Rundquist et al., 2011). Entretanto, a escala de Fugl-Meyer avalia somente a função motora do membro superior parético durante a realização de atividades simples, não refletindo a funcionalidade do membro superior pós-AVE (Maki et al., 2006). O questionário MAL-30, utilizado no presente estudo, avalia o uso espontâneo do membro superior parético em ambiente real e reflete a função do membro superior para realização de AVDs (Pereira et al., 2012). Assim, as alterações da cinemática escapular podem prever as alterações motoras do membro superior pós-AVE, entretanto essas

alterações não são correlacionadas com o uso do membro superior parético para realizar as AVDs.

Além disso, a cinemática escapular em apenas uma atividade funcional foi avaliada no presente estudo. As atividades avaliadas no presente estudo podem não refletir os movimentos escapulares que contribuem para a funcionalidade do membro superior pós-AVE para realizar outras AVDs. Também é importante considerar a cronicidade do AVE dos participantes avaliados nesse estudo. É possível que indivíduos pós-AVE na fase crônica desenvolvam estratégias compensatórias para realizar as AVDs, e assim as alterações da cinemática escapular podem não representar um problema para a funcionalidade do membro superior parético.

O estudo apresenta algumas limitações, como ter avaliado indivíduos pós-AVE com diferentes níveis de comprometimento motor, o que pode ter aumentado a variabilidade dos resultados. O uso do questionário MAL-30 em indivíduos com comprometimentos motores severos pós-AVE é limitado devido a um possível efeito de chão dos resultados em pacientes graves. Outro ponto importante é que a funcionalidade do membro superior para realização de AVDs pode ser influenciada pela coordenação de diversas articulações, e a funcionalidade do membro superior parético foi correlacionada apenas com a cinemática escapular nesse estudo. Ainda, apenas a atividade funcional de pentear o cabelo foi avaliada nesse estudo. Seria importante, em estudos futuros, avaliar a cinemática escapular pós-AVE durante a realização de outras AVDs como alcançar, se alimentar e realizar higiene pessoal. A ausência de um grupo pós-AVE sem dor no ombro limitou nossas conclusões sobre a associação entre as alterações cinemáticas e a dor no ombro.

Apesar dessas limitações, os resultados do presente estudo têm relevância clínica para a reabilitação, pois fornecem novas informações sobre os movimentos da escápula e o uso do membro superior parético em indivíduos na fase crônica pós-AVE. Os resultados indicam que seria benéfico para indivíduos pós-AVE participar de um programa de fortalecimento bilateral dos músculos serrátil anterior, trapézio médio e inferior, bem como a exercícios de alongamento dos músculos trapézio superior e peitoral menor, que auxiliariam a diminuir a rotação interna e a inclinação anterior da escápula, diminuindo a dor e melhorando a função. No entanto, um estudo futuro deveria ser realizado para avaliar essa hipótese.



**Conclusão**

Os resultados do presente estudo mostram que indivíduos na fase crônica pós-AVE apresentam aumento bilateral da rotação interna e inclinação anterior da escápula, durante a elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado e durante a atividade de pentear o cabelo. Entretanto, essas alterações da cinemática escapular durante essas atividades não se correlacionam com a função do membro superior parético pós-AVE, avaliada através do questionário MAL-30.

**Financiamento**

Esse trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Brasil (Processo nº 2014/00200-2).

**Agradecimentos**

Nós gostaríamos de agradecer à todos os participantes, e aos apoios técnicos Celso ATM da Silva e Jean P Ferreira pelo suporte na coleta de dados.

## Referências

- AVILA, M.A.; ROMAGUERA, F.; OLIVEIRA, A.B.; CAMARGO, P.R.; FATIMA, T.F. Bilateral impairments of shoulder abduction in chronic hemiparesis: Electromyographic patterns and isokinetic muscle performance. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 712–720, 2013.
- BERTOLUCCI, P.H.; BRUCKI, S.M.; CAMPACCI, S.R.; JULIANO, Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral. Impacto da escolaridade. *Arq. Neuropsiquiatr.* v. 52, p. 1–7, 1994.
- BOHANNON, R.W.; SMITH, M.B. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys. Ther.* v. 67, p. 206–207, 1987.
- BUTTACI, C.J.; STITIK, T.P.; YONCLASS, P.P.; FOYE, P.M. Osteoarthritis of the acromioclavicular joint. *Clin. Orthop. Relat. Res.* v. 58, p. 69–73, 2004.
- CARVALHO-PINTO, B.; FARIA, C. Health, function and disability in stroke patients in the community. v. 20, p. 355–366, 2016.
- COHEN, J. The concepts of power analysis, in: Cohen, J. (Ed.), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press, Inc, New Jersey. 1988. pp. 1–17.
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; DESLOOVERE, K.; VAN DEUN, S. A systematic review of 3D scapular kinematics and muscle activity during elevation in stroke subjects and controls. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 3–13, 2013.
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; JANSSENS, L.; VAN DEUN, S. Characteristics of Neuromuscular Control of the Scapula after Stroke: A First Exploration. *Front. Hum. Neurosci.* v. 8, p. 1–8, 2014.
- EBAUGH, D.D.; SPINELLI, B. A. Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 20, p. 199–205, 2010.
- ENDO, K.; YUKATA, K.; YASUI, N. Influence of age on scapulo-thoracic orientation. *Clin. Biomech.* v. 19, p. 1009–1013, 2004.
- ENGLISH, C.; MCLENNAN, H.; THOIRS, K.; COATES, A.; BERNHARDT, J. Reviews: Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review. *J. Stroke.* v. 5, p. 395–402, 2010.
- FEIGIN, V.L.; LAWES, C.M.; BENNETT, D. A.; BARKER-COLLO, S.L.; PARAG, V. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. *Lancet Neurol.* v. 8, p. 355–369, 2009.

- HARRIS, J.E.; ENG, J.J. Paretic upper-limb strength best explains arm activity in people with stroke. *Phys. Ther.* v. 87, p. 88–97, 2007.
- HAWKINS, R.J.; KENNEDY, J.C. Impingement syndrome in athletes. *Am J Sport Rehab.* v. 8, p. 151–158, 1980.
- HUNG, C.J.; JAN, M.H.; LIN, Y.F.; WANG, T.Q.; LIN, J.J. Scapular kinematics and impairment features for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Man. Ther.* v. 15, p. 547–551, 2010.
- JOBE, F.W.; JOBE, M.C. Painful athletic injuries of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* v. 173, p. 117–124, 1983.
- KALICHMAN, L.; RATMANSKY, M. Underlying Pathology and Associated Factors of Hemiplegic Shoulder Pain. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* v. 90, p. 768–780, 2011.
- LUDEWIG, P.M. Motion of the Shoulder Complex During Multiplanar Humeral Elevation. *J. Bone Jt. Surg.* v. 91, p. 378, 2009.
- LUDEWIG, P.M.; COOK, T.M. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys. Ther.* v. 80, p. 276–291, 2000.
- MAGERMANS, D.J.; CHADWICK, E.K.J.; VEEGER, H.E.J.; VAN DER HELM, F.C.T. Requirements for upper extremity motions during activities of daily living. *Clin. Biomech.* v. 20, p. 591–599, 2005.
- MAKII, T.; QUAGLIATO, E.M.A.B.; CACHO, E.W.A.; PAZ, L.P.S.; NASCIMENTO, N.H.; INQUE, M.M.E.A.; VIANA, M.A. Fugl-Meyer no Brasil. *Rev Bras Fisioter* v. 10, p. 177–183, 2006.
- MCCLURE, P.W.; MICHENER, L. A; KARDUNA, A.R. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys. Ther.* v. 86, p. 1075–1090, 2006.
- MCCREA, P.; ENG, J.; HODGSON, A. Time and magnitude of torque generation is impaired in both arms following stroke. *Muscle Nerve.* v. 28, p. 46–53, 2003.
- MESKERS, C.G.M.; KOPPE, P.A.; KONIJNENBELT, H.; VEEGER, H.E.J.; JANSSEN, T.W.J. Kinematic Alterations in the Ipsilateral Shoulder of Patients with Hemiplegia Due to Stroke. p. 97–105, 2005.
- MOLINA RUEDA, F.; RIVAS MONTERO, F.M.; PÉREZ DE HEREDIA TORRES, M., ALGUACIL DIEGO, I.M.; MOLERO SÁNCHEZ, A.; MIANGOLARRA PAGE, J.C. Movement analysis of upper extremity hemiparesis in patients with cerebrovascular disease: A pilot study. *Neurol.* v. 27, p. 343–347, 2012.

- MUNRO, B.H. *Correlations, Statistical Methods for Health Care Research*. Co, JB Lippincott, Philadelphia. 1993.
- NEER, C.S., WELSH, R.P. The shoulder in sports. *Orthop Clin North Am*. v. 8, p. 583–591, 1997.
- NIESSEN, M.H.; JANSSEN, T.; MESKERS, C.; KOPPE, P.; KONIJNENBELT, M.; VEEGER, D.J. Kinematics of the contralateral and ipsilateral shoulder: A possible relationship with post-stroke shoulder pain. *J. Rehabil. Med*. v. 40, p. 482–486, 2008.
- PANG, M.Y.C.; ENG, J.J. Muscle strenght is a determinant of bone mineral content in the hemiparetic upper extremity: Implications for stroke rehabilitation. *Bone*. v. 37, p. 103–111, 2005.
- PARKER, V.M.; WADE, D.T.; LANGTON, H.R. Loss of arm function after stroke: measurement, frequency, and recovery. *Int Rehabil Med*. v. 8, p. 69–73, 1986.
- PASCUAL-LEONE, A., AMEDI, A., FREGNI, F., MERABET, L.B. The Plastic Human Brain Cortex. *Annu Rev*. 2005.
- PEREIRA, N.D.; OVANDO, A.C.; MICHAELSEN, S.M.; ANJOS, S.M.; LIMA, R.C.M.; NASCIMENTO, L.R.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F. Motor Activity Log-Brazil: reliability and relationships with motor impairments in individuals with chronic stroke. *Arq. Neuropsiquiatr*. v. 70, p. 196–201, 2012.
- PHADKE, V.; CAMARGO, P.R.; LUDEWIG, P.M. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev. Bras. Fisioter*. v. 13, p. 1–9, 2009.
- PUGA, V.O.D.O.; LOPES, A.D.; SHIWA, S.R.; ALOUCHE, S.R.; COSTA, L.O.P. Clinimetric Testing Supports the Use of 5 Questionnaires Adapted Into Brazilian Portuguese for Patients With Shoulder Disorders. *J. Orthop. Sport. Phys. Ther*. v. 43, p. 404–413, 2013.
- RUNDQUIST, P.J.; DUMIT, M.; HARTLEY, J.; SCHULTZ, K.; FINLEY, M.A. Three-dimensional shoulder complex kinematics in individuals with upper extremity impairment from chronic stroke. *Disabil. Rehabil*. v. 1–6, 2011.
- RUNDQUIST, P.J.; OBRECHT, C.; WOODRUFF, L. Three-Dimensional Shoulder Kinematics to Complete Activities of Daily Living. *Am. J. Phusical Med. Rehabil*. v. 88, p. 623–629, 2009.
- SALIBA, V.A.; MAGALHÃES, L.D.C.; FARIA, C.D.C.D.M.; LAURENTINO, G.E.C.; CASSIANO, J.G.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F. Adaptação transcultural e análise

- das propriedades psicométricas da versão brasileira do instrumento Motor Activity Log. *Rev. Panam. Salud Pública.* v. 30, p. 262–271, 2011.
- SANTAMATO, A.; SOLFRIZZI, V.; PANZA, F.; SANTAMATO A.; SOLFRIZZI V.; PANZA F. Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy. *Phys Ther.* v. 89, p. 643-652, 2009.
- SANTOS, G.L.; GARCÍA-SALAZAR, L.F.; SOUZA, M.B.; OLIVEIRA, A.B.; CAMARGO, P.R.; RUSSO, T.L. Torque steadiness and muscle activation are bilaterally impaired during shoulder abduction and flexion in chronic post-stroke subjects. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 30, p. 151–160, 2016.
- SHROUT, P.E.; FLEISS, J.L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol. Bull.* v. 86, p. 420–428, 1979.
- SOUSA, C. DE O.; CAMARGO, P.C.; RIBEIRO, I.L.; REIFF, R.; MICHENER, L.A.; SALVINI, T.F. Motion of the shoulder complex in individuals with isolated acromioclavicular osteoarthritis and associated with rotator cuff dysfunction : Part 1 – Three-dimensional shoulder kinematics. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 24, p. 520-530, 2014.
- WALMSLEY, S.; RIVETT, D.A.; OSMOTHERLY, P.G. Adhesive capsulitis: Establishing Consensus on clinical identifiers for stage 1 using the Delphi technique. *Phys. Ther.* v. 89, p. 906–917, 2009.
- WU, G.; VAN DER HELM, F.C.T.; VEEGER, H.E.J.; MAKHSOUS, M.; VAN ROY, P.; ANGLIN, C.; NAGELS, J.; KARDUNA, A.R.; MCQUADE, K.; WANG, X.; WERNER, F.W.; BUCHHOLZ, B. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion - Part II: Shoulder, elbow, wrist and hand. *J. Biomech.* v. 38, p. 981–992, 2005.
- YOSHIZAKI, K.; HAMADA, J.; TAMAI, K.; SAHARA, R.; FUJIWARA, T.; FUJIMOTO, T. Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *J Shoulder Elb. Surg.* v. 18, p. 756–763, 2009.

## **5. Estudo 2: Amplitude e tempo de ativação muscular do ombro em indivíduos com hemiparesia crônica.**

**Artigo submetido ao periódico *Clinical Biomechanics*.**

Maíra Carolina Lixandrão<sup>1</sup>, Paula Rezende Camargo<sup>1</sup>, Christiane Lanatovitz Prado-Medeiros<sup>1</sup>, Caroline Evelin Neves Scarpa<sup>1</sup>, Celso Antônio de Moraes Takarashi<sup>1</sup>, Tania de Fátima Salvini<sup>1</sup>

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

## Resumo

*Introdução:* Déficits motores dos músculos do ombro podem alterar o controle do movimento para realizar atividades funcionais pós-AVE. Esse estudo avaliou bilateralmente a ativação muscular do ombro de indivíduos com hemiparesia crônica e sua correlação com o uso do membro superior parético.

*Métodos:* Doze indivíduos com hemiparesia crônica e treze indivíduos controle foram incluídos nesse estudo. A amplitude e o *onset/offset* de ativação dos músculos trapézio superior, trapézio inferior, serrátil anterior, deltóide anterior e deltóide médio foram avaliados durante a elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado e durante a atividade de pentear o cabelo. As variáveis de interesse foram comparadas entre os braços parético, não-parético e controle. A ativação muscular foi correlacionada com o uso do membro superior parético.

*Resultados:* Comparado com os indivíduos controle, os braços parético e não-parético apresentaram uma diminuição da amplitude de ativação do trapézio inferior e deltóide médio durante a elevação do braço em todos os planos de elevação, assim como uma diminuição da amplitude de ativação do deltóide anterior durante a elevação do braço no plano escapular. Ambos os braços dos indivíduos pós-AVE apresentaram uma diminuição da amplitude de ativação do músculo trapézio inferior durante a depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado, e uma diminuição da amplitude de ativação do deltóide médio durante a depressão do braço no plano auto-selecionado e para pentear o cabelo. Os braços parético e não-parético apresentaram um atraso do *onset* de ativação dos músculos serrátil anterior, trapézio superior e inferior durante o movimento no plano auto-selecionado. O braço parético também apresentou um atraso do *onset* desses músculos durante a atividade de pentear o cabelo, quando comparado com os controles, e um atraso do *offset* de ativação durante o movimento do braço no plano auto-selecionado comparado aos músculos trapézio inferior e serrátil anterior. Todos os grupos apresentaram um atraso do *onset* de ativação do serrátil anterior durante o movimento nos planos escapular e auto-selecionado, comparado com o trapézio superior. Nenhuma correlação entre a ativação muscular do ombro e o uso do membro superior parético foi observada.

*Interpretação:* Indivíduos com hemiparesia crônica apresentam déficits de ativação muscular do ombro bilaterais que podem estar relacionados a alterações da cinemática escapular pós-AVE. Entretanto, esses déficits de ativação muscular não foram correlacionados com o uso do membro superior parético para realizar atividades de vida diária.

*Palavras-chave:* Acidente vascular encefálico, membro superior, escápula, eletromiografia, Fisioterapia.

## Introdução

Déficits de membros superiores pós-acidente vascular encefálico (AVE) incluem fraqueza, alterações sensoriais e de coordenação (Raghavan, 2015). Há evidências de que esses déficits afetam o membro superior de maneira bilateral (McCrea et al., 2003; Niessen et al., 2008a, 2008b; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) e tanto as articulações proximais e distais podem ser acometidas (Beebe and Lang, 2008). Déficits motores do complexo do ombro podem comprometer o controle motor durante os movimentos dos membros superiores, limitando o desempenho das atividades funcionais de indivíduos pós-AVE (Mercier and Bourbonnais, 2004; Harris and Eng, 2007).

A função do ombro é altamente dependente da ativação adequada e coordenada dos músculos glenomerais e escapulotorácicos (Phadke et al., 2009). Assim, tanto a amplitude quanto o tempo (*onset e offset*) de ativação dos músculos do complexo do ombro são importantes para a realização das atividades de vida diária (AVDs). Em indivíduos pós-AVE poucas informações sobre a ativação muscular do ombro e sua relação com o movimento escapular e o uso do membro superior estão disponíveis na literatura (De Baets et al., 2013).

O músculo deltóide é o motor primário da elevação do braço durante o alcance (Prange et al., 2012). Indivíduos pós-AVE apresentam diminuição da elevação glenoumeral bilateral (Meskers et al., 2005; Massie et al., 2012). Entretanto, tanto um aumento (McCrea et al., 2005; Stoeckmann et al., 2009) quanto uma diminuição (Massie et al., 2012; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) da amplitude de ativação dos músculos deltóide anterior e médio durante o movimento dos membros superiores parético e não-parético foram reportados em indivíduos pós-AVE quando comparado a indivíduos saudáveis.

Os músculos escapulotorácicos são responsáveis por mover a escápula em inclinação posterior, rotação superior e interna, fornecendo uma base estável para os movimentos umerais (Phadke et al., 2009; Rundquist et al., 2009). Alguns estudos têm reportado um aumento da inclinação anterior, rotação superior e interna da escápula durante a elevação e depressão dos braços parético e não-parético (Niessen et al., 2008; Rundquist et al., 2011; De Baets et al., 2016; Lixandrão et al., 2017). Um estudo ainda reportou diminuição da rotação interna da escápula durante a elevação do braço não-parético (Meskers et al., 2005). Entretanto a relação entre as alterações de ativação muscular do ombro e os movimentos escapulares e o uso do membro superior pós-AVE ainda não é clara.



Diminuição da amplitude de ativação dos músculos serrátil anterior (Santos et al., 2016), trapézio superior (Hughes et al., 2010; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) e inferior (Hughes et al., 2010), e atraso do *onset* de ativação do trapézio superior (Avila et al., 2013) foram observados durante o movimento do braço parético e não-parético de indivíduos pós-AVE quando comparados a indivíduos controle. Além disso, alguns estudos reportaram um atraso do *onset* de ativação, bem como um *offset* de ativação precoce do músculo serrátil anterior durante a elevação do braço parético de indivíduos pós-AVE com dor no ombro comparados a indivíduos controle (De Baets et al., 2014; De Baets et al., 2016). Em indivíduos pós-AVE com dor no ombro, essas alterações do tempo de ativação muscular do serrátil anterior foram associadas a um *onset* de ativação precoce dos músculos trapézio inferior e infraespinhal (De Baets et al., 2014).

Apesar de existirem estudos sobre a ativação da musculatura do complexo do ombro em indivíduos pós-AVE, poucos e controversos resultados têm sido reportados na literatura. Alguns estudos avaliaram a ativação muscular do ombro durante contrações máximas uniarticulares (Avila et al., 2013; Santos et al., 2016), o que pode não refletir os déficits de ativação muscular durante a realização de AVDs. Outros estudos, reportaram a ativação muscular do ombro normalizada pela contração voluntária máxima (CIVM) (McCrea et al., 2005; Stoeckmann et al., 2009), o que pode superestimar a ativação muscular durante a atividade, visto que indivíduos pós-AVE apresentam uma redução da atividade eletromiográfica (EMG) durante a CIVM (Santos et al., 2016). Ainda, a maioria dos estudos avaliaram apenas a amplitude (Massie et al., 2012; Hughes et al., 2010; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) ou o tempo (De Baets et al., 2014; De Baets et al., 2016) de ativação muscular do ombro de maneira separada. Nenhum estudo, de nosso conhecimento, avaliou a amplitude e tempo de ativação muscular da articulação glenoumeral e escapulotorácica de maneira combinada em indivíduos pós-AVE. Além disso, nenhum estudo avaliou a correlação entre a ativação muscular do ombro e o uso do membro superior parético.

Avaliar tanto a amplitude quanto o tempo de ativação da musculatura do ombro durante a elevação e depressão dos braços parético e não-parético, e sua correlação com o uso do membro superior parético, poderia auxiliar no entendimento das alterações de movimento do ombro pós-AVE. Isso ajudaria no delineamento de um plano de tratamento focado na melhora da função do membro superior pós-AVE. Assim, o objetivo primário

desse estudo foi avaliar a amplitude e tempo de ativação da musculatura do ombro durante a elevação e depressão dos braços parético e não-parético em indivíduos com hemiparesia crônica comparado a indivíduos saudáveis. O objetivo secundário foi correlacionar as possíveis alterações de ativação muscular do ombro com o uso do membro superior parético para realização de AVDs.

## **Métodos**

### *Participantes*

Trinta e quatro indivíduos (grupo pós-AVE crônico = 17; grupo controle = 17) foram incluídos inicialmente para avaliação cinemática e eletromiográfica (EMG) do complexo do ombro, de acordo os critérios de inclusão e exclusão do primeiro estudo (Lixandrão et al., 2017). Entretanto, para a avaliação EMG, 9 indivíduos foram excluídos, devido à problemas na coleta de dados EMG (ex: ruídos EMG e problemas técnicos com o equipamento). Assim, 12 indivíduos com hemiparesia crônica (idade =  $57 \pm 8$  anos) e 13 indivíduos saudáveis controle, sem histórico de AVE e assintomáticos para dor no ombro (idade =  $60 \pm 7$  anos) foram incluídos (Tabela 1). Os grupos foram pareados por idade, sexo e índice de massa corpórea (IMC). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (Processo nº 517.179) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi obtido de todos os participantes.

### *Procedimentos*

A cinemática tridimensional (3-D) da escápula e do úmero foi avaliada utilizando o *hardware Flock of Birds® miniBirds®* (Ascension Technology Corporation, Burlington, VT) associado ao *software MotionMonitor™* (Innovative Sports Training, Inc. Chicago, IL) e os resultados dessa avaliação estão descritos no estudo 1 (Lixandrão et al., 2017). Foram coletados dados EMG de cinco músculos do complexo do ombro de forma simultânea e sincronizada à avaliação cinemática. Esses dados estão descritos nesse estudo.

Os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira com suporte nas costas, pés apoiados no chão, braços relaxado ao lado do corpo e com as mãos nas coxas. Nessa posição, os indivíduos foram instruídos a realizar 5 repetições de elevação e depressão do braço nos planos escapular e auto-selecionado e durante a realização da atividade de pentear

o cabelo (Lixandrão et al., 2017). Para o grupo pós-AVE crônico, ambos os braços, parético e não-parético, foram avaliados e a ordem de avaliação dos braços foi randomizada. Para o grupo controle, apenas um braço foi selecionado aleatoriamente para a avaliação. A ordem dos movimentos avaliados também foi randomizada.

O uso do membro superior parético foi avaliado através do questionário *Motor Activity Log* de 30-itens (MAL-30) (Pereira et al., 2012). A quantidade e qualidade do uso do membro superior parético dos indivíduos pós-AVE para realizar 30 AVDs foram pontuadas em uma escala quantitativa e qualitativa de 0 a 5 pontos (0 indica que o membro superior parético não é utilizado para realização da atividade e 5 indica que membro superior parético é utilizado tão bem quanto antes do AVE para a realização da atividade) (Pereira et al., 2012). A dor no ombro também foi avaliada, utilizando a escala numérica de dor que avalia a dor em uma escala de 0-10, sendo 0 nenhuma dor e 10 a pior dor possível (Puga et al., 2013).

#### *Avaliação eletromiográfica*

Dados EMG foram coletados dos músculos trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA), deltóide anterior (DA) e deltóide médio (DM). Os sinais EMG foram coletados utilizando o sistema de registro *Bagnoli-8 EMG* (DelSys®, Boston, Vermont, EUA) e sensores duplo diferenciais de superfície (modelo #DE-3.1, DelSys®, Boston, EUA), com geometria de detecção em três barras paralelas de prata, espaçadas por 10 mm cada, foram utilizados. Os sinais EMG foram pré-amplificado de acordo com as seguintes características dos sensores: impedância de entrada  $> 10^{15}$  W em paralelo; 0,2 pF; ganho de voltagem de 10; ruído de 1,2  $\mu$ V (RMS); rejeição em modo comum de 92 dB.

Uma fita dupla face autoadesiva (DelSys, Boston, Vermont, EUA) foi utilizada para fixar os eletrodos de superfície à pele dos participantes, que foi previamente tricotomizada e limpa com álcool. Os sensores EMG de superfície foram posicionados de acordo com as diretrizes do SENIAM, paralelos a orientação das fibras musculares (Hermens et al., 1999). Para o TS, o eletrodo EMG foi posicionado 2 cm lateral da metade da distância entre a 7ª vértebra cervical (C7) e a superfície lateral do acrômio (Sousa et al., 2015). Para o TI, o sensor foi posicionado a  $\frac{2}{3}$  da distância entre o processo espinhoso da 8ª vértebra torácica (T8) e a espinha da escápula (Hermens et al., 1999). Para o SA, o braço dos participantes foi

abduzido passivamente à 90° e o sensor foi posicionado ao longo da linha axilar média, ao nível do 7° espaço intercostal (Sousa et al., 2015). Para o deltóide anterior, o sensor foi posicionado um dedo anterior e distal ao acrômio (Hermens et al., 1999). Para o deltóide médio, o sensor foi posicionado sobre uma linha imaginária entre o acrômio e o epicôndilo lateral, aproximadamente 3 cm abaixo da parte lateral do acrômio (Hermens et al., 1999). Um eletrodo de referência comum foi posicionado sobre o processo estilóide do punho contralateral ao braço que estava realizando o movimento (Sousa et al., 2015).

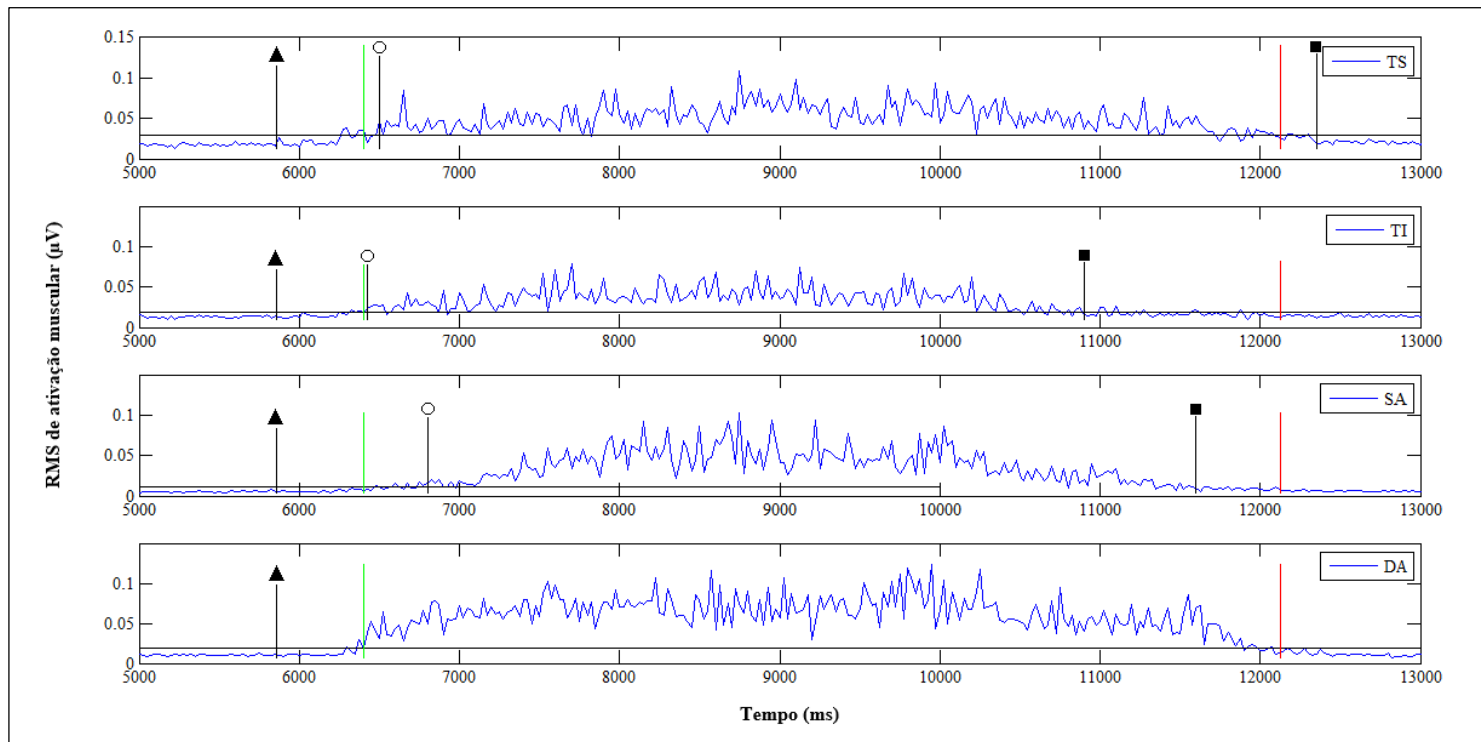
#### *Processamento de dados*

Para o processamento dos sinais EMG o *software* Matlab, versão R2008a, (Math Works, Inc., Massachusetts, EUA) foi utilizado. Os sinais EMG foram amostrados em um frequência de 2000 Hz/canal com um ganho de 1000 e filtrados com um filtro passa-banda entre 30-450 Hz (Drake and Callaghan, 2006). Para remover os ruídos do sinal coletados devido aos pulsos eletromagnéticos do *hardware Flock of Birds®*, o sinal EMG foi também filtrado usando 8 filtros Notch de 3ª ordem para frequências específicas (60 Hz e 7 harmônicas) (Phadke and Ludewig, 2013).

Para quantificar a ativação muscular, os sinais EMG foram alisados com um algoritmo de *root-mean-square* (RMS) utilizando uma janela móvel de 50-ms sem overlap. A amplitude da atividade EMG (RMS) em cada incremento de elevação (30°-60° e 60°-90°) e depressão (90°-60° e 60°-30°) do braço foi calculada e expressa em microvolts ( $\mu\text{V}$ ). A amplitude da atividade EMG (RMS) máxima durante a elevação do braço em todos os planos foi calculada.

Para avaliar o tempo de ativação muscular, os sinais EMG filtrados foram retificados e alisados utilizando um filtro passa-baixa de 50 Hz de 7ª ordem Butterworth (Phadke and Ludewig, 2013). Os participantes receberam um comando verbal, seguido de um sinal visual para realizarem a elevação do braço nos planos escapular e auto-selecionado, e durante a atividade de pentear o cabelo (Lixandrão et al., 2017). Assim, a média do sinal EMG dos 50 ms antes do sinal visual foi utilizada como uma linha de base da atividade EMG. O *onset* de ativação muscular foi determinado como o ponto em que a média de uma janela móvel de 25 ms excedeu a atividade EMG de linha de base por três desvios padrões em três pontos consecutivos. O *offset* de ativação muscular foi determinado como sendo o ponto em que a

média dessa janela móvel de 25 ms fosse menor que a atividade EMG da linha de base por três desvios padrões em três pontos consecutivos (Phadke and Ludewig, 2013). Todos os dados EMG de *onset* e *offset* foram checados visualmente para identificação de artefatos cardíacos ou de movimento abaixo do eletrodo. O músculo DA foi identificado como o motor primário da elevação do braço em todos os planos. Assim, o *onset/offset* de ativação dos músculos escapulotorácicos (TS, TI e SA) relativo ao *onset/offset* do músculo DA (i.e.  $TS\ onset/offset - DA\ onset/offset$ ), foi calculado e utilizado para as análises (Figura 1).



**Figura 1.** Representação do *onset/offset* dos músculos escapulotorácicos (TS, TI e SA) relativo ao *onset/offset* do músculo DA. Linha preta horizontal indica a ativação de base de cada músculo. Triângulos indicam o sinal visual. Linhas verdes indicam o *onset* de ativação do músculo DA. Linhas vermelhas indicam o *offset* de ativação do músculo DA. Círculos indicam o *onset* de ativação dos respectivos músculos escapulotorácicos. Quadrados indicam o *offset* de ativação muscular dos músculos escapulotorácicos.  $\mu\text{V}$ , microvolt; ms, milissegundos; TS, trapézio superior; TI, trapézio inferior; SA, serrátil anterior; DA, deltóide anterior.

### *Análise de dados*

A distribuição dos dados foi analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste t independente foi usado para verificar comparações entre idade, altura, peso e IMC dos grupos pós-AVE crônico e controle. O teste U de Mann-Whitney foi usado para comparar as diferenças entre sexo, dominância do membro superior e membro parético/avaliado. Uma ANOVA de uma via foi utilizada para comparar a dor no ombro entre os braços parético, não-parético e controle, tendo como fator independente os braços.

A média da atividade EMG da segunda, terceira e quarta tentativas foram utilizadas para as análises. Uma ANOVA de duas vias modelo misto foi utilizada para comparação dos dados de amplitude EMG (RMS) de cada músculo, considerando os intervalos de elevação umeral ( $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) como um fator intra-grupos e os braço (braços parético e não-parético dos indivíduos do grupo pós-AVE crônico e o braço avaliado do

grupo controle) como um fator entre-grupos. O interesse primário foi checar a interação braço x intervalos de elevação umeral e o interesse secundário foi checar o efeito principal de braço. Cada fase do movimento (elevação e depressão) e plano de elevação do braço (planos escapular e auto-selecionado e atividade de pentar o cabelo) foram analisadas separadamente.

Uma ANOVA de duas vias modelo misto foi utilizada para comparar o *onset* e *offset* de cada músculo, considerando os músculos (TS, TI e SA) como um fator intra-grupos e os braços (braços parético e não-parético dos indivíduos do grupo pós-AVE crônico e o braço avaliado do grupo controle) como um fator entre-grupos. Aqui, o interesse principal foi checar a interação braço x músculos, e o interesse secundário foi checar o efeito principal de braço e de músculo. Para as análises utilizando a ANOVA, o teste de post hoc de Bonferroni foi utilizado quando necessário. O coeficiente *d* de Cohen foi utilizado para calcular o tamanho do efeito das diferenças entre braços, para todas as comparações. Um tamanho de efeito  $>0,8$  foi considerado grande,  $>0,5$  moderado e  $<0,2$  pequeno (Cohen, 1988).

O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para verificar a correlação entre a pontuação das escalas quantitativas e qualitativas do questionário MAL-30 e a ativação dos músculos do complexo do ombro (*onset/offset* e amplitude RMS máxima). As análises estatísticas foram realizadas através do software SPSS versão 17 (SPSS Inc., Chicago, IL). Um valor de *p* significativo foi estabelecido como sendo maior que 0,05.

## **Resultados**

### *Características dos participantes*

Não foram encontradas diferenças nas característica demográfica entre os grupos (Tabela 1). Os indivíduos pós-AVE crônico apresentaram dor no ombro parético. Os indivíduos pós-AVE não reportaram dor no ombro no membro não-parético, assim como o grupo controle não reportou dor no braço avaliado.

**Tabela 1.** Características demográficas dos participantes.

Características	GPA (n=12)		GC (n=13)	Teste e valor de p
Idade (anos)	57 (8)		60 (7)	t = -0,17; p = 0,86
Sexo (masculino/feminino)	11/1		9/4	H = -0,10; p = 0,91
Índice de massa corpórea (Kg/m <sup>2</sup> )	24,97 (3,20)		25,38 (1,69)	t = -0,32; p = 0,74
MS dominante (Dir/Esq)	11/1		13/1	H = -0,04; p = 0,98
MS parético (D/ND)	6/6		NA	H = -0,16; p = 0,89
MS avaliado (D/ND)	12/12		7/6	
Tempo pós-AVE (meses)	53,75 (41,38)		NA	--
Pontuação na escala Fulg-Meyer	47 [26 - 60]		NA	--
Pontuação do questionário MAL-30	<b>Escala quantitativa</b>	<b>Escala qualitativa</b>	NA	--
	0,90 [0 - 4,4]	0,76 [0 - 4,48]		
Pontuação na escala numérica de dor	<b>MS parético</b>	<b>MS não-parético</b>	<b>MS avaliado</b>	F = 25,02; p < 0,001*#
	2,95 (2,47)	0 (0)	0 (0)	

Os dados com distribuição normal estão apresentados como média (desvio-padrão). Os dados com distribuição não-normal estão apresentados como mediana [máximo-mínimo]; GPA, grupo pós-AVE; GC, grupo controle; Kg, quilogramas; cm, centímetros; MS, membro superior; Dir, direito; Esq, esquerdo; D, dominante; ND, não-dominante; MAL, *Motor Activity Log*; NA, não aplicável; t, teste *t* independente; H, teste de *U* de *Mann-Whitney*. F = Anova de uma via.

\* Diferença significativa entre o membro superior parético do grupo pós-AVE crônico e grupo controle.

# Diferença significativa entre os membros superiores parético e não-parético do grupo pós-AVE crônico.

### *Dados eletromiográficos*

#### *Plano da escápula*

Durante a elevação do braço no plano da escápula, houve interação braço x intervalo de elevação umeral para o músculo DM ( $p = 0,006$ ;  $F = 6,01$ ). As comparações em pares mostraram que os membros superiores parético e não-parético apresentaram diminuição da ativação do músculo DM quando comparados aos controles no intervalo de elevação umeral de 30-60° (diferença média = 0,24 $\mu$ V e 0,23 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,46 e 1,32, respectivamente) e de 60°-90° (diferença média = 0,31  $\mu$ V e 0,29 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,32 e 1,46, respectivamente). Não foi observada interação braço x intervalo de elevação umeral para os músculos TS, TI, SA e DA ( $p > 0,05$ ). Entretanto, foi observado efeito principal de braço para os músculos TI ( $p = 0,006$ ;  $F = 6,25$ ) e DA ( $p = 0,017$ ;  $F = 4,73$ ). As comparações em pares mostraram que os membros superiores parético e não-parético apresentam uma diminuição da ativação dos músculos TI (diferença média = 0,21 $\mu$ V e 0,26 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,80 e 1,07, respectivamente) e DA (diferença média = 0,25 $\mu$ V e 0,24 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,10 e 1,64, respectivamente) comparados com o grupo controle. Não foi observado efeito principal de braço significativo para os músculos TS e SA ( $p > 0,05$ ) (Figura 2A).



Durante a depressão do braço no plano da escápula, foi observada interação braço x intervalo de elevação umeral para o músculo TI ( $p = 0,046$ ;  $F = 3,48$ ). As comparações em pares mostraram que o membro superior parético apresentou diminuição da ativação do músculo TI comparado ao grupo controle nos intervalos de elevação umeral de 90-60° e 60-30° (diferença média = 0,15 $\mu$ V e 0,12 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,46 e 1,56, respectivamente). Além disso, o membro superior não-parético apresentou uma diminuição da ativação do músculo TI comparado aos controles nos intervalos de elevação umeral de 90-60° e 60-30° (diferença média = 0,17 $\mu$ V e 0,13 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,36 e 1,14, respectivamente). Nenhuma diferença entre os braços foi observada na ativação do músculo DM na comparação em pares ( $p > 0,05$ ). Nenhuma interação braço x intervalo de elevação umeral significativa foi observada para os músculos TS, SA e DA (Figura 2A).

Para o *onset* e *offset*, não foram observados interação braço x músculo ( $p = 0,99$  e 0,84;  $F = 0,06$  e 0,34, respectivamente) nem efeito principal de braço ( $p = 0,56$ ;  $F = 0,59$ ). Entretanto, para o *onset* muscular, foi observado um efeito principal de músculo ( $p = 0,002$ ;  $F = 7,75$ ). As comparações em pares mostraram que, em todos os grupos, o músculo SA foi ativado após o TS (diferença média = 341ms; tamanho do efeito = 2,12). Nenhum efeito principal de músculo foi observado para o *offset* muscular ( $p > 0,05$ ) (Figura 3A).

#### *Plano auto-selecionado*

Durante a elevação do braço no plano auto-selecionado, não foi observada interação braço x intervalo de elevação umeral para nenhum músculo avaliado ( $p > 0,05$ ). Entretanto foi observado efeito principal de braço para os músculos TI ( $p < 0,001$  and  $F = 11,42$ ) e DM ( $p = 0,001$ ;  $F = 8,66$ ). As comparações em pares mostraram que os indivíduos pós-AVE crônico apresentam uma diminuição da ativação dos músculos TI e DM do membro superior parético comparado ao grupo controle (diferença média = 0,24 $\mu$ V e 0,29 $\mu$ V; tamanho do efeito = 1,45 e 1,59, respectivamente). Além disso, as comparações em pares mostraram que o membro superior não-parético também apresenta uma diminuição da ativação dos músculos TI e DM comparado ao grupo controle (diferença média = 0,27 $\mu$ V e 0,26 $\mu$ V; tamanho do efeito = 1,82 e 1,36, respectivamente). Não foi observado efeito principal de braço significativo para os músculos TS, SA e DA ( $p > 0,05$ ) (Figura 2B).

Durante a depressão do braço no plano auto-selecionado, foi observado interação braço x intervalo de elevação umeral significativa para os músculos TI ( $p = 0,016$  e  $F = 4,79$ ) e DM ( $p = 0,04$  e  $F = 3,41$ ). As comparações em pares mostraram que os indivíduos pós-AVE crônico apresentam diminuição da ativação dos músculos TI e DM do membro superior parético comparado ao grupo controle nos intervalos de elevação umeral de 90-60° (diferença média = 0,13 $\mu$ V e 0,15 $\mu$ V; tamanho de efeito = 0,21 e 0,28, respectivamente) e de 60-30° (diferença média = 0,10 $\mu$ V e 0,12 $\mu$ V; tamanho de efeito = 0,17 e 0,23, respectivamente). Além disso, o membro superior não-parético apresentou uma diminuição da ativação dos músculos TI e DM comparado ao grupo controle, nos intervalos de elevação umeral de 90-60° (diferença média = 0,16 $\mu$ V e 0,15 $\mu$ V; tamanho de efeito = 1,63 e 1,11, respectivamente) e 60-30° (diferença média = 0,13 $\mu$ V para ambas as comparações; tamanho de efeito = 1,42 e 1,10, respectivamente). Não foi observado efeito principal de braço significativo para os músculos TS, SA e DA ( $p > 0,05$ ) (Figura 2B).

Para o *onset* e *offset*, não foi observada interação braço x músculo ( $p > 0,05$ ). Entretanto, para o *onset* muscular, foi observado um efeito principal de músculo ( $p = 0,005$ ;  $F = 6,51$ ) e braço ( $p < 0,001$ ;  $F = 13,05$ ). As comparações em pares mostraram que, para todos os grupos, o músculo SA foi ativado após o TS (diferença média = 238ms; tamanho do efeito = 1,65). Além disso, as comparações em pares mostraram que, os membros superiores parético e não-parético dos indivíduos pós-AVE crônico apresentam um atraso no *onset* de ativação de todos os músculos comparados ao grupo controle (diferença média = 336ms e 191ms; tamanho do efeito = 1,83 e 1,24, respectivamente). Além disso, para o *offset* muscular, foi observada interação braço x músculo ( $p > 0,043$ ;  $F = 2,73$ ). As comparações em pares mostraram que o membro superior parético dos indivíduos pós-AVE apresenta um atraso no *offset* do músculo TS comparado aos músculos TI e SA (diferença média = 1173ms e 851ms; tamanho do efeito = 1,57 e 1,73, respectivamente). Entretanto, nenhuma diferença entre os braços foi observada na comparação em pares ( $p > 0,05$ ) (Figura 3B).

#### *Atividade de pentear o cabelo*

Durante a elevação do braço para realizar a atividade de pentear o cabelo, não foi observada interação braço x intervalo de elevação umeral para nenhum músculo avaliado ( $p > 0,05$ ). Entretanto foi observado um efeito principal de braço para os músculos TI ( $p < 0,002$

e  $F = 4,70$ ) e DM ( $p < 0,001$ ;  $F = 12,67$ ). As comparações em pares mostraram que os indivíduos pós-AVE apresentam uma diminuição da ativação dos músculos TI e DM do membro superior parético comparado com o grupo controle (diferença média =  $0,20\mu\text{V}$  e  $0,10\mu\text{V}$ ; tamanho do efeito = 1,00 e 1,50, respectivamente). Além disso, o membro superior não-parético também apresentou uma diminuição da ativação dos músculos TI e DM comparado ao grupo controle (diferença média =  $0,23\mu\text{V}$  e  $0,10\mu\text{V}$ ; tamanho do efeito = 1,47 e 1,57, respectivamente). Não foi observado efeito principal de braço significativo para os músculos TS, SA e DA ( $p > 0,05$ ) (Figura 2C).

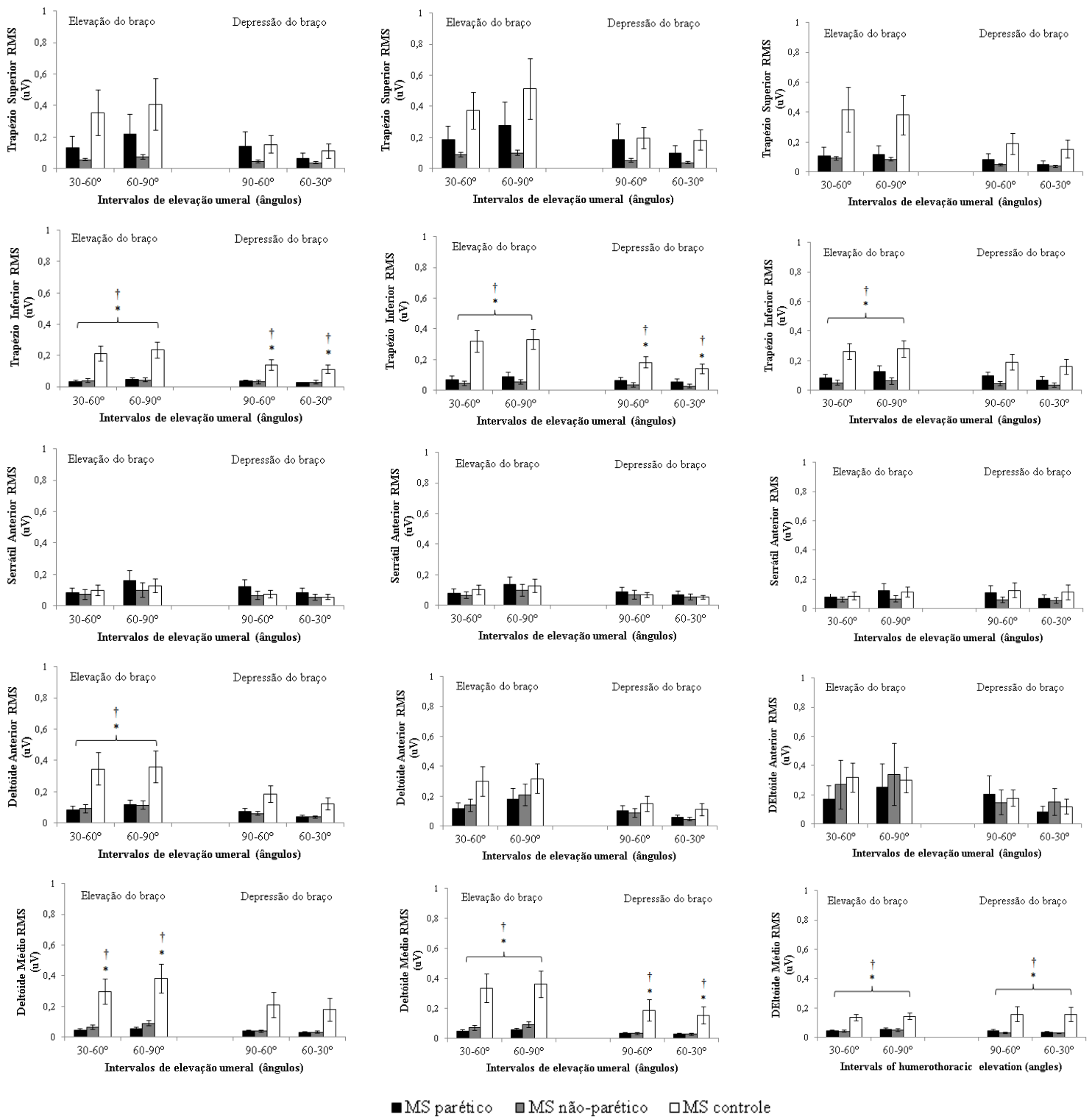
Durante a depressão do braço para realizar a atividade de pentear o cabelo, não foi observada interação braço x intervalo de elevação umeral para nenhum músculo avaliado ( $p > 0,05$ ). Entretanto foi observado um efeito principal de braço para o músculo DM ( $p < 0,0017$  e  $F = 4,70$ ). A comparação em pares mostrou que os indivíduos pós-AVE apresentam uma diminuição da ativação do músculo DM dos membros superiores parético e não-parético comparados ao grupo controle (diferença média =  $0,13\mu\text{V}$  e  $0,14\mu\text{V}$ ; tamanho do efeito = 1,03 e 1,57, respectivamente). Não foi observado efeito principal de braço significativo para os músculos TS, TI, SA e DA ( $p > 0,05$ ) (Figura 2C).

Para o *onset* e *offset*, não foi observada interação braço x músculo ( $p > 0,05$ ). Entretanto, para o *onset* de ativação, foi observado um efeito principal de braço ( $p = 0,02$ ;  $F = 5,16$ ). As comparações em pares mostraram que o membro superior parético dos indivíduos pós-AVE apresentam um atraso no *onset* de ativação de todos os músculos comparado ao grupo controle (diferença média = 236ms; tamanho do efeito = 0,93). Para o *offset* muscular, nenhum efeito principal de braço e de músculos foi observado ( $p > 0,05$ ) (Figura 3C).

### A – Plano escapular

### B – Plano auto-selecionado

### C – Pentear o cabelo

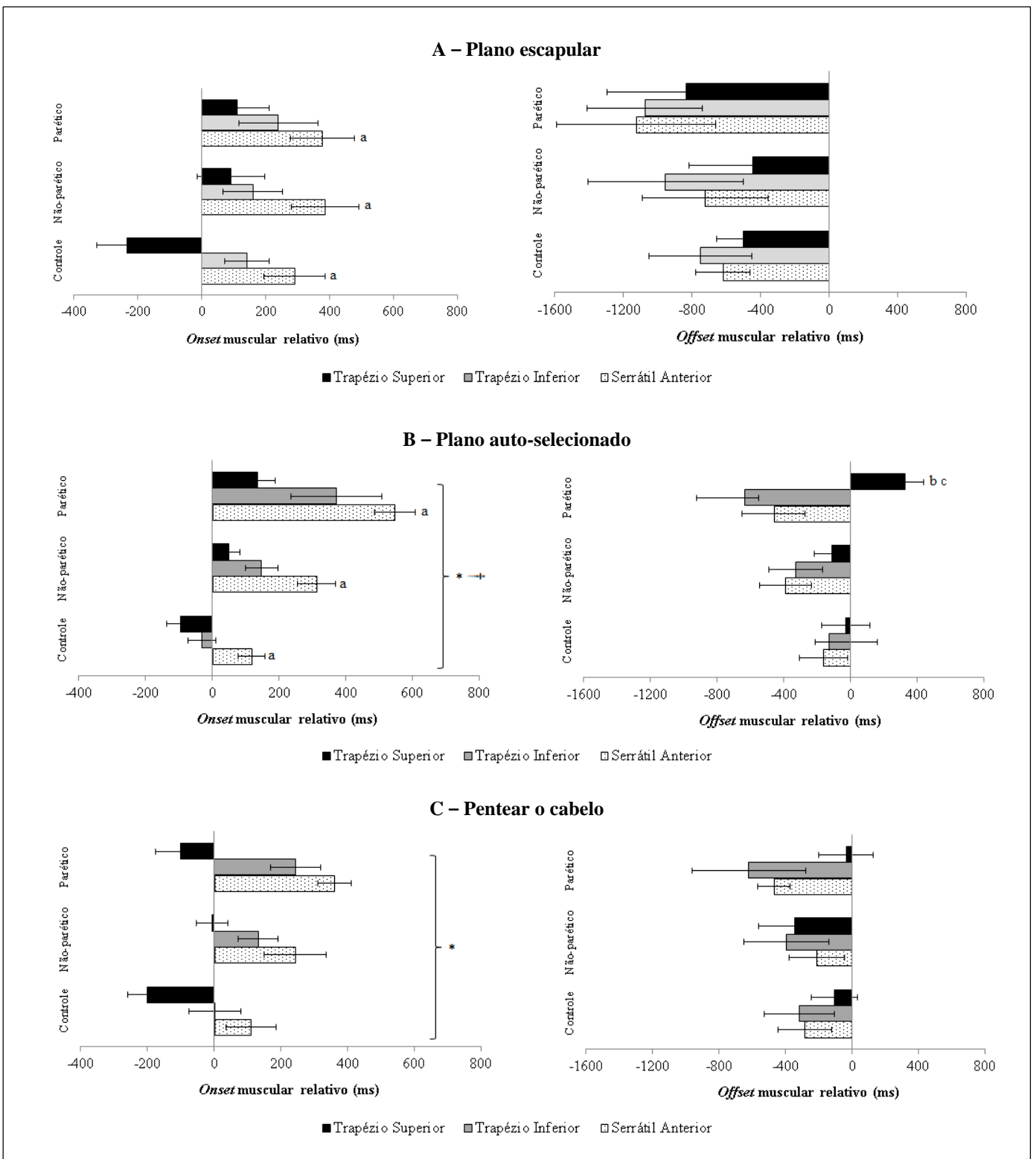


**Figura 2.** Amplitude de ativação dos músculos trapézio superior e inferior, serrátil anterior e deltóide anterior e médio durante a elevação e depressão dos braços parético e não-parético e controle nos planos (A) escapular e (B) auto-selecionado e (C) durante a atividade de pentear o cabelo.  $\mu\text{V}$ , microvolts; MS, membro superior.

Colchetes indicam efeito principal de braço.

\* Diferença significativa entre o membro superior parético do grupo pós-AVE e o grupo controle.

† Diferença significativa entre o membro superior não-parético do grupo pós-AVE e o grupo controle.



**Figura 3.** Onset/offset dos músculos escapulotorácicos (trapézio superior, trapézio inferior, serrátil anterior) relativo ao onset/offset do músculo deltóide anterior, durante o movimento do membro superior nos planos (A) escapular e (B) auto-selecionado e (C) durante a atividade de pentear o cabelo.

Colchetes indicam efeito principal de braço

\* Diferença significativa entre o membro superior parético do grupo pós-AVE e o grupo controle.

† Diferença significativa entre o membro superior não-parético do grupo pós-AVE e o grupo controle.

a Diferença significativa com o trapézio superior.

b Diferença significativa com o trapézio inferior.

c Diferença significativa com o serrátil anterior

*Correlação entre a ativação muscular do ombro e o questionário MAL-30*

Não foi observada correlação entre a ativação muscular do ombro e as escalas quantitativa e qualitativa do questionário MAL-30 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Correlação entre a ativação muscular do complexo do ombro e as escalas quantitativa e qualitativa do questionário MAL-30.

Plano de elevação do braço	Músculo	MAL-30 Quantitative scale	MAL-30 Qualitative scale		
Plano escapular	Amplitude de ativação (RMS)	TS	$p = 0,37$ ; R = 0,28	$p = 0,63$ ; R = 0,15	
		TI	$p = 0,44$ ; R = 0,24	$p = 0,31$ ; R = 0,31	
		SA	$p = 0,74$ ; R = 0,10	$p = 0,48$ ; R = 0,22	
		DA	$p = 0,89$ ; R = -0,04	$p = 0,98$ ; R = 0,007	
		DM	$p = 0,74$ ; R = 0,10	$p = 0,64$ ; R = 0,14	
	Onset de ativação	TS	$p = 0,09$ ; R = 0,58	$p = 0,05$ ; R = 0,60	
		TI	$p = 0,53$ ; R = 0,28	$p = 0,29$ ; R = 0,46	
		SA	$p = 0,69$ ; R = 0,16	$p = 0,58$ ; R = 0,22	
	Offset de ativação	TS	$p = 0,17$ ; R = 0,50	$p = 0,46$ ; R = 0,28	
		TI	$p = 0,70$ ; R = 0,17	$p = 0,53$ ; R = 0,28	
		SA	$p = 0,35$ ; R = 0,35	$p = 0,13$ ; R = 0,53	
	Plano auto-selecionado	Amplitude de ativação (RMS)	TS	$p = 0,77$ ; R = 0,09	$p = 0,84$ ; R = -0,06
			TI	$p = 0,93$ ; R = -0,02	$p = 0,93$ ; R = -0,02
			SA	$p = 0,86$ ; R = -0,05	$p = 0,94$ ; R = 0,02
			DA	$p = 0,84$ ; R = -0,06	$p = 0,74$ ; R = -0,10
DM			$p = 0,55$ ; R = 0,18	$p = 0,60$ ; R = 0,16	
Onset de ativação		TS	$p = 0,73$ ; R = 0,13	$p = 0,73$ ; R = 0,13	
		TI	$p = 1,00$ ; R = 0,01	$p = 0,86$ ; R = -0,07	
		SA	$p = 0,53$ ; R = 0,28	$p = 0,53$ ; R = 0,28	
Offset de ativação		TS	$p = 0,38$ ; R = -0,35	$p = 0,23$ ; R = -0,47	
		TI	$p = 0,49$ ; R = 0,28	$p = 0,32$ ; R = 0,40	
		SA	$p = 0,18$ ; R = 0,52	$p = 0,18$ ; R = 0,52	
Pentear o cabelo		Amplitude (RMS)	TS	$p = 0,69$ ; R = 0,12	$p = 0,93$ ; R = -0,02
			TI	$p = 0,49$ ; R = 0,21	$p = 0,34$ ; R = 0,30
			SA	$p = 0,89$ ; R = 0,04	$p = 0,64$ ; R = 0,14
			DA	$p = 0,96$ ; R = -0,04	$p = 0,93$ ; R = -0,02
	DM		$p = 0,81$ ; R = -0,07	$p = 0,71$ ; R = -0,11	
	Onset de ativação	TS	$p = 0,05$ ; R = 0,69	$p = 0,05$ ; R = 0,65	
		TI	$p = 0,87$ ; R = -0,07	$p = 0,93$ ; R = -0,03	
		SA	$p = 0,70$ ; R = 0,17	$p = 0,70$ ; R = 0,17	
	Offset de ativação	TS	$p = 0,16$ ; R = -0,54	$p = 0,42$ ; R = -0,33	
		TI	$p = 0,18$ ; R = -0,52	$p = 0,08$ ; R = -0,64	
		SA	$p = 0,78$ ; R = -0,14	$p = 0,78$ ; R = -0,14	

MAL, *Motor Activity Log*; TS, trapézio superior; TI, trapézio inferior; SA, serrátil anterior; DA, deltóide anterior; DM, deltóide médio; R, Coeficiente de correlação de Spearman.

## 5. Discussão

Esse estudo mostrou que indivíduos com hemiparesia crônica apresentam uma diminuição da amplitude de ativação dos músculos TI, DA e DM e atraso do *onset* dos músculos TS, TI e SA dos membros superiores parético e não-parético quando

comparados a indivíduos controle saudáveis. Além disso, o membro superior parético também apresenta atraso do *offset* do músculo TS quando comparado aos músculos TI e SA. Todos os grupos apresentaram um atraso de ativação do SA comparado ao TS durante a elevação do braço.

Similar aos nossos achados, diminuição da ativação dos músculos DA e DM dos membros superiores parético (Massie et al., 2012; Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) e não-parético (Avila et al., 2013; Santos et al., 2016) foram reportados durante o alcance (Massie et al., 2012) e durante contrações isométricas (Santos et al., 2016) e isocinéticas máximas (Avila et al., 201) do ombro, em indivíduos pós-AVE. Em comparação, outros estudos reportaram um aumento da ativação dos músculos DA e DM dos membros superiores parético (McCrea et al., 2005; Stoeckmann et al., 2009) e não-parético (Stoeckmann et al., 2009), durante o alcance. Entretanto, esses dois últimos estudos reportaram a ativação muscular normalizada pela CIVM. Já é descrito que indivíduos pós-AVE apresentam redução da atividade EMG durante a CIVM dos músculos do ombro (Santos et al., 2016). Assim, normalizar o sinal EMG em indivíduos pós-AVE pode superestimar a ativação muscular durante a atividade.

A diminuição da amplitude de ativação muscular do membro superior parético pode ser atribuída a lesão do trato córticoespinal (Sterr et al., 2010) e a alterações do número e do padrão de ativação das unidades motoras pós-AVE (Li et al., 2011). A diminuição da amplitude de ativação muscular do membro superior não-parético pode estar relacionada a plasticidade maladaptativa no hemisfério cerebral lesado (Madhavan et al., 2010), bem como aos 10-15% das fibras do trato córticoespinal que têm origem no hemisfério lesado e contribuem para os movimentos do membro superior não-parético (Pascual-Leoni et al., 2005). Essas alterações pós-AVE podem também explicar a diminuição bilateral da amplitude de ativação do músculo TI dos indivíduos pós-AVE observadas no presente estudo. A ação eficiente do músculo TI auxilia na rotação superior e externa da escápula durante os movimentos do braço (Johnson and Pandyan, 2005; De Baets et al., 2013). Assim, a diminuição da ativação do músculo TI dos membros superiores parético e não-parético podem explicar o aumento da rotação interna da escápula nessa população, observada em Lixandrão et al. (2017).

Contrário aos achados de Avila et al. (2014) e Santos et al. (2016), não foi observada alteração da amplitude de ativação dos músculos TS e SA dos indivíduos pós-AVE quando comparados aos indivíduos controle. Entretanto, esses estudos prévios observaram uma diminuição da amplitude de ativação dos músculos TS e SA durante

contrações isométricas e isocinéticas máximas do ombro. No presente estudo, a amplitude de ativação muscular do ombro foi avaliada durante a elevação e depressão do braço em atividades diárias. Esses achados sugerem que os indivíduos pós-AVE podem utilizar diferentes amplitudes de ativação muscular para completar diferentes tipos de atividades.

Em relação ao tempo de ativação muscular, os membros superiores parético e não-parético apresentaram atraso do *onset* de ativação dos músculos TS, TI e SA quando comparado aos controles. O membro superior parético também apresentou atraso do *offset* do músculo TS quando comparado ao TI e SA. Além disso, todos os grupos apresentaram atraso do *onset* muscular do SA quando comparado ao TS. Esse atraso de ativação do músculo SA comparado ao TS pode ser considerado normal, uma vez que o músculo trapézio auxilia no posicionamento da escápula enquanto que o SA é ativado mais tardiamente para mover a escápula em inclinação posterior, rotação externa e superior (Ebaugh e Spinelli, 2009).

Atraso do *onset* dos músculos TS e SA, e *offset* precoce do músculo SA foram reportados durante o movimento do membro superior parético em indivíduos pós-AVE com e sem dor no ombro (Avila et al., 2013; De Baets et al., 2014 e 2016). Além disso, um *onset* precoce do músculo TI foi observado em indivíduos pós-AVE sem dor no ombro. Esse *onset* precoce do TI parece ser uma estratégia compensatória pelo atraso de ativação do músculo SA, no intuito de mover a escápula para evitar o impacto das estruturas subacromiais e consequentemente a dor (De Baets et al., 2014). Os indivíduos pós-AVE avaliados no presente estudo reportaram dor no ombro parético e apresentaram atraso do *onset* de ativação de todos os músculos escapulotorácicos. Assim nossos achados estão de acordo com a literatura e sugerem que essas alterações de tempo de ativação muscular podem ter alguma relação com a dor no ombro parético. Entretanto, essas alterações do tempo de ativação muscular foram também observadas no membro superior não-parético, sem a presença de dor associada. Isso pode indicar que o tempo de ativação muscular sozinho não prediz a dor no ombro pós-AVE.

O atraso do *onset* dos músculos escapulotorácicos pode estar relacionado a diminuição das fibras de contração rápida pós-AVE (Toffola et al., 2001), bem como o atraso do *offset* do músculo TS pode ser explicado pela tentativa de manter a elevação glenoumeral na presença de uma diminuição da amplitude de ativação do músculo deltóide (Phadke and Ludewig, 2013). Considerando que o tempo de ativação muscular é também essencial para os movimentos escapulares, o atraso do *onset* de ativação dos músculos TI e SA pode estar relacionado ao aumento da rotação interna e inclinação



anterior da escápula observados durante a elevação do braço no plano auto-selecionado e durante a atividade de pentear o cabelo, observadas em Lixandrão et al. (2017). O atraso do *offset* do músculo TS do membro superior parético, pode também contribuir para o aumento da inclinação anterior da escápula durante a depressão do braço no plano auto-selecionado. Além disso, o encurtamento do músculo peitoral menor está relacionado ao aumento da rotação interna e a inclinação anterior da escápula (Borstad and Ludewig et al., 2005). Apesar, do comprimento do músculo peitoral menor não ter sido avaliado nesse estudo, indivíduos pós-AVE normalmente apresentam uma postura anteriorizada do ombro (de Jong et al., 2006), o que pode contribuir para um encurtamento desse músculo e contribuir com o aumento da rotação interna e inclinação anterior da escápula pós-AVE (Lixandrão et al., 2017).

O que nos chama a atenção, é que a ativação muscular do ombro não foi correlacionada ao uso do membro superior parético durante as AVDs. Esses achados podem estar relacionados a habilidade dos indivíduos com hemiparesia crônica em adaptar o movimento do braço para a realização das AVDs. Além disso, o uso do membro superior parético pós-AVE pode ser determinado pela ativação muscular de várias articulações do membro superior em conjunto.

O presente estudo têm as seguintes limitações: nem todos os músculos que contribuem para os movimentos escapulares e glenoumerais foram avaliados (ex. trapézio médio e músculos do manguito rotador); o uso de eletrodos de superfície pode alterar o sinal EMG devido a movimentos abaixo dos eletrodos; apenas um movimento funcional foi avaliado (pentear o cabelo); o uso do membro superior parético para realizar AVDs foi correlacionado apenas com a ativação muscular do ombro. Apesar das limitações, esse estudo tem relevância clínica para a reabilitação do membro superior de indivíduos pós-AVE, uma vez que trazem informações sobre a ativação dos principais músculos da articulação do ombro e o uso do membro superior parético. Os resultados mostram que um programa de reabilitação focado no controle motor dos músculos TS, TI e SA, e no aumento da amplitude de ativação dos músculos TI, DA e DM podem ser efetivos para melhorar os movimentos escapulares e glenoumerais, e podem eventualmente diminuir a dor. Estudos futuros deveriam investigar a associação entre o uso do membro superior parético e a ativação muscular de múltiplas articulações do membro superior.

## **6. Conclusão**

Todos os grupos apresentaram um atraso do *onset* de ativação do músculo SA comparado ao TS. Indivíduos com hemiparesia crônica apresentam diminuição da ativação dos músculos TI, DA e DM e atraso do *onset* de ativação dos músculos TS, TI e SA durante o movimento dos membros superiores parético e não-parético quando comparados aos controles. Além disso, o membro superior parético apresenta um atraso do *offset* do músculo TS comparado aos músculos TI e SA. Essas alterações de ativação muscular estão possivelmente relacionadas as alterações cinemáticas pós-AVE. Entretanto, esses déficits de ativação muscular do ombro não são correlacionados com o uso do membro superior parético. Assim, estudos futuros deveriam investigar como um plano de tratamento fisioterapêutico, focado nessas alterações, poderia melhorar a cinemática escapular pós-AVE. Ainda, estudos futuros deveriam investigar a associação entre o uso do membro superior parético e a ativação muscular de múltiplas articulações do braço.

## **Agradecimentos**

Gostaríamos de agradecer à todos os participantes e ao apoio técnico Jean P Ferreira. Também gostaríamos de agradecer a Unidade de Saúde Escola (USE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) que cedeu o espaço para triagem dos pacientes pós-AVE.

## **Financiamento**

Esse trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Brasil [Processo nº: 2014/00200-2].

## Referências

- AVILA, M.A.; ROMAGUERA, F.; OLIVEIRA, A.B.; CAMARGO, P.R.; FATIMA, T.F. Bilateral impairments of shoulder abduction in chronic hemiparesis: Electromyographic patterns and isokinetic muscle performance. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 712–720, 2013.
- BEEBE, J.A.; LANG, C.E. Absence of a proximal to distal gradient of motor deficits in the upper extremity early after stroke. *Clin Neurophysiol.* v. 119, p. 2074–85, 2008.
- BORSTAD, J.D., LUDEWIG, P.M. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* v. 35, p. 227–238, 2005.
- COHEN, J. The concepts of power analysis, in: Cohen, J. (Ed.), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press, Inc, New Jersey. 1988. pp. 1–17.
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; DESLOOVERE, K.; VAN DEUN, S. A systematic review of 3D scapular kinematics and muscle activity during elevation in stroke subjects and controls. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 3–13, 2013
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; DESLOOVERE, K.; VAN DEUN, S. A systematic review of 3D scapular kinematics and muscle activity during elevation in stroke subjects and controls. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 3–13, 2012.
- DE BAETS, L.; JASPERS, E.; JANSSENS, L.; VAN DEUN, S. Characteristics of Neuromuscular Control of the Scapula after Stroke: A First Exploration. *Front. Hum. Neurosci.* v. 8, p. 1–8, 2014.
- DE BAETS, L.; VAN DEUN, S.; MONARI, D.; JASPERS, E. Three-dimensional kinematics of the scapula and trunk, and associated scapular muscle timing in individuals with stroke. *Hum. Mov. Sci.* v. 48, p. 82–90, 2016.
- DE JONG, L.; NIEUWBOER, A.; AUFDEM KAMPE, G. Contracture preventive positioning of the hemiplegic arm in subacute stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* v. 20, p. 656–667, 2006.
- DRAKE, J.D.M.; CALLAGHAN, J.P. Elimination of electrocardiogram contamination from electromyogram signals: An evaluation of currently used removal techniques. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 16, p. 175–187, 2006.
- EBAUGH, D.D.; SPINELLI, B. A. Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 20, p. 199–205, 2010.
- EKSTROM, R.A.; BIFULCO, K.; LOPAU, C.; ANDERSEN, C.; GOUGH, J. Comparing the Function of the Upper and Lower Parts of the Serratus Anterior Muscle Using Surface Electromyography. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* v. 34, p. 235–243, 2004.
- HARRIS, J.E.; ENG, J.J. Paretic upper-limb strength best explains arm activity in people with stroke. *Phys. Ther.* v. 87, p. 88–97, 2007.
- HERMENS, H.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; STEGEMAN, D.; BLOK, J.; RAU, G.;

- DISSELHORST-KLUG, C.; HÄGG, G. European recommendations for surface electromyography. Roessingh Res. Dev. b.v., ISBN 90-75452-15-2, Netherlands. 1999.
- HUGHES, A.M.; FREEMAN, C.T.; BURRIDGE, J.H.; CHAPPELL, P.H.; LEWIN, P.L.; ROGERS, E. Shoulder and elbow muscle activity during fully supported trajectory tracking in people who have had a stroke. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 20, p. 465–476, 2010.
- LIXANDRÃO, M.C.; CAMARGO, P.R.; EVELIN, C.; SCARPA, N.; PRADO-MEDEIROS, C.L.; SALVINI, T.F. Clinical Biomechanics Bilateral changes in 3-D scapular kinematics in individuals with chronic. *Clin. Biomech.* v. 47, p. 79–86, 2017.
- MASSIE, C.L.; MALCOLM, M.P.; GREENE, D.P.; BROWNING, R.C. Kinematic Motion Analysis and Muscle Activation Patterns of Continuous Reaching in Survivors of Stroke. *J. Mot. Behav.* v. 44, p. 213–222, 2012.
- MCCREA, P.; ENG, J.; HODGSON, A. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies following stroke. *J Neurophysiol.* v. 94, p. 2999–3008, 2005.
- MCCREA, P.; ENG, J.; HODGSON, A. Time and magnitude of torque generation is impaired in both arms following stroke. *Muscle Nerve.* v. 28, p. 46–53, 2003.
- MCCREA, P.; ENG, J.J.; HODGSON, A.J. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies following stroke. *November.* v. 94, p. 2999–3008, 2004.
- MERCIER, C.; BOURBONNAIS, D. Relative shoulder flexor and handgrip strength is related to upper limb function after stroke. *Clin. Rehabil.* v. 18, p. 215–221, 2004.
- MESKERS, C.G.M.; KOPPE, P.A.; KONIJNENBELT, H.; VEEGER, H.E.J.; JANSSEN, T.W.J. Kinematic alterations in the ipsilateral shoulder of patients with hemiplegia due to stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* v. 84, p. 97–105, 2005.
- NIESSEN, M.H.; JANSSEN, T.; MESKERS, C.; KOPPE, P.; KONIJNENBELT, M., VEEGER, D.J. Kinematics of the contralateral and ipsilateral shoulder: A possible relationship with post-stroke shoulder pain. *J. Rehabil. Med.* v. 40, p. 482–486, 2008a.
- NIESSEN, M.H.; VEEGER, D.H.; KOPPE, P.A.; Konijnenbelt, M.H.; van Dieën, J.; Janssen, T.W. Proprioception of the Shoulder After Stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* v. 89, p. 333–338, 2008b.
- Pereira, N.D.; Ovando, A.C.; Michaelsen, S.M.; Anjos, S.M.; Lima, R.C.M.; Nascimento, L.R.; Teixeira-Salmela, L.F. Motor Activity Log-Brazil: reliability and relationships with motor impairments in individuals with chronic stroke. *Arq Neuropsiquiatr.* v. 70, n. 3, p. 196–201, 2012.
- PASCUAL-LEONE, A.; AMEDI, A.; FREGNI, F.; MERABET, L.B. The plastic human brain cortex. *Annu. Rev. Neurosci.* v. 28, p. 377–401, 2005.

- PHADKE, V.; CAMARGO, P.R.; LUDEWIG, P.M. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev. Bras. Fisioter.* v. 13, p. 1–9, 2009.
- PHADKE, V.; LUDEWIG, P.M. Study of the scapular muscle latency and deactivation time in people with and without shoulder impingement. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 23, p. 469–475, 2013.
- PRANGE, G.B.; KRABBEN, T.; RENZENBRINK, G.J.; IJZERMAN, M.J.; HERMENS, H.J.; JANNINK, M.J.A. Changes in muscle activation after reach training with gravity compensation in chronic stroke patients. *Int. J. Rehabil. Res.* v. 35, p. 234–242, 2012.
- RAGHAVAN, P. Upper limb motor impairment post stroke. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* v. 26, p. 599–610, 2015.
- SANTOS, G.L.; GARCÍA-SALAZAR, L.F.; SOUZA, M.B.; OLIVEIRA, A.B.; CAMARGO, P.R.; RUSSO, T.L. Torque steadiness and muscle activation are bilaterally impaired during shoulder abduction and flexion in chronic post-stroke subjects. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 30, p. 151–160, 2016.
- SOUSA, C. De O.; MICHENER, L.A.; RIBEIRO, I.L.; REIFF, R.B. De M.; CAMARGO, P.R.; SALVINI, T.F. Motion of the shoulder complex in individuals with isolated acromioclavicular osteoarthritis and associated with rotator cuff dysfunction: Part 2 - Muscle activity. *J. Electromyogr. Kinesiol.* v. 25, p. 77–83, 2015.
- STERR, A.; SHEN, S.; SZAMEITAT, A.J.; HERRON, K.A. The role of corticospinal tract damage in chronic motor recovery and neurorehabilitation: a pilot study. *Neurorehabil Neural Repair.* v. 24, n. 5, p. 413–429, 2010.
- STOECKMANN, T.M.; SULLIVAN, K.J.; SCHEIDT, R.A. Elastic, Viscous, and Mass Load Effects on Post-Stroke Muscle Recruitment and Co-contraction During Reaching: A Pilot Study. *Phys. Ther.* v. 89, n. 30–38, 2009.
- TOFFOLA, E.D.; SPARPAGLIONE, D.; PISTORIO, A.; BUONOCORE, M.; Myoelectric manifestations of muscle changes in stroke patients. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* v. 82, p. 661–665, 2001.

## 6. Considerações finais

Essa tese de Doutorado abordou a avaliação cinemática escapular 3-D e ativação muscular do complexo do ombro durante a elevação e depressão do braço de indivíduos com hemiparesia crônica e a associação dessas variáveis com o uso do membro superior parético para realizar AVDs. Baseado nos resultados dos dois estudos realizados, algumas considerações podem ser feitas.

Os indivíduos pós-AVE apresentaram alterações bilaterais da cinemática escapular e de ativação muscular quando comparados aos indivíduos controle. Em geral as alterações cinemáticas encontradas foram caracterizadas pelo aumento rotação interna e inclinação anterior da escápula dos membros parético e não-parético. Em relação a ativação muscular, em geral foi observada diminuição da amplitude de ativação do músculos TI, DA e DM, bem como um atraso do *onset* de ativação dos músculos TS, TI e SA dos membros superiores parético e não-parético quando comparados aos indivíduos controle. Atraso do *offset* de ativação do músculo TS também foi observado no membro superior não-parético quando comparado ao TI e SA. Todos os grupos apresentaram atraso do *onset* de ativação do músculo SA quando comparado ao TS.

Os déficits de amplitude e tempo de ativação muscular previamente citados podem explicar as alterações da cinemática escapular do membro superior parético e não-parético observadas nos indivíduos com hemiparesia crônica. Assim, esses déficits de ativação muscular e alteração da cinemática escapular podem comprometer o controle do movimento da articulação proximal do membro superior parético pós-AVE.

Entretanto, essas alterações da cinemática escapular e da ativação muscular do ombro não foram correlacionadas com o uso do membro superior parético para realizar AVDs. Assim, é possível que o uso do membro superior parético esteja correlacionado a coordenação e ativação muscular de múltiplas articulações do membro superior e não somente a articulação do ombro. Ainda, os indivíduos com hemiparesia crônica podem ser capazes de utilizar estratégias compensatórias de movimento e de ativação muscular para realizar as AVDs.

**ANEXO I**



Contents lists available at ScienceDirect

Clinical Biomechanics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/clinbiomech](http://www.elsevier.com/locate/clinbiomech)



## Bilateral changes in 3-D scapular kinematics in individuals with chronic stroke<sup>☆</sup>



Maíra Carolina Lixandrão, Paula Rezende Camargo, Caroline Evelin Neves Scarpa, Christiane Lanatovitz Prado-Medeiros, Tania Fátima Salvini\*

Department of Physical Therapy, Federal University of Sao Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235, São Carlos, São Paulo, Brazil

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Physical therapy  
Cerebral vascular accident (CVA)  
Upper limb  
Shoulder  
Function

### ABSTRACT

**Background:** Stroke can lead to altered scapular motion that may limit the ability to perform activities of daily living. The aims were to evaluate scapular kinematics of individuals with chronic stroke and the correlation with paretic arm function.

**Methods:** Scapular kinematics was assessed in thirty-four individuals (Chronic stroke = 17; controls = 17) during arm elevation and lowering in scapular and self-selected planes, and during hair combing. The use of the paretic arm to perform activities of daily living was assessed by the Motor Activity Log (MAL-30). Scapular kinematics was compared among paretic and non-paretic arms, and controls. Correlation between scapular kinematics and MAL-30 was also verified.

**Findings:** Paretic and non-paretic arms showed increased scapular internal rotation ( $p < 0.05$ ) during arm lowering in the scapular plane, and during arm elevation and lowering in the self-selected plane compared to controls. Increased internal rotation ( $p < 0.05$ ) was also found in the paretic arm during hair combing compared to controls. Increased scapular anterior tilt ( $p < 0.05$ ) was observed in the paretic arm during arm elevation while performing the activity of hair combing and during arm elevation and lowering in the scapular and self-selected planes compared to controls. The non-paretic arm showed increased anterior tilt ( $p < 0.05$ ) during arm elevation and lowering in self-selected plane compared to controls. No difference in scapular upward rotation among neither arms, nor correlation between scapular kinematics and MAL-30 were found ( $p > 0.05$ ).

**Interpretation:** Individuals with chronic stroke showed bilateral scapular kinematics alterations. However, these alterations are not correlated with paretic arm function.



**ANEXO II**



Maíra Lixandrão &lt;ma.lixandrao@gmail.com&gt;

---

**Submission Confirmation**

1 message

**Clinical Biomechanics** <eesserver@eesmail.elsevier.com>Fri, Oct 6, 2017 at  
2:59 AM

Reply-To: Clinical Biomechanics &lt;deb@spineresearch.org.uk&gt;

To: ma.lixandrao@gmail.com, lixan001@umn.edu

Dear Miss Maíra Carolina Lixandrão,

Your submission entitled "TIMING AND SHOULDER MUSCLE ACTIVATION IN INDIVIDUALS WITH CHRONIC STROKE" under article type: Research Paper has been received by Clinical Biomechanics.

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <https://ees.elsevier.com/clbi/>.

Your username is: [ma.lixandrao@gmail.com](mailto:ma.lixandrao@gmail.com)

If you need to retrieve password details,

please go to: [http://ees.elsevier.com/clbi/automail\\_query.asp](http://ees.elsevier.com/clbi/automail_query.asp)

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System  
Clinical Biomechanics

**Title:** TIMING AND SHOULDER MUSCLE ACTIVATION IN INDIVIDUALS WITH CHRONIC STROKE

Maíra Carolina Lixandrão, Paula Rezende Camargo, Christiane Lanatovitz Prado-Medeiros, Celso Antônio Takahashi de Moraes da Silva, Caroline Evelin Neves Scarpa, Tania de Fátima Salvini

**Abstract**

*Background:* Shoulder motor deficits post-stroke can impair functional tasks performance. This study evaluated shoulder muscle activation in individuals post-stroke and its correlation with paretic arm use.

*Methods:* Twelve individuals with chronic stroke and thirteen controls were included. Activation and onset/offset time of upper trapezius, lower trapezius, serratus anterior, anterior deltoid and middle deltoid were assessed during arm elevation and lowering in scapular and self-selected planes, and during hair combing. Outcomes were compared among paretic and non-paretic arms, and controls. Muscle activation were correlated to paretic arm use.

*Findings:* Compared to controls, the paretic and non-paretic arms presented decreased lower trapezius and middle deltoid activation during arm elevation in all planes, and decreased anterior deltoid activation during arm elevation in scapular plane. Both arms of post-stroke group presented decreased lower trapezius activation during arm lowering in scapular and self-selected planes, and delayed middle deltoid activation during arm lowering in self-selected plane and to comb their hair. Paretic and non-paretic arms showed delayed serratus anterior, upper and lower trapezius onset in self-selected plane. The paretic arm also presented delayed onset of these muscles during hair combing compared to controls, and a delayed upper trapezius offset in self-selected plane compared to lower trapezius and serratus anterior. All groups presented delayed serratus anterior onset in scapular and self-selected planes, compared to upper trapezius. No correlation between muscle activation and paretic arm use was observed.

*Interpretation:* Individuals with chronic stroke present bilateral shoulder muscle activation deficits that may be related to scapular kinematics alteration. These deficits are not correlated to paretic arm use.

*Key-words:* Cerebral Vascular Accident, Upper Limb, Scapula, Electromyography, Physical Therapy.