



**Universidade Federal de São Carlos**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Cinemática escapular - confiabilidade e efeitos pré e pós uma  
manipulação torácica em sujeitos com e sem sintomas de  
impacto - um estudo controlado randomizado**

**Melina Nevoeiro Haik**

**São Carlos**

**2013**

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

**Cinemática escapular - confiabilidade e efeitos pré e pós uma  
manipulação torácica em sujeitos com e sem sintomas de  
impacto - um estudo controlado randomizado**

**Melina Nevoeiro Haik**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Rezende Camargo**

**Apoio financeiro: CAPES**

**São Carlos  
2013**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

H149ce Haik, Melina Nevoeiro.  
Cinemática escapular : confiabilidade e efeitos pré e pós  
uma manipulação torácica em sujeitos com e sem sintomas  
de impacto - um estudo controlado randomizado / Melina  
Nevoeiro Haik. -- São Carlos : UFSCar, 2013.  
77 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2013.

1. Fisioterapia. 2. Escápula. 3. Coluna vertebral. 4.  
Reabilitação. 5. Síndrome de colisão do ombro. 6.  
Manipulação da coluna. I. Título.

CDD: 615.82 (20<sup>a</sup>)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Banca Examinadora para Defesa de Dissertação de Mestrado de Melina Nevoeiro Haik apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Banca Examinadora



Profa. Dra. Paula Rezende Camargo

(UFSCar)



Profa. Dra. Stela Márcia Mattiello

(UFSCar)



Profa. Dra. Helga Tatiana Tucci

(UNIFESP)

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, **Raquel e Nicolau**, pela dedicação, entusiasmo e apoio incondicional em minha formação pessoal e profissional e para a realização dos meus sonhos. A confiança, o incentivo e a comemoração de vocês são essenciais em minha vida e por isso essa conquista não é apenas minha, mas também de vocês. Muito obrigada por tudo e espero sempre poder retribuir tudo o que vocês me proporcionaram com tanta força e garra! Agradeço também ao meu irmão, **Elias**, que em inúmeros momentos não mediu esforços para me ajudar e apoiar, especialmente durante minha formação profissional.

Ao meu noivo, **Eduardo**, agradeço pela paciência em meus momentos de estresse, pela compreensão em meus momentos de ausência, pelo companheirismo até no computador ao lado por longas horas, pelo apoio em todas as minhas decisões e pelo carinho constante. Obrigada por ser meu companheiro de todas as horas!

Agradeço à **Paula** pela orientação e dedicação, não apenas nesses dois anos de mestrado, mas desde o início de minha iniciação científica. Por todos os conselhos e recomendações sempre objetivos e diretos! Agradeço ainda a você, Paula, pela confiança em mim depositada, por sempre acreditar em meu potencial e por aceitar o desafio de investigar na área da terapia manual. Foi uma grande responsabilidade ser sua primeira aluna de mestrado e ao mesmo tempo foi um grande prazer!

Ao **Paco** devo também minha gratidão pela co-orientação tão sábia, transparente, ponderada e, apesar da distância, extremamente eficiente. Obrigada por tantos ensinamentos metodológicos e clínicos. Obrigada ainda pela paciência em me aperfeiçoar tecnicamente na prática clínica e em responder de forma tão completa meus inúmeros e-mails com muitas dúvidas.

Não posso deixar de agradecer à **Tania** pela confiança em meu potencial e por reabrir uma porta fundamental ao meu retorno à investigação científica. Muito obrigada pelo seu conselho que foi divisor de águas para esse meu “caminho acadêmico”: “Melina, a oportunidade não bate na mesma porta duas vezes”.

**Ivana e Ari**, sem vocês a realização desse trabalho simplesmente não seria possível. Muito obrigada pela imensa ajuda em toda a fase de coleta de dados, pelas longas horas (e às vezes dias seguidos) de trabalho dentro da salinha do *Flock*, inclusive à noite e durante finais de semana. Obrigada ainda pela amizade, força e incentivo nos momentos de tristeza devido às várias intercorrências que tivemos ao longo dessa jornada. Agradeço também à aluna de iniciação científica, **Caroline**, que me ajudou responsavelmente nas coletas e no processamento dos dados.

À **Vandana**, que em seu período no Brasil, não mediu esforços para me ajudar com o entendimento da cinemática escapular e com o tão temido processamento dos dados. Você é uma pessoa incrível.

Às queridas **Helen, Catarina e Camila**, agradeço pela amizade e apoio durante todo o tempo. **Tayane**, tio **Valter** e vó **Doracy**, obrigada pelo acolhimento e pelo apoio de sempre e durante essa minha jornada em São Carlos.

Obrigada aos colegas de laboratório (**Thiago, Sabrina, João, Gabriel, Mari, Marcela, Fer, Chris, Carol e Tereza**) pela convivência e momentos de descontração!

Muito obrigada a todos os voluntários que participaram desse estudo, permitindo assim sua execução. Sem vocês nada disso aconteceria.

Agradeço aos secretários do PPG-FT, **Kelly, Heloisa e Claudio**, pela disponibilidade e pelo atendimento oferecido durante todo o período.

À **CAPES** pelo apoio financeiro em minha formação acadêmica.

A **Deus**, por permitir que esse momento tão esperado chegasse, por me dar força quando achei que já não mais a tinha e saúde e sabedoria para concluir esse projeto e concretizar um sonho.

## Resumo

**Contextualização:** Além da escassez de evidências a respeito da confiabilidade entre repetições e dias da avaliação cinemática 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço em diferentes condições do ombro, estudos sobre os efeitos da manipulação torácica de alta velocidade e baixa amplitude (MT) na cinemática escapular em sujeitos assintomáticos e portadores de disfunções no ombro também são bastante escassos.

**Objetivo:** Determinar a confiabilidade entre repetições e entre dias das medidas do movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso e avaliar os efeitos imediatos de uma MT na dor e na cinemática da escápula durante a elevação e descida do braço, ambos em sujeitos assintomáticos e portadores da síndrome do impacto (SI).

**Métodos:** Para a avaliação cinemática foi utilizado o dispositivo eletromagnético *Flock of Birds*®. Os sujeitos foram divididos em 2 grupos (controle e impacto). Os dados cinemáticos para a confiabilidade foram coletados durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso em duas ocasiões diferentes separadas por 3 a 5 dias. Quarenta e nove sujeitos foram avaliados para a confiabilidade entre repetições e quarenta e três sujeitos foram avaliados para a confiabilidade entre dias. Para a avaliação pré e pós-manipulação os dados cinemáticos foram coletados durante a elevação e descida do braço antes e imediatamente após a intervenção. A escala numérica de dor mediu a dor durante o movimento do braço antes e após a intervenção. Cinquenta sujeitos ( $31,76 \pm 10,91$  anos) com SI e 47 sujeitos ( $25,76 \pm 5,01$  anos) assintomáticos para disfunções no ombro foram aleatoriamente designados a um dos seguintes grupos: manipulação ou *sham*.

**Resultados:** A confiabilidade das medidas entre as repetições foi excelente para as rotações medial e superior e para a inclinação da escápula em ambos os grupos durante a elevação e a descida do braço (CCI=0,92-0,99). No geral, confiabilidade entre dias para avaliar os movimentos escapulares durante a elevação e a descida do braço para ambos os grupos foi boa (CCI=0,54-0,88). A confiabilidade entre dias também foi boa e excelente para as rotações escapulares durante a posição de repouso em ambos os grupos (ICC=0,66-0,95). Houve melhora significativa da dor nos sujeitos com SI (de 3,29 para 2,45,  $p < 0,01$ ) durante o movimento do braço imediatamente após a MT. Os sujeitos com e sem SI que receberam a MT e os sujeitos assintomáticos que receberam a intervenção *sham* apresentaram significativo aumento na rotação superior da escápula após a intervenção. O aumento na inclinação anterior após a manipulação também foi observado nos sujeitos assintomáticos que receberam a MT.

**Conclusão:** O *Flock of Birds*® é um dispositivo eletromagnético confiável para medir ao longo do tempo o movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso em sujeitos assintomáticos e portadores de SI ao longo do tempo. A MT está associada com a melhora da dor e da rotação superior da escápula nos sujeitos com SI. E, apesar da questionável relevância clínica, a MT pode não ser imediatamente favorável para a inclinação escapular nos sujeitos assintomáticos.

**Palavras-chave:** escápula, coluna, reabilitação, síndrome do impacto, terapia manual.



## Abstract

**Background:** There is a lack of studies that evaluated within day and between day reliabilities of 3-D scapular kinematics during elevation and lowering of the arm in different shoulder conditions, as well as studies about low-amplitude and high-velocity thoracic spine manipulation (TSM) effects on scapular kinematics in subjects with shoulder dysfunctions. **Objective:** To establish within day and between day reliability of scapular motion during elevation and lowering of the arm and at rest position and to evaluate the immediate effects of a TSM on pain and scapular kinematics during elevation and lowering of the arm, both in subjects with and without shoulder impingement syndrome (SIS). **Methods:** Kinematic data were collected using Flock of Birds® electromagnetic device. Subjects were divided in 2 groups: control and impingement. For reliability kinematic data were collected during elevation and lowering of the arm and at rest position on 2 different occasions separated by 3 to 5 days. Forty-nine subjects were tested for within day reliability. Forty-three subjects were reassessed for between day reliability. For kinematic evaluation pre- and post-manipulation, scapular kinematics was collected during elevation and lowering of the arm before and immediately after the intervention. Numeric pain rating scale was used to assess shoulder pain during arm movement at pre- and post-intervention. Fifty subjects ( $31.76 \pm 10.91$  years) with SIS and 47 subjects ( $25.76 \pm 5.01$  years) asymptomatic for shoulder dysfunctions were randomly assigned to one of the groups: manipulation or sham. **Results:** There was very good within day reliability for assessing scapular internal and upward rotations and tilt from both groups during elevation and lowering of the arm (ICC=0.92-0.99). In general, there was good between day reliability for assessing scapular motion during elevation and lowering of the arm from both groups (ICC=0.54-0.88). There was also good and very good between day reliability for assessing scapular rest position in both groups (ICC=0.66-0.95). *Study 2:* Subjects with SIS experienced reduced shoulder pain (from 3.29 to 2.45,  $p < 0.01$ ) during arm movement immediately after TSM. Subjects with and without SIS who received TSM and asymptomatic subjects who received *sham* intervention showed significant increase in scapular upward rotation at post-intervention. Increase in scapular anterior tilt at post-manipulation was also observed in asymptomatic subjects who received TSM. **Conclusion:** Flock of Birds® electromagnetic tracking system is a reliable device for measuring 3-D scapular motion during elevation and lowering of the arm and at rest position in subjects with and without impingement symptoms over time. TSM is associated with improved shoulder pain and scapular upward rotation in subjects with SIS. Although with questionable clinical relevance, TSM may not be immediately favorable to scapular tilt in asymptomatic subjects.

**Key-words:** Scapula, spine, rehabilitation, shoulder impingement syndrome, manual therapy.

## Lista de figuras

### Estudo 1

- Figura 1.** Fluxograma descrevendo o número de sujeitos avaliados em cada sessão e em cada grupo. A diferença no tamanho da amostra em cada dia foi devida à desistência de alguns sujeitos em participar do estudo..... 24
- Figura 2.** Média e erro padrão para a rotação medial/lateral (A), rotação superior/inferior (B) e inclinação anterior/posterior da escápula (C) do grupo controle nos 2 dias de avaliação durante a elevação e descida do braço..... 31
- Figura 3.** Média e erro padrão para a rotação medial/lateral (A), rotação superior/inferior (B) e inclinação anterior/posterior da escápula (C) do grupo com impacto nos 2 dias de avaliação durante a elevação e descida do braço..... 31
- Figura 4.** Média e erro padrão para a rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior na posição de repouso nos 2 dias de avaliação dos grupos controle (A) e com impacto (B)..... 32

### Estudo 2

- Figura 1.** Fluxograma representando o recrutamento, a alocação, os procedimentos e a análise de todos os sujeitos..... 49
- Figura 2.** Posicionamento do sujeito e do terapeuta durante ambas as intervenções: manipulação e *sham*..... 55
- Figura 3.** Média e erro padrão da pontuação de dor das 3 tentativas de elevação e descida do braço pré e pós-intervenções para todos os grupos..... 58
- Figura 4.** Média e erro padrão da rotação medial/lateral da escápula durante a elevação e descida do braço para os grupos: impacto manipulação (A), impacto *sham* (B), controle manipulação (C) e controle *sham* (D) pré e pós-intervenção..... 61
- Figura 5.** Média e erro padrão da rotação superior/inferior da escápula durante a elevação e descida do braço para os grupos: impacto manipulação (A), impacto *sham* (B), controle manipulação (C) e controle *sham* (D) pré e pós-intervenção..... 62
- Figura 6.** Média e erro padrão da inclinação posterior/anterior da escápula durante a elevação e descida do braço para os grupos: impacto manipulação (A), impacto *sham* (B), controle manipulação (C) e controle *sham* (D) pré e pós-intervenção..... 63

## Lista de tabelas

### Estudo 1

<b>Tabela 1.</b>	Características demográficas dos sujeitos.....	25
<b>Tabela 2.</b>	Confiabilidade entre as 3 tentativas para avaliar as rotações escapulares durante a elevação e descida do braço no plano sagital nos grupos controle e com impacto.....	33
<b>Tabela 3.</b>	Confiabilidade entre dias da média de 3 tentativas para avaliar as rotações escapulares durante a elevação e descida do braço no plano sagital nos grupos controle e com impacto.....	34
<b>Tabela 4.</b>	Confiabilidade entre dias de uma tentativa para avaliar as rotações escapulares na posição de repouso nos grupos controle e com impacto.....	35

### Estudo 2

<b>Tabela 1.</b>	Características demográficas dos sujeitos.....	52
<b>Tabela 2.</b>	Pontuação dos questionários DASH e WORC para todos os grupos.....	54
<b>Tabela 3.</b>	Pontuação da EN de dor durante o movimento do braço antes e após as intervenções em todos os grupos.....	61
<b>Tabela 4.</b>	Resultados da confiabilidade entre tentativas das medidas de rotação medial, rotação superior durante as 3 tentativas de elevação e descida do braço em todos os grupos.....	61
<b>Tabela 5.</b>	Resultados das interações grupo x tempo para as rotações escapulares durante a elevação e a descida do braço em todos os grupos.....	62

### Lista de anexos

<b>Anexo I</b>	Artigo submetido ao <i>Journal of Orthopaedic &amp; Sports Physical Therapy</i> .....	77
<b>Anexo II</b>	Artigo submetido ao <i>Journal of Orthopaedic &amp; Sports Physical Therapy</i> .....	111

## Sumário

<b>1. Prefácio</b>	.....	11
<b>2. Contextualização</b>	.....	13
<b>3. Objetivos</b>	.....	19
<b>Estudo 1</b>	.....	20
<b>Estudo 2</b>	.....	44

## 1. Prefácio

O tema dessa dissertação de Mestrado surgiu a partir de um projeto de cooperação científica entre a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Rezende Camargo e o Prof. Dr. Francisco Albuquerque-Sendín (da Universidade de Salamanca, Espanha) com o propósito de investigar os efeitos do tratamento com terapia manual na biomecânica e dor no ombro em portadores da síndrome do impacto. Considerando minha experiência durante a Iniciação Científica na qual estudei a propriocepção no ombro em portadoras da síndrome do impacto <sup>1</sup> sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Stela Mattiello, e minha atual formação em Osteopatia, a Prof.<sup>a</sup> Paula sugeriu um projeto onde pudéssemos associar a cinemática do ombro, sua linha de pesquisa, com técnicas da terapia manual aplicadas aos portadores da síndrome do impacto. A partir de então, desenvolvemos o desenho do estudo cujo objetivo foi avaliar os efeitos imediatos de uma manipulação torácica na dor e cinemática do ombro com impacto comparado com um grupo controle. A manipulação torácica é uma técnica comumente utilizada no plano de intervenção dos pacientes com dor no ombro, mas seus reais efeitos ainda não estão elucidados na literatura. Após revisão da literatura, foi possível observar que a confiabilidade em avaliar a orientação e o posicionamento escapular 3-D entre repetições e entre dias ainda não está bem determinada<sup>2</sup>.

Portanto, nesta dissertação de Mestrado foram concluídos dois estudos. No primeiro estudo foi estabelecida a confiabilidade entre repetições e entre dias, o erro padrão da medida e a mínima diferença detectável das medidas do movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso em sujeitos assintomáticos e portadores da síndrome do impacto (Estudo 1). No segundo estudo foram avaliados os efeitos imediatos de uma manipulação torácica de alta velocidade e baixa amplitude na dor

e na cinemática da escápula durante a elevação e descida do braço em sujeitos com e sem síndrome do impacto (Estudo 2).

### ***Atividades didáticas realizadas no período***

Durante o Mestrado, co-orientei um projeto de Iniciação Científica Júnior destinado a um estudante do Ensino Médio, que foi apresentado no XIX Congresso de Iniciação Científica da UFSCar (2011), e um projeto de Iniciação Científica, que será apresentado como trabalho de conclusão do curso de Graduação em Fisioterapia no final de 2013. Nesse mesmo período, a convite da Profa. Tania F Salvini, também colaborei com a disciplina de Cinesioterapia do curso de graduação em Fisioterapia, ministrando o módulo sobre “Mobilização articular em Terapia Manual” durante dois semestres (2011 e 2012) com conteúdo teórico e prático. Ministrei ainda dois minicursos em Terapia Manual: “Terapia Manual na coluna lombar e articulação sacro-ilíaca”, no XVIII Simpósio de Fisioterapia da UFSCar (2011) e “Abordagem osteopática para avaliação e tratamento da cintura escapular”, no XIX Simpósio de Fisioterapia da UFSCar (2012).

### ***Referências***

1. Haik MN, Camargo PR, Zanca GG, Albuquerque-Sendín F, Salvini TF, Mattiello-Rosa SM. Joint position sense is not altered during medial and lateral rotations in female assembly line workers with shoulder impingement syndrome. *Physiother Theory Pract.* 2013;29:41-50.
2. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:90-104.

## 2. Contextualização

A dor no ombro é uma das condições que mais afetam a extremidade superior e sua frequência clínica como distúrbio músculo-esquelético é superada apenas pela dor lombar<sup>4, 20, 34</sup>. A síndrome do impacto (SI) é a queixa mais frequente de dor no ombro, sendo responsável por 44-65% dos casos<sup>34</sup>. Foi descrita por Neer (1972)<sup>23</sup> como uma compressão ou abrasão mecânica dos tendões do manguito rotator, da bursa subacromial ou do tendão cabeça longa do bíceps braquial contra o arco coracoacromial (impacto subacromial) ou entre a superfície inferior dos tendões do manguito e a borda posterior da glenóide ou o lábio glenoidal (impacto interno)<sup>16, 23</sup>. Muitas disfunções do ombro, como a SI, apresentam relação com a cinemática anormal do ombro que tem sido amplamente avaliada de forma tridimensional através da elevação do braço rastreada por dispositivos eletromagnéticos<sup>14, 16, 17, 19, 26</sup>. Tais dispositivos são capazes de determinar a posição e orientação 3-D da escápula durante os movimentos do ombro permitindo comparações entre sujeitos assintomáticos e com dor no ombro<sup>12, 14, 15, 17-19, 32, 39, 40</sup>.

Diminuição da rotação superior e da inclinação posterior e aumento da rotação medial da escápula já foram descritos durante a elevação do braço em sujeitos com sintomas de impacto comparados com sujeitos assintomáticos<sup>13, 14, 16, 17</sup>. Entretanto, os estudos mostram inconsistências e discrepâncias com relação às alterações cinemáticas identificadas nos movimentos da escápula<sup>16</sup>. Há ainda pouca informação disponível a respeito da confiabilidade da avaliação eletromagnética para reproduzir as rotações escapulares.

Scibek e Carcia (2012)<sup>28</sup> demonstraram boa e excelente confiabilidade entre sessões e entre dias do *Flock of Birds*® para reproduzir a cinemática do ombro e, alguns autores relataram boa e excelente confiabilidade de outros dispositivos eletromagnéticos



utilizados para reproduzir o movimento escapular durante a elevação do braço, porém a confiabilidade entre repetições foi relatada para apenas um número pequeno de sujeitos <sup>14, 15, 17, 18</sup>. Foi encontrado apenas um estudo que se dedicou a avaliar exclusivamente a reprodutibilidade das rotações escapulares em três planos de elevação umeral entre repetições, sessões e dias em sujeitos jovens e assintomáticos <sup>33</sup>. Os autores mostraram que as rotações escapulares são reproduzíveis, porém sua reprodutibilidade é menor entre dias diferentes do que entre sessões realizadas no mesmo dia <sup>33</sup>. Apesar de esse estudo contribuir para a literatura, seus resultados não podem ser generalizados porque eles avaliaram apenas sujeitos assintomáticos e a fase de elevação do braço.

Com relação à reabilitação do ombro com SI, revisões sistemáticas suportam claramente a eficácia de exercícios terapêuticos para a reabilitação da síndrome do impacto <sup>11, 21</sup> e resultados de ensaios randomizados têm indicado que a terapia manual associada aos exercícios terapêuticos parece alcançar melhores resultados na dor, função, amplitude de movimento e atividade muscular no ombro <sup>1, 2, 10, 29, 31, 38</sup>. A manipulação torácica de alta velocidade e baixa amplitude (MT) é uma das várias técnicas da terapia manual aplicadas no tratamento do ombro e poucos estudos isolaram seus efeitos na dor e disfunção do ombro para o melhor entendimento de sua efetividade <sup>3, 30</sup>.

A justificativa clínica para o uso da MT no tratamento do ombro é baseada na teoria da interdependência regional descrita por Wainner e colaboradores (2001) <sup>35</sup>, que se foca nos comprometimentos em segmentos distais ou proximais àquele onde se manifesta a principal queixa do paciente <sup>35, 36</sup>. Esse conceito é suportado por ensaios clínicos focados nos efeitos da manipulação vertebral em regiões corporais adjacentes ao segmento manipulado <sup>5-9</sup>, por evidências de diminuição da mobilidade de segmentos torácicos superiores na presença de dor cervical e no ombro <sup>24, 25</sup> e de melhora na dor, amplitude de

movimento e função do ombro após uma MT<sup>2, 3, 30</sup>. Foram encontrados apenas três estudos utilizando a MT especificamente em sujeitos com sintomas de impacto no ombro que demonstraram redução da dor e melhora da função após a intervenção<sup>3, 22, 30</sup>, entretanto nenhum deles incluiu um grupo controle para comparação. Apenas um estudo avaliou os efeitos da MT na cinemática e atividade muscular da escápula e sugeriu que as melhoras imediatas observadas na dor e função do ombro não são explicadas pelas alterações da cinemática ou da atividade muscular da escápula<sup>22</sup>. Porém esse estudo não incluiu um grupo controle e avaliou apenas a elevação do braço.

A razão pela qual a MT produz efeitos em outras regiões corporais não está completamente entendida e é um tópico de debate. Acredita-se que efeitos neurofisiológicos da manipulação e outras mudanças biomecânicas são as possíveis causas da interdependência regional em consequência ao influxo de informações sensoriais no sistema nervoso central<sup>27, 37</sup>, modulando o controle motor e o processamento da dor<sup>27</sup>. Apesar da suspeita de que efeitos fisiológicos e biomecânicos resultam da MT, sua contribuição para a reabilitação do ombro não está clara e, portanto, se fazem necessários mais estudos que avaliem a efetividade da MT para tratar o ombro em disfunção<sup>1-3, 10, 29, 31, 38</sup>.

Sendo assim, para avaliar os efeitos de uma MT na cinemática da escápula durante a elevação e descida do braço é importante estabelecer a confiabilidade das medidas cinemáticas 3-D da escápula em sujeitos assintomáticos e portadores de disfunções no ombro durante ambas as fases do movimento do braço. Uma das hipóteses desse estudo é que o *Flock of Birds*® é um equipamento confiável para medir ao longo do tempo o movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço em sujeitos com e sem

síndrome do impacto. A outra hipótese é que a MT pode causar alterações na cinemática escapular e reduzir a dor nos sujeitos com síndrome do impacto.

### **Referências**

1. Bang MD, Deyle GD. Comparison of supervised exercise with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30:126-137.
2. Bergman GJD, Winters JC, Groenier KH, et al. Manipulative therapy in addition to usual medical care for patients with shoulder dysfunction and pain. *Ann Intern Med*. 2004;141:432-439.
3. Boyles RE, Ritland BM, Mirade BM, et al. The short-term effects of thoracic spine thrust manipulation on patients with shoulder impingement syndrome. *Man Ther*. 2009;14:375-380.
4. Camargo PR, Haik MN, Filho RB, Mattiello-Rosa SM, Salvini TF. Pain in workers with shoulder impingement syndrome: an assessment using the DASH and McGill pain questionnaires. *Rev Bras Fisioter*. 2007;11:161-167.
5. Cleland JA, Childs MJD, McRae M, Palmer JA, Stowell T. Immediate effects of thoracic manipulation in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Man Ther*. 2005;10:127-135.
6. Cleland JA, Glynn P, Whitman JM, Eberhart SL, MacDonald C, Childs JD. Short-term effects of thrust versus nonthrust mobilization/manipulation directed at the thoracic spine in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Phys Ther*. 2007;87:431-440.
7. Cross KM, Kuenze C, Grindstaff T, Hertel J. Thoracic spine manipulation improves pain, range of motion and self-reported function in patients with mechanical neck pain: A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41:633-643.
8. Dunning JR, Cleland JA, Waldrop MA, et al. Upper cervical and upper thoracic thrust manipulation versus nonthrust mobilization in patients with mechanical neck pain: A multicenter randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012;42:5-21.
9. González-Iglesias J, Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA, Gutiérrez-Vega MdR. Thoracic spine manipulation for the management of patients with neck pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39:20-27.
10. Ho CY, Sole G, Munn J. The effectiveness of manual therapy in the management of musculoskeletal disorders of the shoulder: a systematic review. *Man Ther*. 2009;14:463-474.
11. Kuhn JE. Exercise in the treatment of rotator cuff impingement: a systematic review and a synthesized evidence-based rehabilitation protocol. *J Shoulder Elbow Surg*. 2009;18:138-160.
12. Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, Spoden SM, Wilson LA. Three-dimensional clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34:140-149.
13. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther*. 2011;16:33-39.
14. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*. 2000;80:276-291.

15. Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24:57-65.
16. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:90-104.
17. Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-Dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29:574-586.
18. McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Phys Ther.* 2004;84:832-848.
19. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther.* 2006;86:1075-1090.
20. Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18:369-379.
21. Michener LA, Walsworth MK, Burnet EN. Effectiveness of rehabilitation for patients with subacromial impingement syndrome: a systematic review. *J Hand Ther.* 2004;17:152-164.
22. Muth S, Barbe MF, Lauer R, McClure PW. The effects of thoracic spine manipulation in subjects with signs of rotator cuff tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:1005-1016.
23. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:41-50.
24. Norlander S, Gustavsson BA, Lindell J, Nordgren B. Reduced mobility in the cervico-thoracic motion segment--a risk factor for musculoskeletal neck-shoulder pain: a two-year prospective follow-up study. *Scand J Rehabil Med.* 1997;29:167-174.
25. Norlander S, Nordgren B. Clinical symptoms related to musculoskeletal neck-shoulder pain and mobility in the cervico-thoracic spine. *Scand J Rehabil Med.* 1998;30:243-251.
26. Phadke V, Camargo P, Ludewig P. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev Bras Fisioter.* 2009;13:1-9.
27. Pickar JG. Neurophysiological effects of spinal manipulation. *Spine J.* 2002;2:357-371.
28. Scibek JS, Carcia CR. Validation and repeatability of a shoulder biomechanics data collection methodology and instrumentation. *J Appl Biomech.* 2012 [Epub ahead of print];
29. Senbursa G, Baltaci G, Atay A. Comparison of conservative treatment with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome: a prospective, randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:915-921.
30. Strunce JB, Walker MJ, Boyles RE, Young BA. The immediate effects of thoracic spine and rib manipulation on subjects with primary complaints of shoulder pain. *J Man Manip Ther.* 2009;17:230-236.
31. Tate AR, McClure PW, Young IA, Salvatori R, Michener IA. Comprehensive impairment-based exercise and manual therapy intervention for patients with Subacromial Impingement Syndrome: A case series. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40:474-493.
32. Teece RM, Lunden JB, Lloyd AS, Kaiser AP, Cieminski CJ, Ludewig PM. Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38:181-190.
33. Thigpen CA, Gross MT, Karas SG, Garrett WE, Yu B. The repeatability of scapular rotations across three planes of humeral elevation. *Res Sports Med.* 2005;13:181-198.

34. van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, Bouter LM. Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis*. 1995;54:959-964.
35. Wainner RS, Flynn TW, Whitman JM. *Spinal and extremity manipulation: the basic skill set for physical therapists*. Manipulations. I Manipulations, Inc; 2001.
36. Wainner RS, Whitman JM, Cleland JA, Flynn TW. Regional interdependence: A musculoskeletal examination model whose time has come [guest editorial]. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;37:658-660.
37. Walser RF, Meserve BB, Boucher TR. The effectiveness of thoracic spine manipulation for the management of musculoskeletal conditions: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009;17:237-246.
38. Winters JC, Sobel JS, Groenier KH, Arendzen HJ, Jong BM. Comparison of physiotherapy, manipulation, and corticosteroid injection for treating shoulder complaints in general practice: randomised, single blind study. *BMJ*. 1997;314:1320-1325.
39. Yano Y, Hamada J, Tamai K, et al. Different scapular kinematics in healthy subjects during arm elevation and lowering: Glenohumeral and scapulothoracic patterns. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19:29-09-215.
40. 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 Elbow Surg*. 2009;18:756-763.

### **3. Objetivos**

Determinar a confiabilidade entre repetições e entre dias das medidas do movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso, e avaliar os efeitos imediatos de uma manipulação torácica na dor e na cinemática da escápula durante a elevação e descida do braço, ambos em sujeitos assintomáticos e portadores da síndrome do impacto.

**Estudo 1 – artigo submetido ao *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* em novembro de 2012 (Anexo I).**

**Confiabilidade e mínima diferença detectável da cinemática 3-D da escápula em sujeitos com e sem síndrome do impacto**

Melina Nevoeiro Haik<sup>1</sup>, Francisco Albuquerque-Sendín<sup>2</sup>, Paula Rezende Camargo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade de Salamanca, Espanha.

## RESUMO

**Contextualização:** Dispositivos eletromagnéticos têm sido amplamente utilizados para determinar a cinemática 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço em diferentes condições, porém faltam evidências a respeito da confiabilidade entre repetições e entre dias desse tipo de medida. **Objetivo:** Estabelecer a confiabilidade entre repetições e entre dias, o erro padrão da medida (EPM) e a mínima diferença detectável (MDD) das medidas do movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso em sujeitos assintomáticos e em portadores de síndrome do impacto. **Métodos:** Os sujeitos foram divididos em 2 grupos: controle e impacto. Os dados cinemáticos foram coletados com o dispositivo eletromagnético *Flock of Birds*® em duas ocasiões diferentes separadas por 3 a 5 dias. Quarenta e nove sujeitos foram avaliados para a confiabilidade entre repetições e quarenta e três sujeitos foram avaliados para a confiabilidade entre dias. **Resultados:** Para a rotação medial, rotação superior e inclinação da escápula a confiabilidade das medidas entre as repetições foi excelente em ambos os grupos durante a elevação e a descida do braço (CCI=0,92-0,99). No geral, confiabilidade entre dias para avaliar os movimentos escapulares durante a elevação e a descida do braço para ambos os grupos foi boa (CCI=0,54-0,88). A confiabilidade entre dias também foi boa e excelente para as rotações escapulares durante a posição de repouso em ambos os grupos (ICC=0,66-0,95). O EPM entre dias variou de 3,37° a 7,44° para ambos os grupos. A MDD entre dias a 90% de IC aumentou conforme o ângulo de elevação umeral era maior (de 7,81° a 17,27°). **Conclusão:** O *Flock of Birds*® é um dispositivo eletromagnético confiável para medir ao longo do tempo o movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso em sujeitos assintomáticos e portadores de síndrome do impacto ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** *escápula; reabilitação; síndrome do impacto*



## INTRODUÇÃO

A elevação do braço é constituída por uma combinação de movimentos em várias articulações do ombro, inclusive nas articulações esternoclavicular, acromioclavicular e glenoumeral<sup>27, 39</sup>. O complexo movimento escapulotorácico depende da interação entre as articulações esternoclavicular e acromioclavicular, sendo frequentemente descrito através dos seus componentes escapulotorácicos e glenoumerais<sup>39</sup>. Existem evidências de que a alteração do padrão desse movimento está associada às patologias do ombro, como a síndrome do impacto, disfunções do manguito rotator e instabilidades<sup>38, 40, 41, 44, 71</sup>.

Dispositivos eletromagnéticos têm sido amplamente utilizados para determinar a posição e orientação 3-D da escápula durante os movimentos do ombro em sujeitos assintomáticos e portadores de diferentes disfunções do ombro<sup>36, 38, 39, 41, 43, 44, 65, 75, 76</sup>, como, por exemplo, a síndrome do impacto<sup>38, 41, 43, 44</sup>. A síndrome do impacto é uma condição do ombro comum e dolorosa e existe um consenso de que o impacto é o principal problema subjacente em muitas desordens do manguito rotador<sup>43, 51, 67</sup>. Diminuição da rotação superior e inclinação posterior e aumento da rotação medial da escápula já foram descritos durante a elevação do braço em sujeitos com síndrome do impacto comparados com sujeitos assintomáticos<sup>37, 38, 40, 41</sup>. Entretanto, os estudos mostram inconsistências e discrepâncias com relação às alterações de movimento identificadas<sup>40</sup>. Tais discrepâncias podem ser resultado de pequenos tamanhos amostrais e baixa potência do estudo, da etiologia multifatorial da síndrome do impacto, da grande variabilidade nos padrões de movimento nos sujeitos assintomáticos, da limitação do diagnóstico clínico entre os diferentes tipos de impacto no ombro e das variações na idade, dominância, gênero e exposição do membro superior às atividades ocupacionais ou atléticas<sup>37, 40</sup>. Além disso, há

pouca informação disponível a respeito da confiabilidade da avaliação eletromagnética para reproduzir as rotações escapulares.

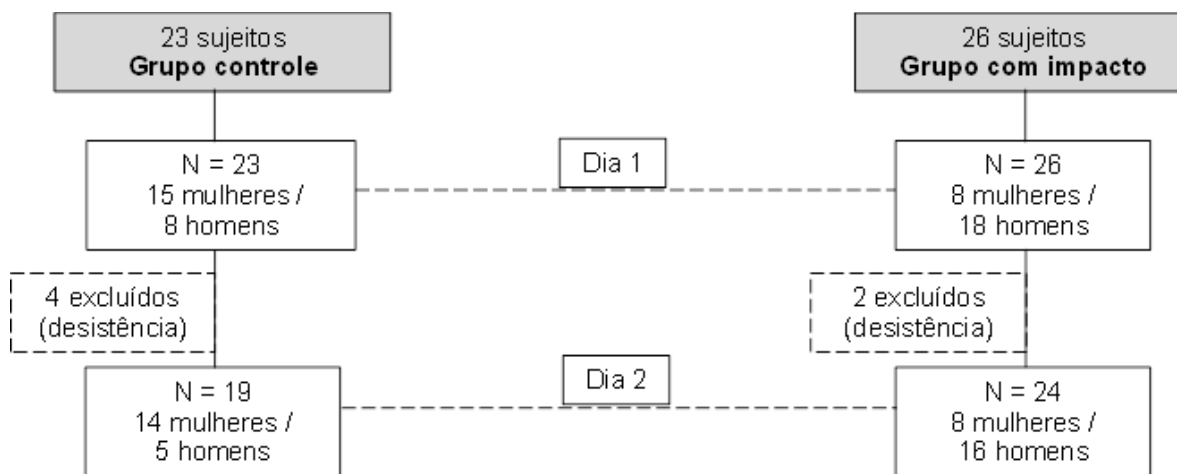
Scibek e Carcia (2012) <sup>58</sup> validaram o uso do *Flock of Birds*® para reproduzir a cinemática do ombro. Lukasiewicz e colaboradores (1999) <sup>41</sup> reportaram excelente confiabilidade do dispositivo eletromagnético *Metrecom* para reproduzir o posicionamento escapular em sujeitos assintomáticos, apresentando Coeficientes de Correlação Intraclasse (CCI 3,1) entre 0,88 e 0,99. McClure e colaboradores (2004) <sup>43</sup> relataram boa e excelente confiabilidade (CCI = 0,69-0,95) entre as medidas do movimento escapular removendo e recolocando os sensores em sujeitos assintomáticos para dor no ombro. Foi encontrado apenas um estudo que avaliou a reprodutibilidade das rotações escapulares em três planos de elevação umeral entre repetições, sessões e dias em sujeitos jovens e assintomáticos <sup>66</sup>. Os autores mostraram que as rotações escapulares são reproduzíveis, porém sua reprodutibilidade é menor entre dias diferentes do que entre sessões realizadas no mesmo dia. Apesar do estudo de Thigpen e colaboradores (2005) contribuir para a literatura, seus resultados não podem ser generalizados porque eles avaliaram apenas sujeitos assintomáticos e a fase de elevação do braço. Sendo assim, é importante considerar sujeitos portadores de disfunções no ombro e também a fase de descida do braço, já que a discinesia escapular é proeminente durante essa fase.

O objetivo desse estudo foi estabelecer a confiabilidade entre repetições e entre dias da medida das rotações escapulares através de sensores de superfície durante a elevação e a descida do braço e na posição de repouso em sujeitos assintomáticos e portadores da síndrome do impacto, assim como estabelecer valores de erro absoluto com o erro padrão da medida (EPM) e a mínima diferença detectável (MDD) para facilitar a interpretação clínica das mudanças cinemáticas ao longo do tempo.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Quarenta e nove sujeitos participaram do estudo, divididos em 2 grupos: grupo controle (n=23) e grupo com impacto (n=26), conforme observado na Figura 1. Folhetos distribuídos pela universidade, clínicas ortopédicas e lugares públicos frequentados pela comunidade foram os meios utilizados para o recrutamento dos sujeitos com impacto. Os sujeitos assintomáticos sem sinais de comprometimento no ombro foram recrutados dentro da universidade e na comunidade local, bem como através de contatos pessoais dos investigadores. As características básicas descritivas dos sujeitos são apresentadas na Tabela 1.



**FIGURA 1.** Fluxograma descrevendo o número de sujeitos avaliados em cada sessão e em cada grupo. A diferença no tamanho da amostra em cada dia foi devida à desistência de alguns sujeitos em participar do estudo.

**TABELA 1.** Características demográficas dos sujeitos.

	Confiabilidade entre repetições (n=49)		Confiabilidade entre dias (n=43)	
	Grupo controle (n=23)	Grupo com impacto (n=26)	Grupo controle (n=19)	Grupo com impacto (n=24)
<b>Idade (anos)</b>	27,77 ± 6,84	29,65 ± 9,09	28,11 ± 7,29	29,92 ± 9,40
<b>Peso (Kg)</b>	62,66 ± 11,22	76,50 ± 13,55	62,66 ± 11,89	75,92 ± 13,96
<b>Altura (m)</b>	1,67 ± 0,09	1,73 ± 0,10	1,66 ± 0,09	1,73 ± 0,10
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	22,33 ± 2,65	25,42 ± 3,45	22,59 ± 2,76	25,39 ± 3,55
<b>Ombro avaliado</b>	7 dominantes 16 não-dominantes	16 dominantes 10 não-dominantes	4 dominantes 15 não-dominantes	16 dominantes 8 não-dominantes
<b>Tempo de dor (meses)</b>	-	41,62 ± 64,82	-	42,04 ± 66,85
<b>Tempo entre avaliações (dias)</b>	-	-	3,24 ± 1,17	3,42 ± 0,71

Os dados quantitativos são média ± desvio padrão. Abreviaturas: IMC, índice de massa corporal.

O diagnóstico para dor no ombro foi realizado com base numa análise clínica detalhada e no histórico ortopédico relatado pelos próprios sujeitos. Para ser classificado como portadores da síndrome de impacto, os sujeitos deveriam apresentar ao menos 3 das seguintes condições: Teste de Neer positivo <sup>50</sup>, Teste de Hawkins positivo <sup>21</sup>, dor durante a abdução isométrica resistida <sup>28</sup>, dor durante a rotação lateral passiva ou isométrica resistida <sup>44</sup>, dor durante a elevação ativa do ombro <sup>26</sup>, dor na palpação dos tendões do manguito rotador e dor na região do dermatomo de C5 ou C6 <sup>44</sup>. Todos os sujeitos deveriam ser capazes de alcançar 150° de elevação do braço. Os critérios de exclusão foram: gravidez, doenças sistêmicas, fisioterapia há menos de 6 meses antes da avaliação, sinais de ruptura completa ou inflamação aguda do manguito rotador, sintomas relacionados à coluna cervical, instabilidade glenoumeral (Teste de Apreensão, de gaveta anterior ou Sinal do

Sulco positivos <sup>44</sup>), história de fratura no membro superior ou cirurgia de ombro. Sujeitos assintomáticos foram excluídos se apresentassem: qualquer queixa de dor na região cervical ou no ombro, qualquer teste positivo para impacto no ombro <sup>21, 28, 50</sup> ou instabilidade <sup>44</sup>, histórico de fraturas na extremidade superior, gravidez ou doenças sistêmicas. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos. Todos os sujeitos deram seu consentimento formal e escrito com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, elaborado a partir da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Apenas o lado sintomático foi avaliado nos sujeitos portadores de síndrome de impacto e, para o grupo assintomático, o lado foi randomicamente determinado por uma lista gerada por programa de computador.

### **Cinemática tridimensional**

A coleta de dados cinemáticos foi realizada em duas ocasiões diferentes separadas por 3 a 4 dias. No primeiro dia, 49 sujeitos foram avaliados para determinar a confiabilidade entre 3 repetições de elevação e descida do braço. No segundo dia, 43 sujeitos foram reavaliados para determinar a confiabilidade da medida entre dias. O examinador era cego a respeito das medidas iniciais no momento da reavaliação.

Para avaliação 3-D da cinemática escapular, a captação e a análise dos dados foram realizadas utilizando o hardware (Ascension Technology Corporation, Burlington, VT) Flock of Birds® (miniBird®) integrado ao software MotionMonitor™ (Innovative Sports Training, Inc. Chicago, IL). O Flock of Birds® é um dispositivo DC de rastreamento eletromagnético, capaz de localizar múltiplos sensores, relativos a uma fonte transmissora. O transmissor produz um campo eletromagnético, que induz corrente nos sensores que possuem 3 bobinas ortogonais. A posição e orientação 3-D de cada sensor podem ser

rastreadas simultaneamente, com frequência amostral de 30-144 Hz. Os sensores são pequenos e leves (1,8 x 0,8 x 0,8 cm). Em um ambiente livre de metal, a 76 cm de distância do transmissor, a acurácia da raiz quadrada da média do sistema é de 0,5° para orientação e de 0,18 cm para posição, conforme o manual do equipamento. Um dos sensores foi conectado a uma ponteira (*stylus*), para digitalização de pontos anatômicos e construção do sistema de coordenadas da articulação.

Os sensores eletromagnéticos foram fixados com fita dupla face ao esterno, ao acrômio da escápula e a um manguito termoplástico fixado na região distal do úmero para rastrear o movimento umeral. Estes posicionamentos dos eletrodos de superfície foram previamente utilizados<sup>7, 36, 38, 44, 65</sup>. O indivíduo estava em pé com os braços relaxados ao lado do tronco, em uma posição neutra, com o transmissor diretamente atrás do ombro a ser avaliado, enquanto os pontos anatômicos no tórax, escápula e úmero foram palpados e digitalizados para permitir a transformação dos dados do sensor em sistemas de coordenadas locais, baseadas na anatomia. Digitalizar significa trazer um *stylus* com um sensor eletromagnético anexado e com características conhecidas aos marcos anatômicos palpados e registrar de maneira digital a posição da coordenada 3-D relativa ao respectivo sensor do segmento. Os marcos anatômicos no tórax incluíram a incisura jugular, os processos espinhosos de C-7 e T-8 e o processo xifóide. Os marcos anatômicos na escápula incluíram a raiz da espinha, o ângulo acromial e o ângulo inferior da escápula. Os marcos anatômicos no úmero incluíram os epicôndilos lateral e medial. O centro da cabeça do úmero foi estimado movendo passivamente o braço em arcos curtos (<45°), para definir o ponto pivô<sup>2</sup>.

Sistemas de coordenadas locais foram estabelecidos para o tronco, escápula e úmero, utilizando os marcos anatômicos digitalizados, recomendados pelo protocolo da Sociedade

Internacional de Biomecânica<sup>74</sup>. O eixo-z foi apontado lateralmente, o eixo-x anteriormente e o eixo-y superiormente, para análise dos dados do lado direito. A orientação dos eixos para o lado esquerdo foi mudada tal que, o eixo-z apontou lateralmente, o eixo-x posteriormente e o eixo-y superiormente. Estes três eixos definiram os planos cardinais para o tronco. O eixo-y foi formado pelo vetor que se junta aos pontos médios, entre o processo espinhoso de C-7 e o manúbrio do esterno e entre o processo espinhoso de T-8 e o processo xifóide. O eixo-z foi dirigido perpendicularmente ao plano sagital. O eixo-x foi perpendicular aos eixos z e y. Para definir os eixos da escápula, o eixo-z foi definido no plano da escápula, da raiz da espinha escapular ao ângulo acromial. O eixo-x foi perpendicular ao plano da escápula. O eixo-y foi perpendicular aos eixos x e z.

A sequência YXZ foi usada para descrever os movimentos escapulares em relação ao tronco. As rotações escapulares foram descritas na seguinte ordem: rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior. A posição do úmero em relação ao tronco foi determinada utilizando a sequência Y'XY". A primeira rotação definiu o plano de elevação; a segunda definiu o ângulo de elevação umeral; e a terceira definiu as rotações medial/lateral.

As coletas dos dados cinemáticos foram realizadas com os sujeitos em pé em frente ao transmissor, com os pés em uma posição confortável e relaxados com os braços ao lado do corpo. Essa posição foi mantida durante o processo de digitalização e avaliação. Após montar os receptores e digitalizar os marcos anatômicos, uma posição de repouso foi coletada e então a elevação e a descida do braço no plano sagital foram realizadas. A análise cinemática do movimento envolveu os dados escapulares selecionados a 30°, 60°, 90° e 120° de elevação úmerotorácica e a 120°, 90°, 60° e 30° de descida úmerotorácica. O plano da sagital foi determinado por uma superfície lisa e plana a 90° de elevação do braço para

assegurar o correto plano de elevação durante a flexão ativa. Os sujeitos foram instruídos a manterem as mãos com o polegar apontando para o teto durante a elevação do úmero, deslizar a mão ao longo da superfície plana e a elevar o braço na máxima amplitude possível em uma velocidade de aproximadamente 3s. A descida do braço foi realizada na mesma velocidade e três ciclos completos do movimento foram coletados.

### **Análise estatística**

A estatística descritiva (média e erro padrão) foi calculada para todas as variáveis dependentes da escápula (rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior). A confiabilidade relativa de cada movimento foi determinada pelo cálculo do CCI (2,1) para as medidas de critério entre repetições e entre dias <sup>60</sup>. A confiabilidade entre repetições foi calculada com a comparação das três repetições do primeiro dia de teste e a confiabilidade entre dias foi estimada utilizando a média das três repetições de cada dia de teste. Para todas as análises os valores de CCI foram considerados: pobre quando abaixo de 0,20; razoável de 0,21 a 0,40; moderado de 0,41 a 0,60; bom de 0,61 a 0,80; e excelente de 0,81 a 1,00 <sup>1</sup>. A versão 17 do programa SPSS (Chicago, IL) foi utilizada para as análises estatísticas e o *p*-valor para significação foi 0,05. A confiabilidade absoluta foi definida pelo EPM e MDD, calculados para cada ângulo umeral:

$EPM = \sqrt{EQM}$ , onde EQM é o erro quadrado médio intra-sujeito da análise de variância de um fator <sup>33</sup>; e

$$MDD_{90} = EPM \times \sqrt{2} \times 1.64, \text{ para } 90\% \text{ de intervalo de confiança (IC)}^{5,72}.$$

O EPM estima o erro médio da medida para qualquer tentativa (confiabilidade entre repetições) e para qualquer situação de teste (confiabilidade entre dias) <sup>33</sup>. A MDD é a



mínima diferença (entre as medidas separadas de um sujeito) necessária para ser considerada real<sup>72</sup>.

## **RESULTADOS**

### **Confiabilidade entre repetições**

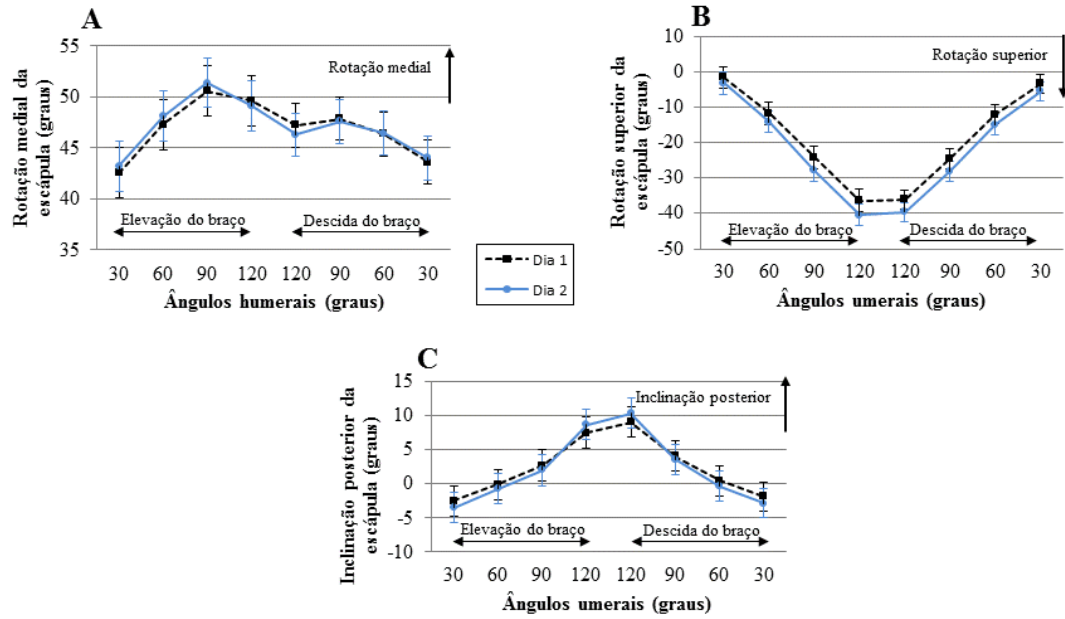
Houve excelente confiabilidade entre repetições (Tabela 2) para a reprodução da rotação medial da escápula (valores de CCI entre 0,96 e 0,99), rotação superior (valores de CCI entre 0,92 e 0,98) e inclinação (valores de CCI entre 0,97 e 0,99) para ambos os grupos controle e com impacto durante a elevação e descida do braço. Em ambos os grupos, o EPM entre repetições apresentou pouca variação durante a elevação e descida do braço para todos os movimentos escapulares, mostrando valores entre 0,86° e 3,17° (Tabela 2).

### **Confiabilidade entre dias**

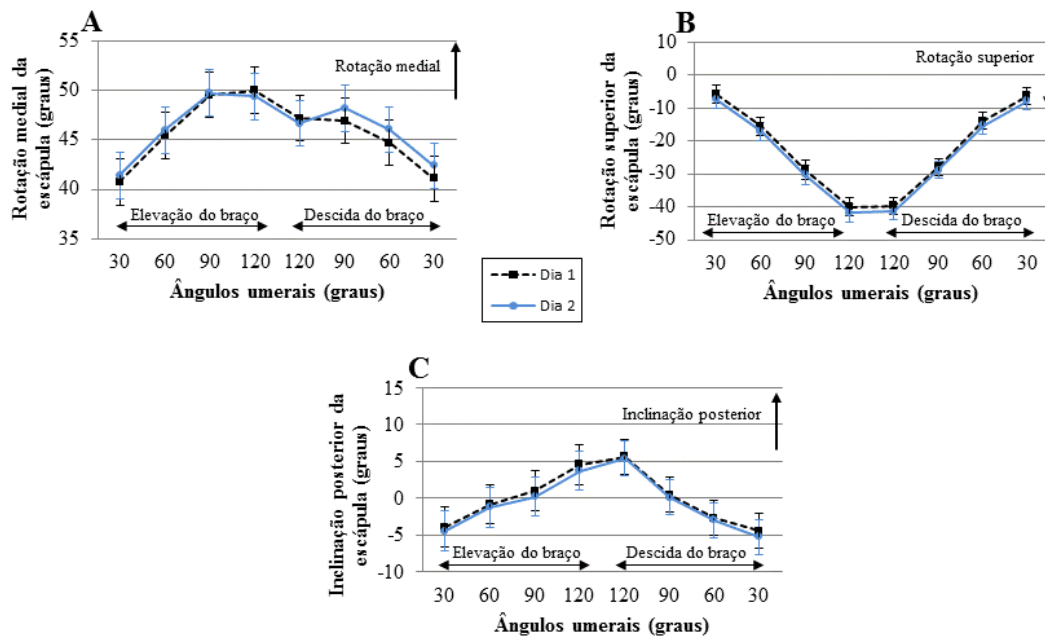
As Figuras 2 e 3 mostram as médias das rotações escapulares para os grupos controle e impacto durante a elevação e descida do braço nos dois dias de avaliação e a Figura 4 mostra os valores das rotações escapulares para ambos os grupos na posição de repouso.

A Tabela 3 mostra os valores de CCI para rotação medial, rotação superior e inclinação da escápula como moderado, bom e excelente durante a elevação e descida do braço para ambos os grupos, dependendo do ângulo umeral e da rotação escapular. Os valores de EPM e MDD também são mostrados na Tabela 3 para todas as rotações escapulares e nos dois grupos.

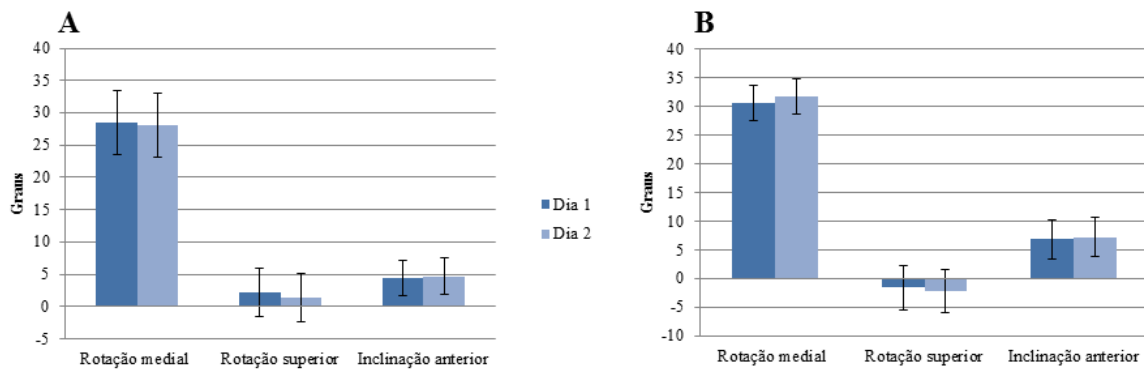
A Tabela 4 apresenta os valores de CCI, EPM e MDD para as rotações escapulares na posição de repouso em ambos os grupos.



**FIGURA 2.** Média e erro padrão para a rotação medial/lateral (A), rotação superior/inferior (B) e inclinação anterior/posterior da escápula (C) do grupo controle nos 2 dias de avaliação durante a elevação e descida do braço.



**FIGURA 3.** Média e erro padrão para a rotação medial/lateral (A), rotação superior/inferior (B) e inclinação anterior/posterior da escápula (C) do grupo com impacto nos 2 dias de avaliação durante a elevação e descida do braço.



**FIGURA 4.** Média e erro padrão para a rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior na posição de repouso nos 2 dias de avaliação dos grupos controle (A) e com impacto (B).

**TABELA 2.** Confiabilidade entre as 3 repetições para avaliar as rotações escapulares durante a elevação e descida do braço no plano sagital nos grupos controle e com impacto.

	Rotação medial da escápula		Rotação superior da escápula		Inclinação da escápula	
	CCI (95% IC)	EPM*	CCI (95% IC)	EPM*	CCI (95% IC)	EPM*
<b>Grupo controle (n=23)</b>						
<b>Elevação</b>						
30°	0,97 (0,95-0,99)	1,23	0,97 (0,95-0,99)	1,58	0,99 (0,98-0,99)	0,86
60°	0,97 (0,94-0,98)	1,43	0,95 (0,89-0,97)	2,27	0,99 (0,98-0,99)	0,92
90°	0,96 (0,92-0,98)	1,85	0,94 (0,87-0,97)	2,60	0,99 (0,98-1,00)	1,02
120°	0,98 (0,97-0,99)	1,64	0,96 (0,92-0,98)	1,91	0,99 (0,98-0,99)	1,20
<b>Descida</b>						
120°	0,99 (0,98-0,99)	1,40	0,94 (0,89-0,97)	2,16	0,99 (0,98-0,99)	1,16
90°	0,98 (0,96-0,99)	1,63	0,93 (0,85-0,96)	3,07	0,98 (0,97-0,99)	1,42
60°	0,97 (0,94-0,98)	1,46	0,95 (0,91-0,98)	2,86	0,98 (0,97-0,99)	1,49
30°	0,97 (0,95-0,99)	1,24	0,97 (0,94-0,99)	2,20	0,98 (0,96-0,99)	1,40
<b>Grupo com impacto (n=26)</b>						
<b>Elevação</b>						
30°	0,98 (0,98-0,99)	1,38	0,97 (0,94-0,98)	1,72	0,97 (0,95-0,99)	1,43
60°	0,98 (0,96-0,99)	1,57	0,95 (0,91-0,97)	2,50	0,98 (0,97-0,99)	1,23
90°	0,98 (0,96-0,99)	2,02	0,95 (0,90-0,97)	3,01	0,98 (0,96-0,99)	1,67
120°	0,98 (0,97-0,99)	2,53	0,97 (0,95-0,98)	2,48	0,99 (0,98-0,99)	1,78
<b>Descida</b>						
120°	0,98 (0,97-0,99)	2,68	0,96 (0,92-0,98)	2,79	0,99 (0,98-0,99)	1,74
90°	0,99 (0,98-0,99)	1,92	0,92 (0,86-0,96)	3,17	0,98 (0,97-0,99)	1,61
60°	0,98 (0,97-0,99)	1,86	0,95 (0,91-0,98)	2,69	0,97 (0,95-0,98)	1,79
30°	0,98 (0,96-0,99)	1,61	0,98 (0,96-0,99)	1,93	0,98 (0,97-0,99)	1,31

Abreviaturas: CCI, Coeficiente de Correlação Intraclasse; IC, intervalo de confiança; EPM, erro padrão da medida. \*todas as unidades são graus.

**TABELA 3.** Confiabilidade entre dias da média de 3 repetições para avaliar as rotações escapulares durante a elevação e descida do braço no plano sagital nos grupos controle e com impacto.

	Grupo controle (n=19)			Grupo com impacto (n=24)		
	CCI (95% IC)	EPM*	MDD (90% IC)*	CCI (95% IC)	EPM*	MDD (90% IC)*
<b>Rotação medial da escápula</b>						
<b>Elevação</b>						
30°	0,71 (0,26-0,89)	3,64	8,44	0,77 (0,48-0,90)	3,62	8,41
60°	0,71 (0,26-0,89)	3,81	8,84	0,75 (0,43-0,89)	4,16	9,66
90°	0,77 (0,40-0,91)	4,29	9,95	0,76 (0,44-0,96)	5,37	12,47
120°	0,82 (0,53-0,93)	5,79	13,43	0,84 (0,63-0,93)	7,02	16,28
<b>Descida</b>						
120°	0,84 (0,58-0,93)	6,07	14,08	0,85 (0,65-0,93)	7,09	16,44
90°	0,81 (0,51-0,93)	4,79	11,10	0,83 (0,61-0,92)	5,60	13,00
60°	0,71 (0,24-0,89)	4,36	10,11	0,82 (0,59-0,92)	4,38	10,16
30°	0,58 (-0,08-0,84)	4,33	10,04	0,80 (0,54-0,91)	3,83	8,89
<b>Rotação superior da escápula</b>						
<b>Elevação</b>						
30°	0,72 (0,27-0,89)	4,21	9,76	0,83 (0,60-0,92)	4,04	9,37
60°	0,79 (0,46-0,92)	4,50	10,43	0,79 (0,52-0,91)	4,45	10,32
90°	0,78 (0,42-0,91)	5,31	12,31	0,66 (0,22-0,85)	5,98	13,87
120°	0,70 (0,22-0,88)	6,79	15,76	0,59 (0,05-0,82)	7,23	16,78
<b>Descida</b>						
120°	0,75 (0,36-0,90)	6,10	14,16	0,64 (0,16-0,84)	6,53	15,15
90°	0,84 (0,58-0,94)	4,88	11,33	0,73 (0,37-0,88)	5,61	13,02
60°	0,88 (0,70-0,95)	4,11	9,54	0,83 (0,60-0,92)	4,96	11,51
30°	0,78 (0,43-0,91)	4,42	10,25	0,85 (0,65-0,93)	4,70	10,90
<b>Inclinação da escápula</b>						
<b>Elevação</b>						
30°	0,73 (0,27-0,90)	3,37	7,81	0,61 (0,11-0,83)	4,05	9,40
60°	0,77 (0,39-0,91)	3,53	8,20	0,66 (0,21-0,85)	4,12	9,57
90°	0,74 (0,31-0,90)	4,90	11,37	0,55 (-0,02-0,81)	5,99	13,89
120°	0,74 (0,30-0,90)	5,51	12,77	0,69 (0,30-0,87)	7,44	17,27
<b>Descida</b>						
120°	0,64 (0,06-0,87)	6,01	13,94	0,73 (0,37-0,88)	7,20	16,71
90°	0,72 (0,25-0,89)	5,16	11,97	0,54 (-0,06-0,80)	6,96	16,15
60°	0,77 (0,39-0,91)	4,37	10,13	0,54 (-0,05-0,80)	5,36	12,43
30°	0,79 (0,45-0,92)	3,60	8,34	0,61 (0,10-0,83)	4,49	10,41

Abreviações: CCI, Coeficiente de Correlação Intraclasse; IC, intervalo de confiança; EPM, erro padrão da medida; MDD, mínima diferença detectável. \*todas as unidades são graus.

**TABELA 4.** Confiabilidade entre dias de uma tentativa para avaliar as rotações escapulares na posição de repouso nos grupos controle e com impacto.

	Grupo controle (n=19)			Grupo com impacto (n=24)		
	CCI (95% IC)	EPM*	MDD* (90% IC)	CCI (95% IC)	EPM*	MDD* (90% IC)
<b>Rotação medial</b>	0,95 (0,87-0,98)	4,95	11,50	0,83 (0,60-0,92)	3,09	7,17
<b>Rotação superior</b>	0,80 (0,47-0,92)	3,74	8,69	0,82 (0,59-0,92)	3,78	8,78
<b>Inclinação</b>	0,81 (0,48-0,93)	2,77	6,43	0,66 (0,21-0,85)	3,38	7,85

Abreviaturas: CCI, Coeficiente de Correlação Intraclasse; IC, intervalo de confiança; EPM, erro padrão da medida; MDD, mínima diferença detectável. \*todas as unidades são graus.

## DISCUSSÃO

A avaliação 3-D da escápula tem sido amplamente utilizada para avaliar os movimentos do ombro em sujeitos assintomáticos<sup>36, 39, 65, 75, 76</sup> e em diferentes condições do ombro<sup>38, 41, 43, 44</sup>. As medidas da cinemática escapular devem ser confiáveis para determinar a eficácia dos programas de reabilitação prescritos para restaurar a cinemática do ombro. De maneira geral, esse estudo demonstra a confiabilidade entre repetições e entre dias para avaliar a cinemática da escápula em sujeitos assintomáticos e portadores da síndrome do impacto e sugere reprodutibilidade dos movimentos escapulares durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso em ambas as populações utilizando o sistema eletromagnético do Flock of Birds®. Esses resultados favoráveis podem estar parcialmente relacionados à padronização na terminologia e nas seqüências dos ângulos de Euler<sup>74</sup> assim como à padronização do posicionamento do sujeito e do braço, do plano de movimento e da velocidade do movimento<sup>58</sup>, o que reflete na reprodutibilidade da medida como um todo. Sendo assim, esse estudo recomenda o uso do sistema eletromagnético para medir as

mudanças cinemáticas da escápula ao longo do tempo em sujeitos assintomáticos e portadores da SI, dependendo do ângulo umeral de elevação ou descida.

A excelente confiabilidade demonstrada para todos os movimentos escapulares durante a elevação e descida do braço nos sujeitos assintomáticos e portadores da síndrome do impacto revela que apenas uma tentativa é confiável, quando comparada com as outras duas repetições, para reproduzir os movimentos 3-D da escápula.

Apesar da escassa informação disponível a respeito da confiabilidade entre repetições da cinemática escapular avaliada por sensores de superfície, nossos resultados estão de acordo com tais informações. Ludewig e Cook (2000)<sup>38</sup> encontraram excelente confiabilidade entre repetições com o sistema *Polhemus Fastrak* para todas as rotações escapulares (CCI = 0,93-0,99) durante a elevação do braço em diferentes condições de carga em sujeitos com sintomas de impacto no ombro. Thigpen e colaboradores (2005)<sup>66</sup> encontraram Coeficientes de Correlação Múltipla variando de 0,88 a 0,98 para 3 repetições de elevação do braço nos planos sagital, frontal e escapular com o *Flock of Birds*® em sujeitos jovens assintomáticos. Esses autores revelaram valores de confiabilidade apenas para a elevação do braço<sup>38, 66</sup> e nossos resultados revelaram melhor confiabilidade entre repetições tanto para a elevação quanto para a descida do braço, com CCI variando de 0,94 a 0,99 para todos os movimentos escapulares nos sujeitos assintomáticos e com impacto no ombro.

Existe também pouca informação disponível a respeito dos erros da medida tridimensional da escápula com sensores de superfície. Thigpen e colaboradores (2005)<sup>66</sup> encontraram erros entre as repetições das rotações escapulares no *Flock of Birds*® variando de 1,35° a 1,74° durante a elevação do braço nos planos sagital, frontal e escapular. Nossos valores do EPM para ambos os grupos durante a elevação do braço no grupo controle

corroboram com a investigação anterior e variaram de  $0,86^\circ$  a  $2,60^\circ$ . Também apresentamos valores do EPM durante a elevação do braço em sujeitos com síndrome do impacto (variando de  $1,23^\circ$  a  $3,01^\circ$ ) e durante a descida do braço em sujeitos com e sem síndrome do impacto (variando de  $1,16^\circ$  a  $3,17^\circ$ ), dependendo da rotação escapular e do grau de elevação ou descida do úmero.

As boas e excelentes confiabilidades entre dias estabelecidas nesse estudo para a maioria dos movimentos escapulares durante a elevação e descida do braço nos sujeitos sintomáticos e assintomáticos suportam o uso da avaliação cinemática 3-D da escápula para detectar mudanças no movimento escapular ao longo do tempo.

Thigpen e colaboradores (2005)<sup>66</sup> também relataram boa reprodutibilidade entre dias para as rotações escapulares durante a elevação do braço no plano sagital em sujeitos assintomáticos, com Coeficientes de Correlação Múltipla variando de 0,82 a 0,94. Os resultados do presente estudo corroboram com o estudo anterior já que em nosso grupo controle a confiabilidade entre dias foi boa e excelente para todas as rotações escapulares, exceto para a rotação medial em  $30^\circ$  de descida do braço. Nesse estudo, o único movimento escapular que demonstrou moderada confiabilidade entre dias foi a inclinação posterior, especialmente durante a descida do braço a  $90^\circ$  e  $60^\circ$  nos sujeitos assintomáticos. É importante ressaltar que a discinesia escapular é usualmente observada durante a descida do braço, quando o controle excêntrico do movimento da escápula é exigido. Porém, a menor confiabilidade observada na inclinação escapular pode não ter sido influenciada pela discinesia, já que o grupo com síndrome do impacto não apresentou importantes diferenças entre as médias dos dois dias de avaliação (Figura 3). Portanto, os resultados do presente estudo recomendam o uso da avaliação 3-D da escápula com o sistema *Flock of Birds*® para medir as alterações cinemáticas do ombro ao longo do tempo nos sujeitos



assintomáticos e portadores da síndrome do impacto, de acordo com o grau de elevação ou descida do braço.

Ludewig e Cook (2000)<sup>38</sup> calcularam o EPM nas comparações entre dias para 5 dos seus sujeitos em todas as variáveis angulares e relataram  $3,3^\circ$  ou menos para todas as fases do movimento do braço e em todas as condições de carga em sujeitos assintomáticos. Nossos resultados mostram valores de EPM maiores (de  $3,09^\circ$  a  $7,23^\circ$ ) quando comparados ao estudo anterior. Essa diferença pode ser devida a algumas importantes diferenças metodológicas. Primeiro, Ludewig e Cook (2000)<sup>38</sup> usaram apenas uma parte dos seus sujeitos para calcular os erros da medida e o tamanho da nossa amostra é significativamente maior. Segundo, esses autores mostraram valores de EPMs para sujeitos assintomáticos enquanto nossos maiores valores de EPMs foram observados em sujeitos com síndrome do impacto, o que sugere menor precisão da cinemática escapular nos sujeitos com sinais de impacto no ombro. Terceiro, uma análise qualitativa dos valores de EPMs de elevação e descida do braço revelam que a maioria deles é maior na descida do que na elevação do braço e também é maior nos altos graus do que nos baixos graus de elevação umeral. Conforme mencionado por Karduna e colaboradores (2001)<sup>29</sup>, a quantidade de erro é dependente da amplitude de elevação, com menores erros observados abaixo de  $120^\circ$  de elevação do braço.

A presente investigação também traz valores de MDD a 90% de intervalo de confiança para as rotações escapulares variando entre  $9^\circ$  e  $17^\circ$ , dependendo do ângulo umeral. É possível notar na Tabela 3 que a MDD entre dias aumenta conforme aumentam os ângulos umerais. Nós acreditamos que as variações angulares que excedem a MDD podem representar a quantidade em que a medida de um sujeito deve ser alterada para garantir que a alteração é maior que o erro da medida. Entretanto, não significa que as

mudanças abaixo da MDD não serão clinicamente relevantes. Estudos recentes têm utilizado variações acima de 5° entre grupos como diferenças angulares clinicamente relevantes<sup>8, 38</sup>. Pesquisadores devem ter cuidado ao avaliar a cinemática 3-D da escápula uma vez que muitos fatores podem influenciar a medida como, por exemplo, erros devido ao deslizamento do sensor, posicionamento do sensor escapular, variações de digitalização e dificuldade em palpar os marcos anatômicos<sup>58, 66</sup>.

Os índices de confiabilidade entre dias durante a elevação e descida do braço demonstraram, em geral, que a melhor confiabilidade dos resultados é obtida nos menores graus de elevação ou descida em ambos os grupos para a rotação medial e superior da escápula. Esse padrão não foi observado para a inclinação posterior, o que sugere algumas considerações para a menor confiabilidade entre dias da inclinação escapular. Esse movimento pode ser mais difícil de rastrear de forma consistente entre dias devido à dificuldade em palpar o ângulo inferior da escápula, especialmente no grupo com impacto, que apresenta maior índice de massa corporal (Tabela 1) Além disso, a variabilidade na inclinação escapular pode ser facilmente influenciada pela dor ou fadiga nos sujeitos com impacto.

A excelente confiabilidade entre dias para avaliar a posição de repouso da escápula em relação ao tórax encontrada nos sujeitos assintomáticos suporta o uso da avaliação cinemática 3-D da escápula nos indivíduos assintomáticos a fim de comparar com sujeitos com sintomas no ombro. Além disso, excelente confiabilidade entre dias foi demonstrada para a avaliação das rotações medial e superior/inferior da escápula na posição de repouso nos sujeitos com impacto no ombro. A inclinação anterior de repouso da escápula no grupo com impacto demonstrou moderada confiabilidade entre dias indicando que essa rotação escapular pode ser mais variável em sujeitos com dor no ombro. Devemos salientar ainda

que a inclinação escapular pode ser facilmente influenciada pela postura, já que estudos têm demonstrado que o ligeiro aumento da flexão torácica pode produzir maior inclinação anterior na escápula <sup>16, 30</sup>. As médias angulares das rotações superior/inferior e medial e da inclinação anterior na posição de repouso no grupo sintomático são consistentes com os resultados de investigações anteriores <sup>38, 39</sup> e suportam seu uso para avaliar a posição de repouso da escápula ao longo do tempo.

A presente investigação possui algumas limitações. A coleta do movimento cinemático com sensores de superfície produz erros associados ao movimento da pele durante a coleta de dados, entretanto nós acreditamos que esses erros estão inclusos nos valores de EPM. O estudo envolveu a coleta de dados de curta duração sem muitas repetições do movimento do braço, então os valores de confiabilidade entre repetições podem não ser generalizados para coletas de dados de grande duração já que o suor, a gravidade ou a tração no cabo podem provocar movimento no sensor. A confiabilidade entre dias pode ser influenciada pelas variações de digitalização e pela dificuldade em palpar os marcos anatômicos. Os resultados desse estudo podem ser generalizados para sujeitos assintomáticos para dor no ombro e indivíduos com sintomas de impacto no ombro, porém não para outras disfunções do ombro. Como o estudo avaliou apenas a elevação e descida do braço realizadas em baixa velocidade, a confiabilidade da medida deve ser determinada para movimentos em altas velocidades, como arremessos e deslocamentos em cadeira de rodas. Futuras investigações devem também avaliar se a experiência do avaliador é capaz de influenciar as medidas.

Esse estudo proporciona evidências da confiabilidade entre repetições e entre dias do movimento scapular em sujeitos assintomáticos e portadores de síndrome do impacto durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso. Nossos resultados suportam

a confiabilidade do dispositivo eletromagnético *Flock of Birds*® e sua reprodutibilidade em medir o movimento 3-D da escápula durante a elevação e descida do braço e na posição de repouso nos sujeitos assintomáticos e portadores de sintomas de impacto. Esses resultados também suportam o uso do *Flock of Birds*® para avaliação das rotações escapulares com excelente confiabilidade entre repetições e aceitável confiabilidade entre dias, dependendo do grau de movimento umeral.

## REFERÊNCIAS

1. Altman DG, Schulz KF, Moher D, et al. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med.* 2001;134:663-694.
2. An K, Korineck S, Kilpela T, Edis S. Kinematic and kinetic analysis of push-up exercise. *Biomed Sci Instrum.* 1990;26:53-57.
3. Beckerman H, Roebroek ME, Lankhorst GJ, Becher JG, Bezemer PD, Verbeek AL. Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual Life Res.* 2001;10:571-578.
4. Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech.* 2002;17:650-659.
5. Culham E, Peat M. Functional anatomy of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18:342-350.
6. Hawkins RJ, Kennedy JC. Impingement syndrome in athletes. *Am J Sports Med.* 1980;8:151-158.
7. Hung CJ, Jan MH, Lin YF, Wang TQ, Lin JJ. Scapular kinematics and impairment features for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Man Ther.* 2010;15:547-551.
8. Inman VT, Saunders JBDM, Abbott LC. Observation of the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1944;26:1-30.
9. Jobe FW, Moynes DR. Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for rotator cuff injuries. *Am J Sports Med.* 1982;10:336-339.

10. Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80:945-950.
11. Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84:719-723.
12. Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, Spoden SM, Wilson LA. Three-dimensional clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34:140-149.
13. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther.* 2011;16:33-39.
14. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80:276-291.
15. Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24:57-65.
16. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:90-104.
17. Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-Dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29:574-586.
18. McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Phys Ther.* 2004;84:832-848.
19. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther.* 2006;86:1075-1090.
20. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:41-50.
21. Neer CS. Impingement lesions. *Clin Orthop.* 1983;173:70-77.

22. Scibek JS, Carcia CR. Validation and repeatability of a shoulder biomechanics data collection methodology and instrumentation. *J Appl Biomech*. 2012 [Epub ahead of print];
23. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86:420-428.
24. Teece RM, Lunden JB, Lloyd AS, Kaiser AP, Cieminski CJ, Ludewig PM. Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008;38:181-190.
25. Thigpen CA, Gross MT, Karas SG, Garrett WE, Yu B. The repeatability of scapular rotations across three planes of humeral elevation. *Res Sports Med*. 2005;13:181-198.
26. van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, Bouter LM. Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis*. 1995;54:959-964.
27. Warner JJP, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;285:191-199.
28. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005;19:231-240.
29. Wu G, Helm FCvd, Veeger HE, et al. 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*. 2005;38:981-992.
30. Yano Y, Hamada J, Tamai K, et al. Different scapular kinematics in healthy subjects during arm elevation and lowering: Glenohumeral and scapulothoracic patterns. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19:29-09-215.
31. 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 Elbow Surg*. 2009;18:756-763.

**Estudo 2 – artigo submetido ao *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* em janeiro de 2013 (Anexo II).**

**Cinemática escapular antes e após uma manipulação torácica em sujeitos com e sem síndrome do impacto – Um estudo controlado randomizado**

Melina Nevoeiro Haik<sup>1</sup>, Francisco Albuquerque-Sendín<sup>2</sup>, Ivana Leão Ribeiro<sup>1</sup>, Aristides Leite Siqueira Junior<sup>1</sup>, Caroline Zacariotto Silva<sup>1</sup>, Paula Rezende Camargo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade de Salamanca, Espanha.

## RESUMO

**Contextualização:** Considerando a interdependência regional entre o ombro e as colunas cervical e torácica, a MT pode ser efetiva para a melhora da dor e função do ombro em sujeitos com síndrome do impacto. Entretanto, faltam evidências a respeito dos efeitos da MT na cinemática escapular. **Objetivo:** Avaliar os efeitos imediatos de uma manipulação torácica de alta velocidade e baixa amplitude (MT) na dor e cinemática escapular durante a elevação e descida do braço em sujeitos com e sem síndrome do impacto (SI). **Métodos:** Cinquenta sujeitos ( $31,76 \pm 10,91$  anos) com SI e 47 sujeitos ( $25,76 \pm 5,01$  anos) assintomáticos para disfunções no ombro foram randomicamente designados a um dos seguintes grupos: manipulação ou *sham*. A cinemática escapular foi avaliada durante a elevação e descida do braço no plano sagital e a escala numérica de dor foi utilizada para medir a dor no ombro durante o movimento do braço nos momentos pré e pós-intervenção. **Resultados:** Os sujeitos com SI apresentaram redução da dor no ombro (de 3,29 para 2,45,  $p < 0,01$ ) durante o movimento do braço imediatamente após a MT. Os sujeitos com e sem SI que receberam a MT e os sujeitos assintomáticos que receberam a intervenção *sham* apresentaram significativo aumento na rotação superior da escápula após a intervenção. O aumento na inclinação anterior após a manipulação também foi observado nos sujeitos assintomáticos que receberam a MT. **Conclusão:** Esses resultados imediatos após as intervenções sugerem que a MT está associada com a melhora da dor e da rotação superior da escápula nos sujeitos com SI. E, apesar da questionável relevância clínica, a MT pode não ser imediatamente favorável para a inclinação escapular nos sujeitos assintomáticos.

**Palavras-chave:** coluna, reabilitação, síndrome do impacto, terapia manual.



## INTRODUÇÃO

A dor no ombro é uma condição comum e debilitante e sua prevalência clínica é como distúrbio músculo-esquelético é superada apenas pela dor lombar<sup>10,45,67</sup>. A síndrome do impacto no ombro (SI) é a queixa mais frequente, sendo responsável por 44-65% de todos os casos de dor no ombro<sup>67</sup>.

Diminuição da rotação superior e da inclinação posterior e aumento da rotação medial da escápula já foram descritos durante a elevação do braço em sujeitos com sintomas de impacto comparados com sujeitos assintomáticos<sup>37, 38, 40, 41</sup>. Essas alterações cinemáticas são comumente associadas à diminuição da ativação do serrátil anterior inferior e médio e do trapézio inferior, assim como ao excesso de ativação do trapézio superior<sup>40, 55</sup>.

Revisões sistemáticas suportam claramente a eficácia de exercícios terapêuticos para a reabilitação da síndrome do impacto<sup>31,46</sup> e resultados de ensaios randomizados têm indicado que a terapia manual associada aos exercícios terapêuticos parece alcançar melhores resultados na dor, função, amplitude de movimento e atividade muscular no ombro<sup>4, 6, 24, 59, 63, 73</sup>. A manipulação torácica de alta velocidade e baixa amplitude (MT) é uma das várias técnicas de terapia manual aplicadas no tratamento do ombro. Porém poucos estudos isolaram os efeitos da MT na dor e disfunção do ombro para o melhor entendimento de sua efetividade<sup>9, 62</sup>.

A justificativa clínica para o uso da MT no tratamento do ombro é baseada na teoria da interdependência regional descrita por Wainner e colaboradores (2001)<sup>68</sup>, a qual correlaciona comprometimentos aparentemente não relacionáveis aos sintomas e em uma região anatômica remota com a principal queixa do paciente<sup>68, 69</sup>. Esse conceito tem sido suportado por ensaios clínicos recentes focados nos efeitos da manipulação vertebral em

regiões corporais adjacentes ao segmento manipulado<sup>12, 13, 15, 18, 20</sup> e por evidências de diminuição da mobilidade de segmentos torácicos superiores na presença de dor cervical e no ombro<sup>52, 53</sup>. Outros ensaios clínicos mostraram melhoras na amplitude de movimento, dor e função do ombro após uma MT<sup>6, 9, 62</sup>. Melhoras na força do músculo trapézio inferior também foram demonstradas em sujeitos assintomáticos após a MT<sup>11</sup>. Existem apenas três evidências da MT aplicada especificamente em sujeitos com sintomas de impacto no ombro onde foram observadas redução da dor e melhora da função do ombro após a intervenção<sup>9, 49, 62</sup>, entretanto nenhuma delas incluiu um grupo controle para comparação.

Apenas um estudo avaliou os efeitos da MT na cinemática e atividade muscular da escápula e sugeriu que as melhoras imediatas observadas na dor e função do ombro não são explicadas pelas alterações da cinemática ou da atividade muscular da escápula<sup>49</sup>. A razão pela qual a MT produz efeitos em outras regiões corporais não está completamente entendida e é um tópico de debate. Acredita-se que os efeitos neurofisiológicos da manipulação e outras mudanças biomecânicas são as possíveis causas da interdependência regional em consequência ao influxo de informações sensoriais no sistema nervoso central<sup>56, 70</sup>. Evidências experimentais indicam que a manipulação vertebral estimula os neurônios aferentes dos tecidos paravertebrais, o sistema de controle motor e o processamento da dor<sup>56</sup>. Desconsiderando o que exatamente acontece como resultado da manipulação vertebral, a interdependência regional é um conceito de concordância entre estudiosos e deve ser considerado no momento de tomar uma decisão clínica<sup>69</sup>.

Apesar de se acreditar que efeitos fisiológicos e biomecânicos resultam da MT, sua contribuição para a reabilitação do ombro não está clara e, portanto, se fazem necessários mais estudos que avaliem a efetividade da MT para tratar o ombro em disfunção<sup>4, 6, 9, 24, 59, 63, 73</sup>. A hipótese desse estudo é que a MT pode causar alterações na cinemática escapular e

reduzir a dor nos sujeitos com síndrome do impacto comparado com sujeitos assintomáticos. Baseando na teoria da interdependência regional e nos efeitos neurofisiológicos da manipulação vertebral, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos imediatos da MT na dor no ombro e na cinemática da escápula em sujeitos com e sem síndrome do impacto.

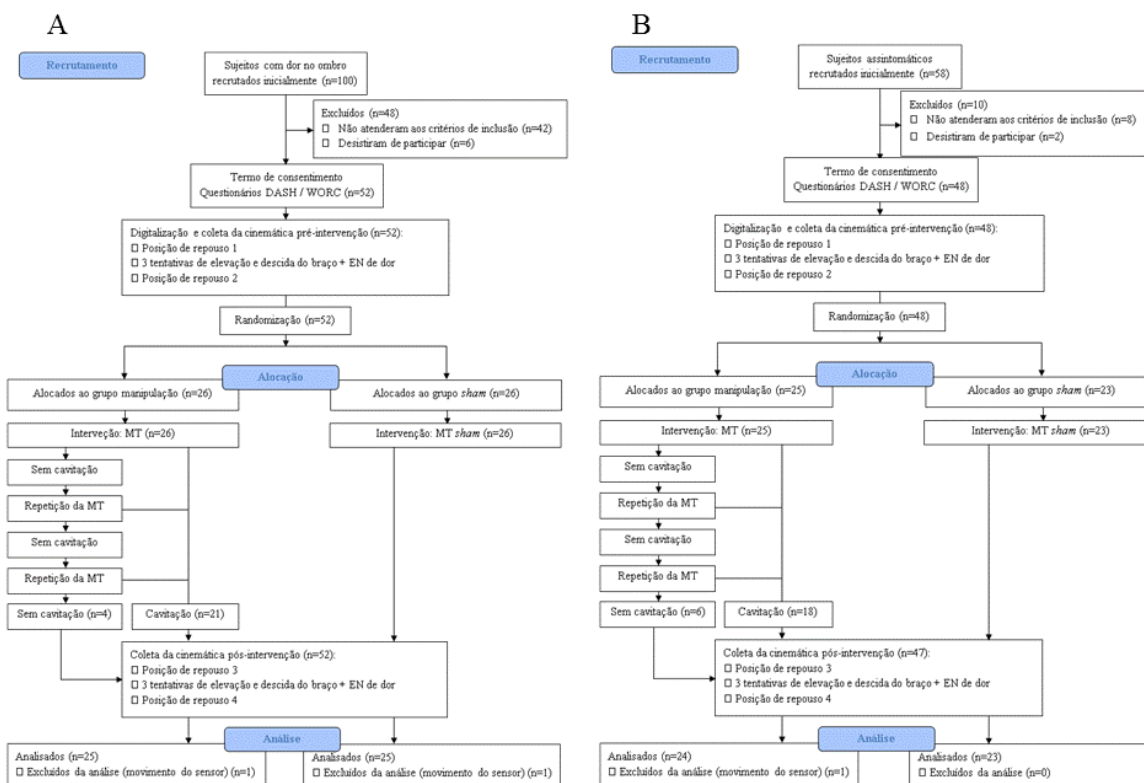
## MÉTODOS

### Sujeitos

Noventa e sete sujeitos participaram do estudo e foram divididos em 4 grupos: grupo impacto manipulação (n=25), grupo impacto *sham* (n=25), grupo controle manipulação (n=24) e grupo controle *sham* (n=23) (Figura 1). Folhetos distribuídos pela universidade, clínicas ortopédicas e lugares públicos frequentados pela comunidade foram os meios utilizados para o recrutamento dos sujeitos com síndrome do impacto. Os sujeitos assintomáticos sem sinais de comprometimento no ombro foram recrutados dentro da universidade e na comunidade local, bem como através de contatos pessoais dos investigadores. As características básicas descritivas dos sujeitos são apresentadas na Tabela 1.

O diagnóstico para dor no ombro foi realizado com base numa análise clínica detalhada e no histórico ortopédico relatado pelos próprios sujeitos. Para ser classificado como portadores da síndrome de impacto, os sujeitos deveriam apresentar ao menos 3 das seguintes condições: Teste de Neer positivo<sup>50</sup>, Teste de Hawkins positivo<sup>21</sup>, Teste de Jobe positivo<sup>28</sup>, dor durante a rotação lateral passiva ou isométrica resistida<sup>44</sup>, dor durante a elevação ativa do ombro<sup>26</sup>, dor na palpação dos tendões do manguito rotador e dor na região do dermatomo de C5 ou C6<sup>44</sup>. Uma revisão sistemática recente<sup>22</sup> sugeriu que a

combinação de testes positivos proporciona melhor precisão no diagnóstico. A presença de três testes positivos indica melhor habilidade para confirmar a síndrome do impacto <sup>47</sup>. Todos os sujeitos também deveriam ser capazes de alcançar 150° de elevação do braço, avaliados pela observação visual.



**FIGURA 1.** Fluxograma representando o recrutamento, a alocação, os procedimentos e a análise de todos os sujeitos.

Todos os sujeitos deveriam ser capazes de alcançar 150° de elevação do braço. Os critérios de exclusão foram: gravidez, doenças sistêmicas, fisioterapia há menos de 6 meses antes da avaliação, sinais de ruptura completa ou inflamação aguda do manguito rotador, sintomas relacionados à coluna cervical, instabilidade glenoumeral (Teste de Apreensão, de gaveta anterior ou Sinal do Sulco positivos <sup>44</sup>), história de fratura no membro superior ou

cirurgia de ombro. Sujeitos assintomáticos foram excluídos se apresentassem: qualquer queixa de dor na região cervical ou no ombro, qualquer teste positivo para impacto no ombro<sup>21, 28, 50</sup> ou instabilidade<sup>44</sup>, histórico de fraturas na extremidade superior, gravidez ou doenças sistêmicas. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos. Todos os sujeitos deram seu consentimento formal e escrito com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, elaborado a partir da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Apenas o lado sintomático foi avaliado nos sujeitos portadores de síndrome de impacto e, para o grupo assintomático, o lado foi randomicamente determinado por uma lista gerada por programa de computador.

**TABELA 1.** Características demográficas dos sujeitos.

	Grupo impacto		Grupo controle	
	Manipulação (n=25)	Sham (n=25)	Manipulação (n=24)	Sham (n=23)
<b>Idade (anos)</b>	33,84 ± 12,18	29,68 ± 9,27	25,50 ± 5,16	26,05 ± 4,95
<b>Gênero</b>	11 mulheres 14 homens	7 mulheres 18 homens	12 mulheres 12 homens	15 mulheres 8 homens
<b>Peso (Kg)</b>	68,16 ± 15,02	77,00 ± 13,54	70,38 ± 10,93	63,45 ± 12,72
<b>Altura (m)</b>	1,69 ± 0,12	1,73 ± 0,10	1,71 ± 0,10	1,68 ± 0,10
<b>Ombro avaliado</b>	16 dominantes 9 não dominantes	16 dominantes 9 não dominantes	16 dominantes 8 não dominantes	9 dominantes 14 não dominantes
<b>Tempo de dor (meses)</b>	49,04 ± 95,95	42,60 ± 65,97	-	-

Resultados são média ± desvio padrão.

### **Avaliação da dor e função**

A dor e função do ombro foram avaliadas pela versão brasileira dos questionários *Disability of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH)<sup>54</sup> e *Western Ontario Rotator Cuff Index* (WORC)<sup>34,35</sup> em todos os sujeitos no início da sessão de teste. Ambos os questionários são ferramentas válidas e confiáveis para avaliar a qualidade de vida em sujeitos com sintomas nos membros superiores<sup>54</sup> e disfunções do manguito rotator<sup>34</sup>. O DASH contém 30 questões designadas a medir a função física, os sintomas e a função social. A pontuação final é calculada com uma fórmula previamente estabelecida na literatura<sup>25</sup> e varia de 0 a 100, na qual quanto mais alta a pontuação mais severa é a incapacidade. O WORC é um questionário de auto aplicação com 21 itens em 5 domínios (sintomas físicos, esportes/recreação, trabalho, estilo de vida e emoções). Cada questão apresenta pontuação de 0 a 100 em uma escala visual analógica, cada domínio pode ser pontuado separadamente e a pontuação final varia de 0 a 2100, onde 0 implica em nenhuma redução da qualidade de vida e 2100 é a pior pontuação<sup>34</sup>. A Tabela 2 mostra as pontuações dos questionários em todos os grupos.

A dor também foi avaliada antes e imediatamente depois da intervenção durante o movimento completo de subida e descida do braço em todos os grupos através da escala numérica (EN). A pontuação varia de 0 (sem dor) a 10 (pior dor) e a dor foi perguntada após cada tentativa de movimento do braço antes e após a intervenção. A escala numérica de dor tem sido demonstrada como uma ferramenta válida e confiável para sujeitos com dor no ombro<sup>48</sup> e a mínima diferença clínica importante tem sido estimada em 2 pontos<sup>19</sup>.

**TABELA 2.** Pontuação dos questionários DASH e WORC para todos os grupos.

	Grupo impactado		Grupo controle	
	Manipulação (n=25)	Sham (n=25)	Manipulação (n=24)	Sham (n=23)
<b>DASH</b>	26,95 ± 12,68	23,30 ± 16,49	1,21 ± 1,89	1,87 ± 2,76
<b>WORC total</b>	786,40 ± 397,20	731,92 ± 504,53	13,41 ± 20,60	18,50 ± 26,26
<b>Sintomas físicos</b>	226,00 ± 118,66	218,07 ± 140,86	9,09 ± 14,85	11,25 ± 17,98
<b>Esportes/recreação</b>	178,20 ± 104,44	169,42 ± 113,96	0,68 ± 2,33	2,25 ± 5,72
<b>Trabalho</b>	168,40 ± 92,08	160,57 ± 124,24	2,50 ± 6,68	3,00 ± 6,36
<b>Estilo de vida</b>	108,20 ± 91,40	90,19 ± 91,15	0,68 ± 2,33	2,00 ± 5,94
<b>Emoções</b>	105,60 ± 77,28	93,65 ± 81,65	0,45 ± 2,13	0,00 ± 0,00

Resultados são média ± desvio padrão. Abreviaturas: DASH, *Disability of the Arm, Shoulder and Hand*; WORC, *Western Ontario Rotator Cuff*.

### **Cinemática 3-D**

Para avaliação 3-D da cinemática scapular, a captação e análise dos dados foram utilizados o hardware (*Ascension Technology Corporation, Burlington, VT*) *Flock of Birds*® (*miniBird*®) integrado ao software *MotionMonitor*™ (*Innovative Sports Training, Inc. Chicago, IL*). O *Flock of Birds*® é um dispositivo DC de rastreamento eletromagnético, capaz de localizar múltiplos sensores, relativos a uma fonte transmissora. O transmissor produz um campo eletromagnético, que induz corrente nos sensores que possuem 3 bobinas ortogonais. A posição e orientação 3-D de cada sensor podem ser rastreadas simultaneamente, com frequência amostral 100 Hz. The sensors are small and lightweight (1.8 x 0.8 x 0.8 cm). Os sensores são pequenos e leves (1,8 x 0,8 x 0,8 cm). Em um ambiente livre de metal, à 76cm de distância do transmissor, a acurácia da raiz quadrada da média do sistema é de 0,5° para orientação e de 0,18 cm para posição, conforme o manual do equipamento. Um dos sensores será conectado a uma ponteira

(*stylus*), para digitalização de pontos anatômicos e construção do sistema de coordenadas da articulação.

Os sensores eletromagnéticos serão fixados com fita dupla face ao esterno, ao acrômio da escápula e a um manguito termoplástico fixado na região distal do úmero para rastrear o movimento umeral. Estes posicionamentos dos eletrodos de superfície foram previamente utilizados<sup>7, 36, 38, 44, 65</sup>. O indivíduo estará em pé com os braços relaxados ao lado do tronco, em uma posição neutra, com o transmissor diretamente atrás do ombro a ser avaliado, enquanto os pontos anatômicos no tórax, escápula e úmero serão palpados e digitalizados para permitir a transformação dos dados do sensor em sistemas de coordenadas locais, baseadas na anatomia. Os marcos anatômicos no tórax incluirão a incisura jugular, os processos espinhosos de C-7 e T-8 e o processo xifóide. Os marcos anatômicos na escápula incluirão a raiz da espinha, o ângulo acromial e o ângulo inferior da escápula. Os marcos anatômicos no úmero incluirão os epicôndilos lateral e medial. O centro da cabeça do úmero será estimado movendo passivamente o braço em arcos curtos ( $<45^\circ$ ), para definir o ponto pivô<sup>2</sup>. Os sistemas de coordenadas local foram estabelecidos para o tronco, escápula e úmero utilizando os marcos anatômicos digitalizados de acordo com o protocolo recomendado pela Sociedade Internacional de Biomecânica<sup>74</sup>.

A sequência YXZ foi usada para descrever os movimentos escapulares em relação ao tronco. As rotações escapulares foram descritas na seguinte ordem: rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior. A posição do úmero em relação ao tronco foi determinada utilizando a sequência Y'XY". A primeira rotação definiu o plano de elevação; a segunda definiu o ângulo de elevação umeral; e a terceira definiu as rotações medial/lateral.



## **Procedimentos**

As coletas dos dados cinemáticos foram realizadas com os sujeitos em pé em frente ao transmissor, com os pés em uma posição confortável e relaxados com os braços ao lado do corpo. Essa posição foi mantida durante o processo de digitalização e avaliação.

A análise cinemática do movimento envolveu os dados escapulares selecionados a 30°, 60°, 90° e 120° de elevação úmerotorácica e a 120°, 90°, 60° e 30° de descida úmerotorácica. O plano da sagital foi determinado por uma superfície lisa e plana a 90° de elevação do braço para assegurar o correto plano de elevação durante a flexão ativa. Os sujeitos foram instruídos a manterem as mãos com o polegar apontando para o teto durante a elevação do úmero, deslizar a mão ao longo da superfície plana e a elevar o braço na máxima amplitude possível em uma velocidade de aproximadamente 3s. A descida do braço foi realizada na mesma velocidade e três ciclos completos do movimento foram coletados. Os sensores não foram removidos ou recolocados entre as repetições, antes e após a intervenção.

## **Intervenções**

Duas listas de randomização para as intervenções (manipulação ou sham) foram criadas por um programa de computador: uma para os sujeitos assintomáticos e outra para os sujeitos com SI. As intervenções foram administradas por uma fisioterapeuta com 4 anos de experiência em terapia manual. Os sujeitos do grupo manipulação receberam uma MT na coluna torácica média. O sujeito foi posicionado sentado com os braços cruzados no tórax e as mãos nos ombros (uma mão no ombro oposto e a outra mão lateralmente à caixa torácica oposta). A terapeuta posicionou a parte superior do tórax na altura da coluna torácica média do sujeito e abraçou os cotovelos do sujeito. Foi solicitado ao sujeito que respirasse profundamente e relaxasse. Durante a expiração, foi aplicada uma delicada

flexão da coluna torácica juntamente a uma compressão ântero-posterior das mãos da terapeuta e pósterio-anterior a partir do esterno do terapeuta até que a sensação de final de movimento firme pôde ser sentida pela terapeuta nos tecidos entre os pontos as costas do sujeito e o seu esterno. Então, uma manipulação de alta velocidade e baixa amplitude foi aplicada em direção superior (Figura 2). Durante a manipulação, espera-se a produção de um ou mais ruídos articulares. Caso o ruído não fosse ouvido, a terapeuta reposicionou o sujeito e realizou nova manipulação. Foram administradas no máximo 3 repetições em cada sujeito.



**FIGURA 2.** Posicionamento do sujeito e do terapeuta durante ambas as intervenções: manipulação e *sham*.

O grupo *sham* foi conduzido através do mesmo procedimento descrito para o grupo manipulado, entretanto o impulso de alta velocidade e baixa amplitude não foi realizado nesses sujeitos.

Todos os sujeitos receberam informação incompleta a respeito do objetivo do estudo a fim de controlar qualquer efeito que suas expectativas pudessem causar nos resultados. Foi utilizada também a estratégia de avaliador cego, na qual não existe comunicação entre terapeuta e avaliador com relação à intervenção aplicada. O avaliador responsável por registrar no computador os dados cinemáticos abandonava a sala de teste enquanto a terapeuta aplicava a intervenção designada e, após a intervenção, o avaliador voltava à sala de teste para terminar de registrar os dados. As mesmas instruções foram fornecidas aos sujeitos do grupo manipulação e *sham* antes da sessão de avaliação.

### **Análise estatística**

A análise estatística por protocolo foi conduzida com a versão 17 do programa SPSS (Chicago, IL, USA). A média das 3 repetições pré e pós-intervenção foi utilizada para a análise estatística. A estatística descritiva (média e erro padrão) foi calculada para todas as variáveis dependentes da escápula (rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior) e para a pontuação de dor. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a distribuição dos dados e todas as variáveis apresentaram  $p > 0,05$ . Então, foi realizado o teste de ANOVA de 2 fatores com tempo (pré- e pós-) como fator intragrupo e grupo (impacto manipulação/*sham* e controle manipulação/*sham*) como fator intergrupo para identificar as diferenças na pontuação de dor. O teste de ANOVA de 3 fatores foi conduzido para a elevação e para a descida do braço em separado, com tempo (pré- e pós-) e ângulo (30°, 60°, 90° e 120°) como fatores intragrupo e grupo (impacto manipulação/*sham* e controle manipulação/*sham*) como fator intergrupo para identificar as possíveis diferenças em cada rotação escapular. Se nenhuma interação (tempo x ângulo x grupo; tempo x grupo) fosse encontrada, o efeito principal do grupo e/ou do tempo foi

analisado. O teste de Tukey foi utilizado para as análises de post-hoc quando necessárias. O nível de significância foi 0,05 para todas as análises estatísticas.

A confiabilidade relativa de cada movimento foi determinada pelo cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) (2,1) para as medidas de critério entre repetições<sup>60</sup> comparando os dados cinemáticos das três repetições de elevação e descida do braço nos grupos impacto e controle. Para todas as análises os valores de CCI foram considerados: pobre quando abaixo de 0,20; razoável de 0,21 a 0,40; moderado de 0,41 a 0,60; bom de 0,61 a 0,80; e excelente de 0,81 a 1,00<sup>1</sup>. A confiabilidade absoluta foi definida pelo erro padrão da medida (EPM) e pela mínima diferença detectável em 95% de intervalo de confiança (IC) (MDD 95%)<sup>72</sup> calculados para a elevação e a descida do braço nos grupos impacto e controle. O EPM foi a raiz quadrada do erro quadrático médio intra-sujeito da análise de variância de um fator<sup>33</sup> e a MDD foi calculada multiplicando o EPM por 1,96 e pela raiz quadrada de 2<sup>72</sup>. O EPM estima o erro médio da medida para qualquer tentativa<sup>33</sup> e a MDD é a mínima diferença (entre as medidas separadas de um sujeito) necessária para ser considerada real<sup>72</sup>.

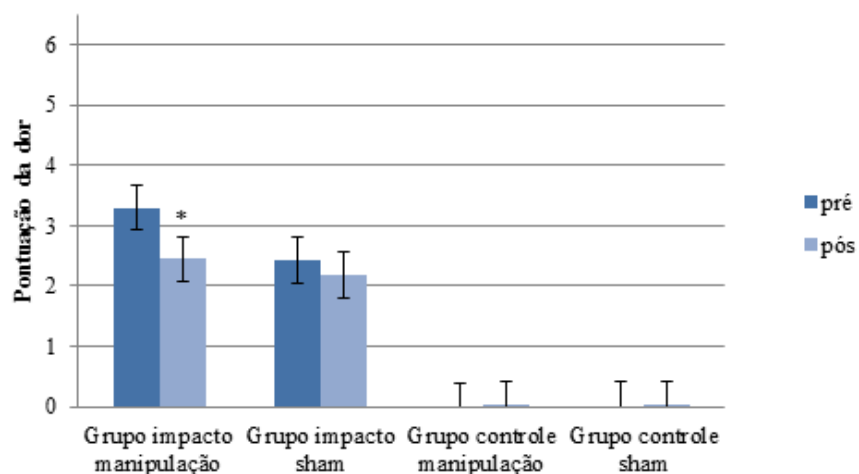
O tamanho do efeito intra-grupo para todas as variáveis durante a elevação e descida do braço foi calculado através do Coeficiente de Cohen<sup>14</sup> para ambos os grupos manipulação e *sham*. O tamanho do efeito maior que 0,8 foi considerado grande; perto de 0,5, moderado e menor que 0,2, pequeno.<sup>14</sup>

## **RESULTADOS**

### **Dor**

O teste de ANOVA 2x4 modelo misto mostrou interação significativa grupo x tempo (pré e pós-manipulação) para a EN (F=4,28, p=0,007). A análise de post-hoc

demonstrou que o grupo impacto manipulação apresentou diminuição da dor durante o movimento do braço pós-manipulação comparada com a dor pré-manipulação (Figura 3). O Coeficiente de Cohen mostrou efeito moderado ( $d=0,31$ ) da MT na dor no ombro (Tabela 3). Apenas um sujeito do grupo controle manipulação e um sujeito do grupo controle sham sentiram dor (EN=1) durante apenas uma tentativa de elevação e descida do braço pós-intervenção.



**FIGURA 3.** Média e erro padrão da pontuação de dor das 3 repetições de elevação e descida do braço pré e pós-intervenções para todos os grupos. \* indica diferença significativa comparada à pontuação pré-manipulação.

### Rotação medial da escápula

Foi encontrada excelente confiabilidade entre as repetições para a medida de rotação medial da escápula durante a elevação e descida do braço (Tabela 4). Não houve interação tripla significativa para a elevação ( $F=0,09$ ,  $p>0,99$ ) e descida ( $F=0,05$ ,  $p>0,99$ ) do braço, assim como não houve interação grupo x tempo e efeito principal do tempo

(Figura 4). O coeficiente de Cohen mostrou pequeno efeito da MT na rotação medial em todos os grupos ( $d$  variou de 0,03 a 0,11) (Tabela 5).

**TABELA 3.** Pontuação da EN de dor durante a elevação e descida do braço pré e pós-intervenções em todos os grupos.

	Diferença entre médias (mínima e máxima)	p-valor	DP comum	Tamanho do efeito ( $d$ -Cohen)
<b>Grupo impacto manipulação</b>	-0,84 (-1,21, -0,46)*	<0,001	2,66	-0,31
<b>Grupo impacto sham</b>	-0,25 (-0,63, 0,13)	0,19	2,26	-0,10
<b>Grupo controle manipulação</b>	0,01 (-0,39, 0,42)	0,93	0,03	0,43
<b>Grupo controle sham</b>	0,01 (-0,40, 0,43)	0,93	0,03	0,44

\*diferença significativa entre as medias pós e pré-manipulação. Abreviaturas: EN, escala numérica; DP, desvio padrão.

**TABELA 4.** Resultados da confiabilidade entre repetições das medidas de rotação medial/lateral, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior durante as 3 repetições de elevação e descida do braço em todos os grupos.

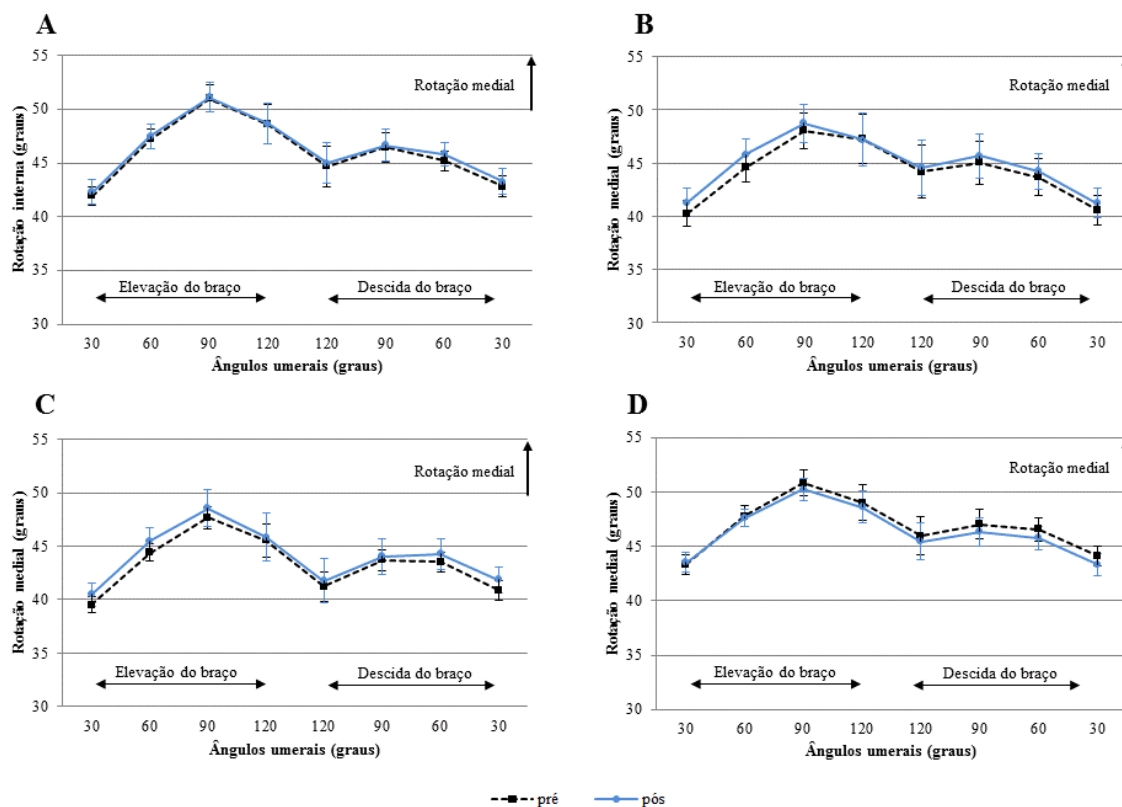
	Grupo controle (n=47)			Grupo impacto (n=50)		
	CCI (95% IC)	EPM	MDD (95%)	CCI (95% IC)	EPM	MDD (95%)
<b>Rotação medial da escápula</b>						
<b>Elevação</b>	0,95 (0,92-0,97)	1,47	4,08	0,96 (0,93-0,97)	1,57	4,36
<b>Descida</b>	0,95 (0,92-0,97)	1,46	4,04	0,97 (0,93-0,97)	1,60	4,45
<b>Rotação superior da escápula</b>						
<b>Elevação</b>	0,95 (0,91-0,97)	1,63	4,53	0,96 (0,93-0,98)	2,05	5,70
<b>Descida</b>	0,95 (0,93-0,97)	1,98	5,48	0,96 (0,94-0,98)	2,12	5,88
<b>Inclinação da escápula</b>						
<b>Elevação</b>	0,98 (0,96-0,98)	1,10	3,06	0,98 (0,96-0,98)	1,13	3,13
<b>Descida</b>	0,97 (0,96-0,98)	1,26	3,49	0,97 (0,95-0,98)	1,38	3,83

Abreviaturas: CCI, Coeficiente de Correlação Intraclasse; IC, intervalo de confiança; EPM, erro padrão da medida; MDD, mínima diferença detectável.

**TABELA 5.** Resultados das interações grupo x tempo para as rotações escapulares durante a elevação e a descida do braço em todos os grupos.

Grupo	Fase umeral	Diferença entre médias (mínima e máxima)	p-valor	DP comum	Tamanho do efeito ( <i>d</i> -Cohen)
<b>Rotação medial da escápula</b>					
<b>Grupo impacto manipulação</b>	Elevação	0,23 (-0,54, 1,00)	0,556	7,42	0,03
	Descida	0,39 (-0,43, 1,21)	0,350	6,95	0,05
<b>Grupo impacto sham</b>	Elevação	0,72 (-0,04, 1,49)	0,066	9,11	0,08
	Descida	0,55 (-0,27, 1,37)	0,187	9,89	0,05
<b>Grupo controle manipulação</b>	Elevação	0,81 (0,04, 0,21)	0,044	7,68	0,10
	Descida	0,66 (-0,17, 1,49)	0,122	6,60	0,10
<b>Grupo controle sham</b>	Elevação	-0,23 (0,56, -1,04)	0,567	6,01	-0,04
	Descida	-0,69 (-1,54, 0,16)	0,114	6,18	-0,11
<b>Rotação superior da escápula</b>					
<b>Grupo impacto manipulação</b>	Elevação	-1,73 (-2,50, -0,95)*	<0,001	16,69	0,10
	Descida	-1,15 (-1,99, -0,31)*	0,008	17,64	0,06
<b>Grupo impacto sham</b>	Elevação	-0,14 (-0,92, 0,63)	0,716	14,60	0,01
	Descida	0,17 (-0,66, 1,01)	0,681	14,64	0,01
<b>Grupo controle manipulação</b>	Elevação	-2,22 (-3,01, -1,42)*	<0,001	14,61	0,15
	Descida	-1,91 (-2,77, -1,06)*	<0,001	15,38	0,12
<b>Grupo controle sham</b>	Elevação	-0,99 (0,18, 1,80)*	0,017	14,11	0,07
	Descida	-0,65 (-1,53, 0,22)	0,141	13,50	0,04
<b>Inclinação da escápula</b>					
<b>Grupo impacto manipulação</b>	Elevação	-0,39 (-1,08, 0,29)	0,258	8,38	0,04
	Descida	-0,06 (-0,80, 0,68)	0,876	8,47	<0,01
<b>Grupo impacto sham</b>	Elevação	-0,03 (-0,71, 0,66)	0,937	8,33	0,003
	Descida	0,20 (-0,54, 0,94)	0,595	8,94	0,02
<b>Grupo controle manipulação</b>	Elevação	-0,90 (-1,60, -0,20)*	0,012	5,08	0,17
	Descida	-1,11 (-1,87, -0,35)*	0,004	8,79	0,12
<b>Grupo controle sham</b>	Elevação	0,57 (-0,15, 1,31)	0,123	7,63	0,07
	Descida	0,69 (-0,10, 1,48)	0,087	8,18	0,08

\*diferença significativa entre as médias pós e pré-intervenções. Abreviaturas: DP, desvio padrão. Números negativos indicam aumento da rotação superior e inclinação anterior durante a elevação do braço e diminuição da rotação inferior e inclinação posterior durante a descida do braço após a intervenção.



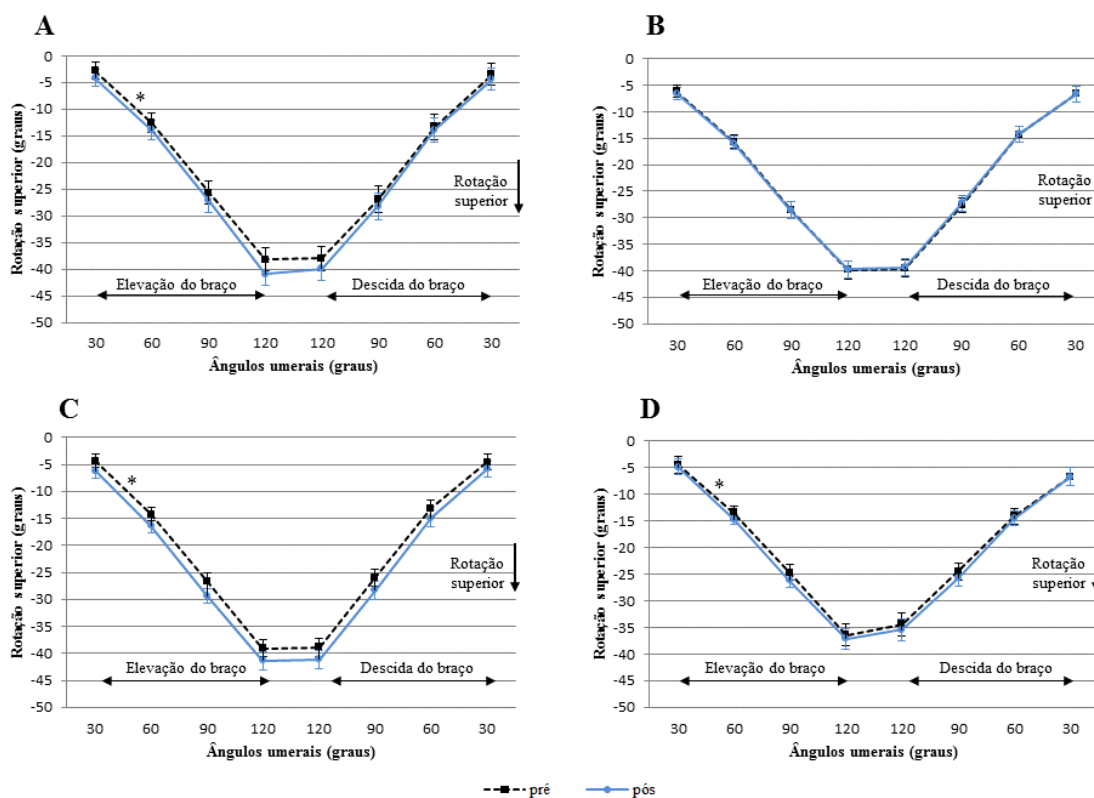
**FIGURA 4.** Média e erro padrão da rotação medial/lateral da escápula durante a elevação e descida do braço para os grupos: impacto manipulação (A), impacto *sham* (B), controle manipulação (C) e controle *sham* (D) pré e pós-intervenção.

### Rotação superior da escápula

Foi encontrada excelente confiabilidade entre as repetições para a medida de rotação superior durante a elevação e descida do braço (Tabela 4). Não houve interação tripla significativa para elevação ( $F=0,36$ ,  $p=0,95$ ) e descida ( $F=0,21$ ,  $p=0,99$ ) do braço, porém houve interação significativa grupo x tempo (pré e pós-intervenção) durante a elevação ( $F=5,16$ ,  $p=0,02$ ) e descida ( $F=4,14$ ,  $p=0,007$ ) do braço (Figura 5). A análise post-hoc revelou que ambos os grupos manipulação e o grupo controle *sham* apresentaram significativo aumento da rotação superior durante a elevação do braço após as intervenções



e que ambos os grupos manipulação apresentaram significativa diminuição na rotação inferior durante a descida do braço após a manipulação (Tabela 5). O coeficiente de Cohen mostrou pequeno efeito da MT na rotação superior para os grupos impacto manipulação e *sham* e controle *sham* ( $d$  variou de 0,06 a 0,15) (Tabela 5).

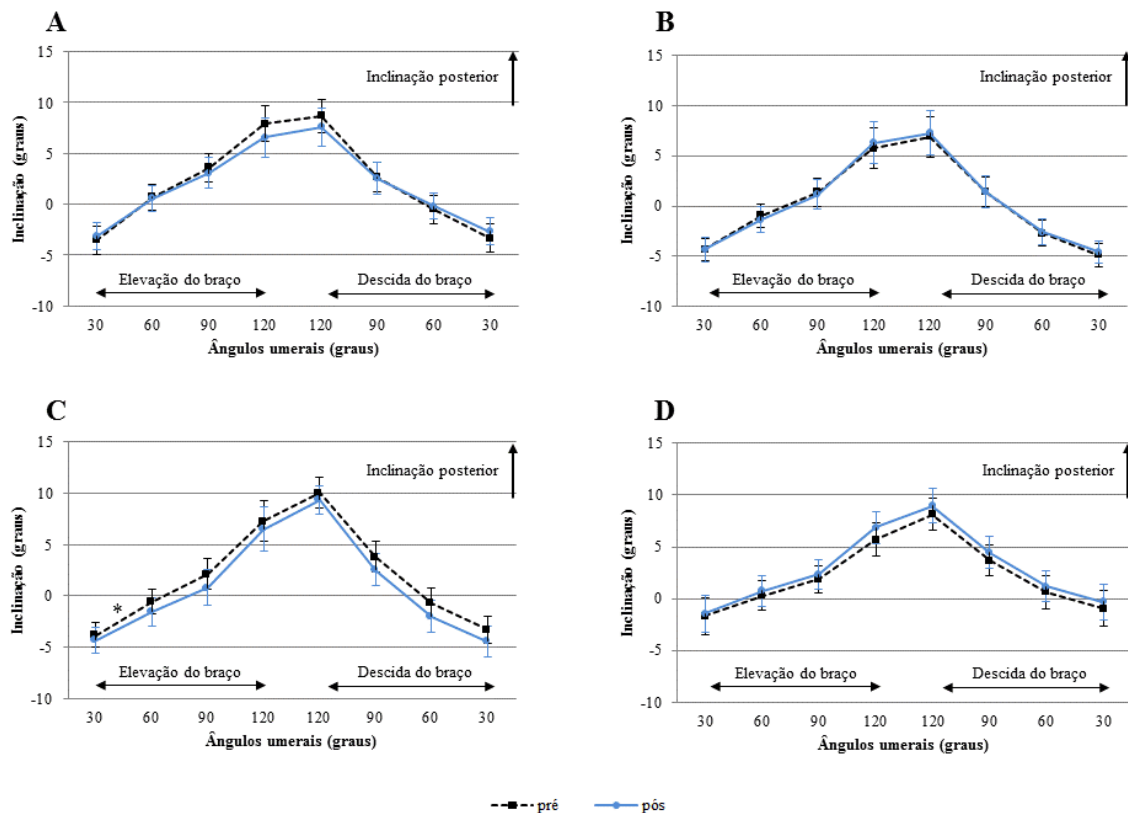


**FIGURA 5.** Média e erro padrão da rotação superior/inferior da escápula durante a elevação e descida do braço para os grupos: impacto manipulação (A), impacto *sham* (B), controle manipulação (C) e controle *sham* (D) pré e pós-intervenção. \* indica diferença significativa entre os valores pré e pós-intervenção.

### Inclinação da escápula

Foi encontrada excelente confiabilidade entre as repetições para a medida de inclinação da escápula durante a elevação e descida do braço (Tabela 4). Não houve

interação tripla significativa para a elevação ( $F=0,53$ ,  $p=0,84$ ) e descida ( $F=0,37$ ,  $p=0,94$ ) do braço, porém houve interação significativa grupo x tempo (pré e pós-intervenção) durante a elevação ( $F=2,93$ ,  $p=0,034$ ) e descida ( $F=3,79$ ,  $p=0,011$ ) do braço (Figura 6). A análise post-hoc demonstrou que o grupo controle manipulação apresentou um aumento na inclinação anterior durante a elevação e descida do braço após a manipulação (Tabela 5). O coeficiente de Cohen mostrou pequeno efeito da MT na inclinação scapular para o grupo controle manipulação ( $d=0,17$  para a elevação e  $d=0,12$  para a descida do braço) (Tabela 5).



**FIGURA 6.** Média e erro padrão da inclinação posterior/anterior da escápula durante a elevação e descida do braço para os grupos: impacto manipulação (A), impacto sham (B), controle manipulação (C) e controle sham (D) pré e pós-intervenção. \* indica diferença significativa entre os valores pré e pós-manipulação.

## DISCUSSÃO

Em nosso conhecimento esse é o primeiro ensaio clínico controlado randomizado que compara o efeito da MT na dor e cinemática da escápula em sujeitos assintomáticos e com síndrome do impacto. As descobertas desse estudo sugerem que uma única sessão de MT aplicada na coluna torácica média resulta em melhoras imediatas na dor no ombro e moderado aumento na rotação superior da escápula durante a elevação e descida do braço em sujeitos com síndrome do impacto. Além disso, nossos resultados revelaram que a MT pode aumentar a inclinação anterior da escápula durante a elevação e descida do braço em sujeitos assintomáticos.

Considerando a confiabilidade da avaliação 3-D da escápula, esse estudo suporta a confiabilidade entre as repetições para avaliar o movimento cinemático da escápula nos sujeitos assintomáticos e com síndrome do impacto e sugere a reprodutibilidade do movimento escapular durante a elevação e descida do braço em ambas as populações utilizando o sistema eletromagnético *Flock of Birds*®.

Apesar de a manipulação ser usualmente direcionada à apenas um nível vertebral, a técnica aplicada nesse estudo foi direcionada a um grupo de vértebras da coluna torácica média (T3-T7) e alguns estudos têm demonstrado que vários níveis são mobilizados simultaneamente mesmo quando o alvo é apenas um nível vertebral<sup>32, 42</sup>. A escolha da técnica da MT desse estudo foi devida à presença dos cabos dos sensores eletromagnéticos que limitam o movimento do sujeito em avaliação e do terapeuta.

A significativa diminuição da dor no ombro imediatamente após a MT observada nesse estudo corrobora com outras investigações sobre os efeitos imediatos da manipulação vertebral<sup>9, 12, 13, 15, 20, 49, 62</sup>. Apenas dois estudos avaliaram os efeitos imediatos da MT no ombro com síndrome do impacto e, apesar da ausência de qualquer grupo controle, ambas

as investigações mostraram redução na pontuação de dor nos sujeitos sintomáticos após as técnicas de MT<sup>9, 49</sup>. Strunce e colaboradores (2009)<sup>62</sup> encontraram diminuição da dor no ombro em sujeitos com primeiros sintomas de dor após uma terapia manipulativa das cotelas e coluna torácica. Cleland e colaboradores (2005)<sup>12</sup>, Cleland e colaboradores (2007)<sup>13</sup> e Gonzalez-Iglesias e colaboradores (2009)<sup>20</sup> também demonstraram grandes melhoras na dor e disfunção em sujeitos com dor mecânica cervical que receberam uma MT.

Apesar dos mecanismos neurofisiológicos subjacentes à manipulação vertebral não serem completamente conhecidos, existem algumas teorias que explicam como a analgesia ocorre como resultado da manipulação vertebral. Algumas evidências indicam que o estiramento repentino produzido pelo impulso mecânico pode tanto estimular como silenciar as terminações nervosas nociceptivas e mecânicas dos tecidos paravertebrais, como pele, músculo, tendões, ligamentos, facetas articulares ou disco intervertebral<sup>42, 56</sup>. Esses impulsos neurais podem ativar o sistema descendente inibitório da dor e influenciar no mecanismo de processamento da dor e em outros mecanismos fisiológicos controlados pelo sistema nervoso<sup>42, 56</sup>. Além disso, tem sido hipotetizado que receptores serotoninérgicos e noradrenérgicos utilizam os caminhos descendentes inibitórios para mediar uma resposta analgésica da manipulação vertebral<sup>61</sup>. Esse mecanismo central não específico explica porque a dor pode ser aliviada pela estimulação nociceptiva em outra parte do corpo. É importante salientar que a diminuição significativa da dor durante o movimento do braço nos sujeitos com síndrome do impacto pós-manipulação esteve abaixo da diferença clinicamente significativa para a EN<sup>19</sup> e que o coeficiente de Cohen mostrou moderado efeito da MT na diminuição da dor. De acordo com Armijo-Olivo e colaboradores (2001)<sup>3</sup> esse resultado não é clinicamente relevante, entretanto é ainda importante considerar que os

resultados de dor no grupo impacto foram inicialmente pequenos (variando de 2,3 a 3,29) e diminuiram após a intervenção manipulativa.

Podemos sugerir que a MT dos níveis torácicos médios nos sujeitos sintomáticos pode estimular os músculos em disfunção (serrátil anterior superior e médio e o trapézio inferior) resultando em melhor rotação superior da escápula durante o movimento do braço realizado imediatamente à manipulação. Essa sugestão corrobora com Cleland e colaboradores (2004) <sup>11</sup> que demonstraram que a MT aplicada nos segmentos torácicos inferiores (T6-T12) melhorou a força do trapézio inferior, a extensão da coluna torácica e a flexão do ombro bilateralmente em sujeitos assintomáticos. A manipulação vertebral aplica forças não fisiológicas capazes de produzir um deslizamento vertebral complexo e não usual e, quando os músculos se encontram relaxados, eles parecem não oferecerem resistência já que a alta velocidade do impulso manipulativo não permite tempo para qualquer reação voluntária <sup>32, 42</sup>. Como resultado do impulso manipulativo, o estiramento muscular parece ser seguido por contrações reflexas (após apenas 50-200mseg) de vários músculos das costas geralmente localizados distantes da área manipulada contribuindo para a redução do espasmo muscular <sup>42</sup>. Esse fenômeno envolve a estimulação das fibras Ia e II que ativam o motoneurônio via neurotransmissor químico <sup>42, 56</sup>. Estudos eletromiográficos tem sugerido que o impulso manipulativo pode provocar ativação de músculos adjacentes ou opostos à região manipulada <sup>17, 23</sup>. Outro mecanismo envolvido nos efeitos da manipulação vertebral é sua capacidade de alterar o processamento sensorial central removendo estímulos mecânicos ou químicos sublimiáres dos tecidos paravertebrais, através da estimulação dos fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi <sup>56</sup>. Essas descobertas sugerem que a disfunção vertebral pode produzir alterações musculares específicas no processamento intracortical inibitório ou facilitatório e as mudanças nos

sinais químicos e mecânicos resultantes da manipulação vertebral podem reverter essas alterações na integração sensoriomotora e melhorar o controle motor <sup>64</sup>. Entretanto, esses mecanismos fisiológicos são apenas sugestões já que não foram diretamente avaliados em nossa investigação.

Apesar de significativo aumento na rotação superior da escápula ter sido observado após a MT nos grupos controle e impacto durante a elevação e descida do braço, esse aumento esteve abaixo da MMD calculada para a rotação superior em ambos os grupos. É importante considerar também o pequeno tamanho do efeito da MT já que o coeficiente de Cohen para os grupos impacto manipulação e controle manipulação foi 0,10 e 0,15 na elevação e 0,06 e 0,12 na descida do braço, respectivamente, os quais não podem ser considerados clinicamente relevantes <sup>3</sup>. Além disso, o aumento da rotação superior presente em ambos os grupos controles (manipulação e *sham*) durante a elevação do braço nos levam a acreditar que a manipulação pode não ser realmente significativa nos sujeitos assintomáticos já que a melhora foi observada mesmo quando os sujeitos não foram manipulados. Ademais, sugerimos que o fortalecimento do músculo serrátil anterior pode ser realizado após a MT na reabilitação da síndrome do impacto já que a manipulação parece facilitar a rotação superior da escápula.

De maneira controversa, a MT parece ainda aumentar a inclinação anterior da escápula nos sujeitos assintomáticos durante a elevação e a descida do braço. Como um fator de risco para o desenvolvimento da síndrome do impacto, essa descoberta sugere que a MT pode não ser imediatamente favorável à cinemática escapular nos sujeitos assintomáticos. Estudos dos efeitos da MT a curto e longo prazo são necessários para resultados mais conclusivos.

Apesar de algumas evidências dos efeitos neurofisiológicos após a manipulação vertebral, o efeito placebo deve ser considerado. Se o sujeito de um estudo for informado a respeito dos potenciais benefícios da manipulação, sua expectativa sobre tais benefícios pode contribuir para uma analgesia placebo após o tratamento<sup>57</sup>. A presença de dois grupos *sham* (um sintomático e outro assintomático) é justificada pela intenção de eliminar o efeito placebo advindo da técnica manipulativa, já que todos os sujeitos receberam informações incompletas a respeito do objetivo do estudo. A estratégia de avaliador cego foi também utilizada para minimizar o viés da expectativa.

Esse estudo controlado randomizado possui algumas limitações. Como a média das diferenças observadas nos dados cinemáticos entre as condições pré e pós-intervenções foi próxima aos valores de EPM, cautela deve ser tomada ao interpretar esses resultados. Ademais, os resultados desse estudo podem ser generalizados para sujeitos assintomáticos para dor no ombro e para sujeitos portadores de síndrome do impacto, porém não para portadores de outras patologias no ombro. Acreditamos que outras técnicas de manipulação vertebral da coluna torácica e de outros níveis vertebrais devem ser avaliadas nos sujeitos com síndrome do impacto. Além disso, futuras investigações devem ainda incluir períodos de acompanhamento a longo prazo.

## **CONCLUSÃO**

Esse estudo avaliou apenas os efeitos imediatos da MT na dor e cinemática da escápula. Apesar da questionável relevância clínica, esse estudo experimental sugere efeitos positivos na dor e na rotação superior da escápula podem ser alcançados imediatamente após a MT em sujeitos com síndrome do impacto. Apesar de ainda serem necessárias mais investigações, esse estudo preliminar suporta o conceito da interdependência regional entre

a coluna torácica e o ombro nos sujeitos com síndrome do impacto. Nenhum sujeito relatou efeitos adversos ou piora dos sintomas no ombro após a manipulação vertebral ou a intervenção *sham*. A MT demonstrou não ser imediatamente favorável à cinemática escapular nos sujeitos assintomáticos para o ombro com relação à inclinação escapular. Futuros estudos devem continuar investigando os efeitos da manipulação vertebral em portadores da síndrome do impacto e devem incluir acompanhamentos a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

1. Altman DG, Schulz KF, Moher D, et al. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med.* 2001;134:663-694.
2. An K, Korineck S, Kilpela T, Edis S. Kinematic and kinetic analysis of push-up exercise. *Biomed Sci Instrum.* 1990;26:53-57.
3. Armijo-Olivo S, Warren S, Fuentes J, Magee DJ. Clinical relevance vs. statistical significance: Using neck outcomes in patients with temporomandibular disorders as an example. *Man Ther.* 2011;16:563-572.
4. Bang MD, Deyle GD. Comparison of supervised exercise with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30:126-137.
5. Beckerman H, Roebroeck ME, Lankhorst GJ, Becher JG, Bezemer PD, Verbeek AL. Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual Life Res.* 2001;10:571-578.
6. Bergman GJD, Winters JC, Groenier KH, et al. Manipulative therapy in addition to usual medical care for patients with shoulder dysfunction and pain. *Ann Intern Med.* 2004;141:432-439.
7. Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech.* 2002;17:650-659.



8. Borstad JD, Ludewig PM. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35:227-238.
9. Boyles RE, Ritland BM, Miracle BM, et al. The short-term effects of thoracic spine thrust manipulation on patients with shoulder impingement syndrome. *Man Ther.* 2009;14:375-380.
10. Camargo PR, Haik MN, Filho RB, Mattiello-Rosa SM, Salvini TF. Pain in workers with shoulder impingement syndrome: an assessment using the DASH and McGill pain questionnaires. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11:161-167.
11. Cleland J, Selleck B, Stowell T, et al. Short-term effects of thoracic manipulation on lower trapezius muscle strength. *J Man Manip Ther.* 2004;12:82-90.
12. Cleland JA, Childs MJD, McRae M, Palmer JA, Stowell T. Immediate effects of thoracic manipulation in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Man Ther.* 2005;10:127-135.
13. Cleland JA, Glynn P, Whitman JM, Eberhart SL, MacDonald C, Childs JD. Short-term effects of thrust versus nonthrust mobilization/manipulation directed at the thoracic spine in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2007;87:431-440.
14. Cohen J. The concepts of power analysis. In: Cohen J, eds. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* New Jersey: Academic Press, Inc; 1988:1-17.
15. Cross KM, Kuenze C, Grindstaff T, Hertel J. Thoracic spine manipulation improves pain, range of motion and self-reported function in patients with mechanical neck pain: A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41:633-643.
16. Culham E, Peat M. Functional anatomy of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18:342-350.
17. de Camargo VM, Albuquerque-Sendin F, Berzin F, Stefanelli VC, de Souza DP, Fernandez-de-las-Penas C. Immediate effects on electromyographic activity and pressure pain thresholds after a cervical manipulation in mechanical neck pain: a randomized controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2011;34:211-220.
18. Dunning JR, Cleland JA, Waldrop MA, et al. Upper cervical and upper thoracic thrust manipulation versus nonthrust mobilization in patients with mechanical neck

- pain: A multicenter randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:5-21.
19. Farrar JT, Young JPJ, LaMoreaux L, Werth JL, Poole RM. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain.* 2001;94:149-158.
  20. González-Iglesias J, Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA, Gutiérrez-Vega MdR. Thoracic spine manipulation for the management of patients with neck pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:20-27.
  21. Hawkins RJ, Kennedy JC. Impingement syndrome in athletes. *Am J Sports Med.* 1980;8:151-158.
  22. Hegedus EJ, Goode AP, Cook CE, et al. Which physical examination tests provide clinicians with the most value when examining the shoulder? Update of a systematic review with meta-analysis of individual tests. *Br J Sports Med.* 2012;46:964-978.
  23. Herzog W, Conway PJ, Zhang YT, Gal J, Guimaraes AC. Reflex responses associated with manipulative treatments on the thoracic spine: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther.* 1995;18:233-236.
  24. Ho CY, Sole G, Munn J. The effectiveness of manual therapy in the management of musculoskeletal disorders of the shoulder: a systematic review. *Man Ther.* 2009;14:463-474.
  25. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med.* 1996;29:602-608.
  26. Hung CJ, Jan MH, Lin YF, Wang TQ, Lin JJ. Scapular kinematics and impairment features for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Man Ther.* 2010;15:547-551.
  27. Inman VT, Saunders JBDM, Abbott LC. Observation of the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1944;26:1-30.
  28. Jobe FW, Moynes DR. Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for rotator cuff injuries. *Am J Sports Med.* 1982;10:336-339.

29. Karduna AR, McClure PW, Michener LA, Sennett B. Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: A validation study. *J Biomech Eng.* 2001;123:184-190.
30. Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80:945-950.
31. Kuhn JE. Exercise in the treatment of rotator cuff impingement: a systematic review and a synthesized evidence-based rehabilitation protocol. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:138-160.
32. Lee M, Kelly DW, Steven GP. A model of spine, ribcage and pelvic responses to a specific lumbar manipulative force in relaxed subjects. *J Biomech.* 1995;28:1403-1408.
33. Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84:719-723.
34. Lopes AD, Ciconelli RM, Carrera EF, Griffin S, Faloppa F, Reis FBd. Validity and reliability of the Western Ontario Rotator Cuff Index (WORC) for use in Brazil. *Clin J Sport Med.* 2008;18:266-272.
35. Lopes AD, Stadniky SP, Masiero D, Carrera EF, Ciconelli RM, Griffin S. Tradução e adaptação cultural do WORC: um questionário de qualidade de vida para alterações do manguito rotador. *Rev bras fisioter.* 2006;10:309-315.
36. Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, Spoden SM, Wilson LA. Three-dimensional clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34:140-149.
37. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther.* 2011;16:33-39.
38. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80:276-291.
39. Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24:57-65.

40. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:90-104.
41. Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-Dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29:574-586.
42. Maigne JY, Vautravers P. Mechanism of action of spinal manipulative therapy. *Joint Bone Spine.* 2003;70:336-341.
43. McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Phys Ther.* 2004;84:832-848.
44. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther.* 2006;86:1075-1090.
45. Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18:369-379.
46. Michener LA, Walsworth MK, Burnet EN. Effectiveness of rehabilitation for patients with subacromial impingement syndrome: a systematic review. *J Hand Ther.* 2004;17:152-164.
47. Michener LA, Walsworth MK, Doukas WC, Murphy KP. Reliability and diagnostic accuracy of 5 physical examination tests and combination of tests for subacromial impingement. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90:1898-1903.
48. Mintken PE, Glynn P, Cleland JA. Psychometric properties of the shortened disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (QuickDASH) and Numeric Pain Rating Scale in patients with shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:920-926.
49. Muth S, Barbe MF, Lauer R, McClure PW. The effects of thoracic spine manipulation in subjects with signs of rotator cuff tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:1005-1016.
50. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:41-50.

51. Neer CS. Impingement lesions. *Clin Orthop*. 1983;173:70-77.
52. Norlander S, Gustavsson BA, Lindell J, Nordgren B. Reduced mobility in the cervico-thoracic motion segment--a risk factor for musculoskeletal neck-shoulder pain: a two-year prospective follow-up study. *Scand J Rehabil Med*. 1997;29:167-174.
53. Norlander S, Nordgren B. Clinical symptoms related to musculoskeletal neck-shoulder pain and mobility in the cervico-thoracic spine. *Scand J Rehabil Med*. 1998;30:243-251.
54. Orfale AG, Araújo PMP, Ferraz MB, Natour J. Translation into Brazilian Portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire. *Braz J Med Biol Res*. 2005;38:293-302.
55. Phadke V, Camargo P, Ludewig P. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev Bras Fisioter*. 2009;13:1-9.
56. Pickar JG. Neurophysiological effects of spinal manipulation. *Spine J*. 2002;2:357-371.
57. Price DD, Milling LS, Kirsch I, Duff A, Montgomery GH, Nicholas SS. An analysis of factors that contribute to the magnitude of placebo analgesia in an experimental paradigm. *Pain*. 1999;83:147-156.
58. Scibek JS, Carcia CR. Validation and repeatability of a shoulder biomechanics data collection methodology and instrumentation. *J Appl Biomech*. 2012 [Epub ahead of print];
59. Senbursa G, Baltaci G, Atay A. Comparison of conservative treatment with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome: a prospective, randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007;15:915-921.
60. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86:420-428.
61. Skyba DA, Radhakrishnan R, Rohlwing JJ, Wright A, Sluka KA. Joint manipulation reduces hyperalgesia by activation of monoamine receptors but not opioid or GABA receptors in the spinal cord. *Pain*. 2003;106:159-168.

62. Strunce JB, Walker MJ, Boyles RE, Young BA. The immediate effects of thoracic spine and rib manipulation on subjects with primary complaints of shoulder pain. *J Man Manip Ther.* 2009;17:230-236.
63. Tate AR, McClure PW, Young IA, Salvatori R, Michener IA. Comprehensive impairment-based exercise and manual therapy intervention for patients with Subacromial Impingement Syndrome: A case series. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40:474-493.
64. Taylor HH, Murphy B. Altered sensorimotor integration with cervical spine manipulation. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31:115-126.
65. Teece RM, Lunden JB, Lloyd AS, Kaiser AP, Cieminski CJ, Ludewig PM. Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38:181-190.
66. Thigpen CA, Gross MT, Karas SG, Garrett WE, Yu B. The repeatability of scapular rotations across three planes of humeral elevation. *Res Sports Med.* 2005;13:181-198.
67. van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, Bouter LM. Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis.* 1995;54:959-964.
68. Wainner RS, Flynn TW, Whitman JM. *Spinal and extremity manipulation: the basic skill set for physical therapists.* Manipulations. I Manipulations, Inc; 2001.
69. Wainner RS, Whitman JM, Cleland JA, Flynn TW. Regional interdependence: A musculoskeletal examination model whose time has come [guest editorial]. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37:658-660.
70. Walser RF, Meserve BB, Boucher TR. The effectiveness of thoracic spine manipulation for the management of musculoskeletal conditions: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Manipulative Physiol Ther.* 2009;17:237-246.
71. Warner JJP, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;285:191-199.

72. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005;19:231-240.
73. Winters JC, Sobel JS, Groenier KH, Arendzen HJ, Jong BM. Comparison of physiotherapy, manipulation, and corticosteroid injection for treating shoulder complaints in general practice: randomised, single blind study. *BMJ*. 1997;314:1320-1325.
74. Wu G, Helm FCvd, Veeger HE, et al. 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*. 2005;38:981-992.
75. Yano Y, Hamada J, Tamai K, et al. Different scapular kinematics in healthy subjects during arm elevation and lowering: Glenohumeral and scapulothoracic patterns. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19:29-09-215.
76. 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 Elbow Surg*. 2009;18:756-763.

## **ANEXO I**





**Reliability, Standard Error and Minimal Detectable Change  
of 3D Scapular Kinematics in Subjects With and Without  
Shoulder Impingement**

Journal:	<i>Journal of Orthopaedic &amp; Sports Physical Therapy</i>
Manuscript ID:	12-12-4705-RR
Manuscript Categories:	Research Report
Key Words:	Scapula, rehabilitation, shoulder impingement syndrome

SCHOLARONE™  
Manuscripts

Copy

**Reliability, Standard Error and Minimal Detectable Change of 3D Scapular Kinematics in Subjects With and Without Shoulder Impingement**

XXXX

**Financial disclosure and conflict of interest.** We affirm that we have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in attachment.

1 **ABSTRACT**

2 **STUDY DESIGN:** Clinical measurement

3 **OBJECTIVE:** To establish intrarater and test-retest reliability, standard error of measurement  
4 (SEM) and minimum detectable change (MDC) of scapular motion during elevation and  
5 lowering of the arm and at rest position in subjects with and without shoulder impingement.

6 **BACKGROUND:** Electromagnetic devices have been widely used to determine 3-D scapular  
7 kinematics during arm elevation in different conditions. There is lack of studies that evaluate  
8 intrarater and test-retest reliabilities of these measurements.

9 **METHODS:** Subjects were divided in 2 groups: control and impingement. Kinematic data were  
10 collected using Flock of Birds® electromagnetic device on 2 different occasions separated by 3 to  
11 5 days. Forty-nine subjects were tested for intrarater reliability. Forty-three subjects were  
12 reassessed for test-retest reliability.

13 **RESULTS:** There was very good intrarater reliability for assessing scapular internal and upward  
14 rotations and tilt from both groups during elevation and lowering of the arm (ICC=0.92-0.99). In  
15 general, there was good test-retest reliability for assessing scapular motion during elevation and  
16 lowering of the arm from both groups (ICC=0.54-0.88). There was also good and very good test-  
17 retest reliability for assessing scapular rest position in both groups (ICC=0.66-0.95). SEMs  
18 ranged from 3.37° to 7.44° between days for both groups. MDC 90% increased (from 7.81° to  
19 17.27°) between days as humeral angles were higher.

20 **CONCLUSION:** Flock of Birds® electromagnetic tracking system is a reliable device for  
21 measuring 3-D scapular motion during elevation and lowering of the arm and at rest position in  
22 subjects with and without impingement symptoms over time.

23 *J Orthop Sports Phys Med 2013;X:xxx-xxx.*

24 **KEY WORDS:** *scapula; rehabilitation; shoulder impingement syndrome*

25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45

Review Copy

## 46 INTRODUCTION

47 Arm elevation is accomplished by combined motion of multiple articulations of the  
48 shoulder, including sternoclavicular, acromioclavicular and glenohumeral joints<sup>8, 15</sup>.  
49 Scapulothoracic movement is a complex and coupled interaction of sternoclavicular and  
50 acromioclavicular motion, and arm elevation is usually described in terms of scapulothoracic and  
51 glenohumeral components<sup>15</sup>. There is evidence that alterations of this motion pattern are  
52 associated with shoulder pathologies, such as shoulder impingement, rotator cuff disease and  
53 instabilities<sup>14, 16, 17, 19, 27</sup>.

54 Electromagnetic devices have been widely used to determine 3-D scapular position and  
55 orientation during shoulder movements in healthy subjects and subjects with different shoulder  
56 conditions<sup>12, 14, 15, 17-19, 24, 30, 31</sup>, such as shoulder impingement<sup>14, 17-19</sup>. Shoulder impingement is a  
57 common painful shoulder condition and there is general consensus that impingement is the  
58 primary underlying problem in many rotator cuff disorders<sup>18, 21, 26</sup>. Decreased scapular upward  
59 rotation and posterior tipping and increased scapular internal rotation were already described  
60 during arm elevation in subjects with impingement symptoms compared with asymptomatic  
61 subjects<sup>13, 14, 16, 17</sup>. However, there are inconsistencies and discrepancies regarding movement  
62 alterations identified across studies<sup>16</sup>. These discrepancies can be the result of small samples  
63 sizes and limited statistical power, multifactorial etiology of impingement, large variation in  
64 movement patterns of healthy subjects, limitation of clinical diagnosis between different types of  
65 shoulder impingement, and variation in age, arm dominance, gender and upper extremity  
66 “exposure” to occupational or athletic activities<sup>13, 16</sup>. Furthermore, limited data are available  
67 concerning reliability of electromagnetic evaluation for assessing scapular rotations.

68 Scibek and Carcia (2012)<sup>22</sup> have validated the use of Flock of Birds for measuring  
69 shoulder kinematics. Lukasiewicz et al. (1999)<sup>17</sup> reported very good intrarater reliability of  
70 Metrecom electromagnetic device in measuring scapular position in asymptomatic subjects with  
71 Intraclass Correlation Coefficients (ICC 3,1) ranging from 0.88 to 0.99. McClure et al (2004)<sup>18</sup>  
72 reported good and very good interrater reliability (ICC = 0.69-0.95) of scapular motion removing  
73 and reattaching the sensors in subjects without shoulder symptoms. We could only find one  
74 study that evaluated the repeatability of scapular rotations across three planes of humeral  
75 elevation between trials, sessions and days in young healthy subjects<sup>25</sup>. The authors found that  
76 scapular rotations are repeatable but the repeatability decreases when comparing data between  
77 sessions on the same test day and data between test days. Although the study of Thigpen et al.  
78 (2005)<sup>25</sup> has contributed to the literature, their results cannot be generalized as they just  
79 evaluated healthy subjects and elevation of the arm. As such, it is important to consider people  
80 with shoulder dysfunction and also the lowering of the arm as it is during this phase that scapular  
81 dyskinesia is most prominent.

82 The objective of this study was to establish the intrarater and test-retest reliability of  
83 surface sensor measurement of scapular motion during elevation and lowering of the arm and at  
84 rest position in healthy subjects and subjects with shoulder impingement symptoms and establish  
85 the absolute error with the standard error of measurement (SEM) and minimum detectable  
86 change (MDC) in order to facilitate clinical interpretation of kinematics change over time.

87

## 88 **METHODS**

### 89 **Subjects**

90 Forty-nine subjects participated in the study belonging to 2 groups: control group (n=23)  
91 and impingement group (n=26), as observed in Figure 1. Fliers in the university premises,  
92 orthopedic clinics and community public places were used to recruit symptomatic subjects.  
93 Control subjects without shoulder symptoms and impairments were recruited from the university  
94 and surrounding community as well as through personal contacts of the investigators. The basic  
95 descriptive characteristics of the subjects are given in Table 1.

96 The diagnosis for shoulder impingement was made based on a clinical screening  
97 examination and self-reported orthopaedic history of the subjects. To be classified as having  
98 shoulder impingement, they had to present at least 3 of the following conditions: positive Neer  
99 impingement test <sup>20</sup>, positive Hawkins impingement test <sup>6</sup>, pain with isometric resisted abduction  
100 <sup>9</sup>, pain with passive or isometric resisted lateral rotation <sup>19</sup>, pain with active shoulder elevation <sup>7</sup>,  
101 pain with palpation of rotator cuff tendons, and pain in C5 or C6 dermatome region <sup>19</sup>. All  
102 subjects needed to be able to reach 150° of arm elevation. Exclusion criteria were: pregnancy,  
103 systemic illnesses, physical therapy 6 months prior to evaluation, signs of a complete rotator cuff  
104 tear or acute inflammation, cervical-spine related symptoms, glenohumeral instability (positive  
105 Apprehension, Drawer anterior, or Sulcus test <sup>19</sup>), previous upper extremity fracture or shoulder  
106 surgery. Control subjects were excluded if present: any complain for cervical or shoulder pain,  
107 any positive test for shoulder impingement <sup>6, 9, 20</sup> or instability <sup>19</sup>, history of fractures on upper  
108 extremity, pregnancy or systemic illnesses. This study was approved by XXXX. The subjects  
109 gave their written and informed consent agreement to participate in this study, which was  
110 conducted according to the Helsinki Statement.

111 Only the symptomatic shoulder was evaluated in subjects with shoulder impingement, and  
112 for the asymptomatic group the side was randomly determined with a randomization list created  
113 by a computer program.

114

### 115 **3-D Kinematics**

116 Kinematic data were collected on 2 different occasions separated by 3 to 5 days. On the first  
117 day, 49 subjects were tested to determine intrarater reliability of three trials of arm elevation. On  
118 the second day, 43 subjects were reassessed to determine test-retest reliability. The tester was  
119 blinded to the initial day measures at the time of retesting.

120 For 3-D measurements, data capture and analysis were completed using Flock of Birds®  
121 (miniBird®) hardware (Ascension Technology Corporation, Burlington, VT) integrated with  
122 MotionMonitor™ software (Innovative Sports Training, Inc. Chicago, IL). The Flock of Birds®  
123 is a DC electromagnetic tracking device able to locate multiple sensors relative to a source  
124 transmitter. The transmitter produces an electromagnetic field that induces current into sensors  
125 with 3 embedded orthogonal coils. The 3-D position and orientation of each sensor can be  
126 tracked simultaneously at sampling rates of 30-144 Hz. The sensors are small and lightweight  
127 (1.8 x 0.8 x 0.8 cm). In a metal free environment up to a 76 cm distance from the transmitter the  
128 root mean square (RMS) accuracy of the system is 0.5° for orientation and 0.18 cm for position,  
129 as reported by the manufacturer. One of the sensors is attached to a stylus with known offsets to  
130 digitize anatomical landmarks for building the joint coordinate systems.

131 The electromagnetic sensors were attached with double sided adhesive tape to the sternum,  
132 to the acromion of the scapula and to a thermoplastic cuff secured to the distal humerus to track  
133 humeral motion. These surface sensor placements have been previously used<sup>4, 12, 14, 19, 24</sup>. The



134 subject stood with the arms relaxed at the side in a neutral position with the transmitter directly  
135 behind the shoulder to be tested while bony landmarks on the thorax, scapula and humerus were  
136 palpated and digitized to allow transformation of the sensor data to local anatomically based  
137 coordinate systems. Digitizing involves bringing a stylus with an embedded electromagnetic  
138 sensor and known tip offsets to the palpated landmark location and digitally recording the 3-D  
139 coordinate locations relative to the respective segment sensor. Thorax landmarks included the  
140 sternal notch, C7 spinous process, T8 spinous process and xiphoid process. Scapular landmarks  
141 included the root of the spine, posterolateral acromion and the inferior angle of the scapula.  
142 Humerus landmarks included the lateral and the medial epicondyles. The center of the humeral  
143 head was estimated by moving the arm passively through short arcs ( $<45^\circ$ ) to define the pivot  
144 point<sup>2</sup>.

145 Local coordinate systems were established for the trunk, scapula and humerus using the  
146 digitized landmarks following the International Society of Biomechanics recommended protocol  
147<sup>29</sup>. The z-axis was pointing laterally, the x-axis anteriorly and the y-axis superiorly for the right  
148 side data analysis. The axes orientation for the left side was changed such that the z-axis pointed  
149 laterally, the x-axis posteriorly and the y-axis superiorly. These three axes defined the cardinal  
150 planes for the trunk. The y-axis was formed by the vector joining the midpoints between the C7  
151 spinous process and the sternal notch and between the T8 spinous process and the xiphoid  
152 process. The z-axis was directed perpendicular to the sagittal plane. The x-axis was perpendicular  
153 to the z- and y-axes. To define the axes of the scapula, the z-axis was defined in the plane of the  
154 scapula from the root of the scapular spine to the posterolateral acromion. The x-axis was  
155 perpendicular to the plane of the scapula. The y-axis was perpendicular to the z- and x-axes.

156 The YXZ sequence was used to describe the scapular motions relative to the trunk. For the  
157 scapula, the rotations were described in the order of internal/external rotation, upward/downward  
158 rotation and anterior/posterior tilt. The humeral position with reference to the trunk was  
159 determined using the YX'Y" sequence. The first rotation defined the plane of elevation, the  
160 second defined the humeral elevation angle, and the third defined internal/external rotation.

161 Data collection was done with the subjects stood with their feet in a comfortable width  
162 apart, standing in front of the transmitter, relaxed with their arms the side of the body. This  
163 position was maintained throughout the digitization and testing procedures. After mounting of the  
164 receivers and digitization of landmarks, a rest position data was collected and then arm elevation  
165 in the sagittal plane was performed. Kinematic motion analysis involved selecting scapular data at  
166 30°, 60°, 90° and 120° of humerothoracic elevation and at 120°, 90°, 60° and 30° of  
167 humerothoracic lowering. The sagittal plane was determined with a flat planar surface in 90° of  
168 arm elevation to ensure the proper plane of elevation during the active flexion. During elevation,  
169 subjects were instructed to keep their thumbs pointing toward, to slide their hands on the board  
170 and to elevate their arms at a rate such that full elevation was accomplished over approximately 3  
171 seconds. Lowering was performed at the same rate. Three complete cycles of movement were  
172 carried out.

173

#### 174 **Data analysis**

175 Descriptive statistics (mean and standard error) were calculated for all dependent variables  
176 of the scapula (internal/external rotation, upward/downward rotation and posterior/anterior tilt).  
177 The relative reliability of each scapular motion was determined by calculating the ICC (2,1) for  
178 criterion measures both intrarater and test-retest reliability<sup>23</sup>. The intrarater reliability was

179 calculated comparing three trials of the first day and the test-retest reliability was estimated using  
180 the mean of the 3 trials of each day. For all analyses, the ICC values were considered: poor when  
181 below 0.20; fair from 0.21 to 0.40; moderate from 0.41 to 0.60; good from 0.61 to 0.80; and very  
182 good from 0.81 to 1.00<sup>1</sup>. All these analyses were done using SPSS Version 17 (Chicago, IL) and  
183 the *P* value for significance was set at 0.05. The absolute reliability was defined as the SEM and  
184 the MDC, calculated for each humeral angle:

185  $SEM = \sqrt{WMS}$ , where WMS is the within subjects mean square error term from one-way  
186 analysis of variance<sup>11</sup>; and

187  $MDC_{90} = SEM \times \sqrt{2} \times 1.64$ , for 90% of confidence interval (CI)<sup>3,28</sup>.

188 The SEM data estimates the average error of the measurement for any given trial (intrarater  
189 reliability) and for any test occasion (test-retest reliability)<sup>11</sup>. The MDC data is the difference  
190 needed between separated measures on a subject for the difference in the measures to be  
191 considered real<sup>28</sup>.

192

## 193 RESULTS

### 194 Intrarater reliability

195 There was very good intrarater reliability (Table 2) for assessing scapular internal rotation  
196 (ICC values from 0.96 to 0.99), upward rotation (ICC values from 0.92 to 0.98) and tilt (ICC  
197 values from 0.97 to 0.99) from both control and impingement groups during elevation and  
198 lowering of the arm. In both groups, intrarater SEMs ranged from 0.86° to 3.17° during elevation  
199 and lowering of the arm for all scapular movements (Table 2).

### 200 Test-retest reliability

201 Figures 2, 3 and 4 show the scapular rotations for control and impingement groups during  
202 elevation and lowering of the arm at both days of evaluation.

203 In general, there was good test-retest reliability for assessing scapular rotations for both  
204 control and impingement groups during elevation and lowering of the arm (Table 3).

205 For scapular internal rotation, ICC values were good and very good ranging from 0.71 to  
206 0.84 and from 0.58 to 0.85 for both groups during elevation and lowering of the arm,  
207 respectively, whereas ICC values were better at higher angles of humeral elevation. Internal  
208 rotation SEMs of both groups ranged from 3.62° to 7.09° for elevation and lowering of the arm.  
209 Internal rotation MDCs with 90% of CI for both groups ranged from 8.41° to 16.44° for  
210 elevation and lowering of the arm (Table 3). During the rest position, ICC values for assessing  
211 internal rotation were very good for both groups; SEMs were 3.09° and 4.95°, and MDCs 90%  
212 were 11.50° and 7.17° for control and impingement groups, respectively (Table 3).

213 For scapular upward rotation, ICC values were moderate, good and very good ranging  
214 from 0.59 to 0.83 and from 0.64 to 0.88 for both groups during elevation and lowering of the  
215 arm, respectively, whereas the impingement group shows better ICCs at lower angles of humeral  
216 elevation. SEMs for upward rotation of both groups ranged from 4.04° to 7.23° for elevation and  
217 lowering of the arm. MDCs for upward rotation of both groups ranged from 9.37° to 16.78° for  
218 elevation and lowering of the arm (Table 3). During rest position, ICC values for assessing  
219 upward rotation were very good for both groups; SEMs were 3.74° and 3.78°, and MDCs 90%  
220 were 8.69° and 8.78° for control and impingement groups, respectively (Table 3).

221 For scapular tilt, ICC values moderate and good ranging from 0.55 to 0.77 and from 0.54  
222 to 0.79 for both groups during elevation and lowering of the arm, respectively (Table 3). SEMs  
223 for scapular tilt of both groups ranged from 3.36° to 7.44° for elevation and lowering of the arm.

224 MDCs for scapular tilt of both groups ranged from 7.81° to 17.27° for elevation and lowering of  
225 the arm (Table 3). During rest position, ICC values for assessing scapular tilt were very good for  
226 control group and good for impingement group. SEMs were 2.77° and 3.38°, and MDCs 90%  
227 were 6.43° and 7.85° for control and impingement groups, respectively (Table 3).

228

## 229 **DISCUSSION**

230 Three-dimensional scapular evaluation has been widely used to evaluate shoulder  
231 movement in asymptomatic subjects<sup>12, 15, 24, 30, 31</sup> and in different shoulder conditions<sup>14, 17-19</sup>.  
232 Measurements of scapular kinematics must be reliable to determine the efficacy of rehabilitation  
233 programs prescribed to restore shoulder kinematics. Overall, this study supports the intrarater  
234 and test-retest reliability of assessing scapular kinematic motion in symptomatic and  
235 asymptomatic individuals and suggests repeatability of scapular motion during elevation and  
236 lowering of the arm and at rest position in both populations using Flock of Birds®  
237 electromagnetic system. Overall, these favorable results can be partially related to the  
238 standardization in terminology and Euler angle sequences<sup>29</sup> as well as standard subject and arm  
239 positioning, plane of motion and shoulder movement speed<sup>22</sup> what reflect the repeatability of the  
240 measurement as a whole<sup>15</sup>. As such, it supports the use of the electromagnetic system to  
241 determine the efficacy of rehabilitation programs prescribed to restore shoulder kinematics.

242 The very good intrarater reliability demonstrated for all scapular movements during  
243 elevation and lowering of the arm in subjects with and without impingement symptoms is likely  
244 to prove that one trial is reliable comparing to the other two trials to reproduce 3-D scapular  
245 movements. Then, we suggest that only one trial of elevation and lowering of the arm on sagittal  
246 plane may be enough to assess 3-D scapular movements.

247 Other investigations about scapular kinematic in subjects with and without shoulder  
248 impingement showed intrarater reliability information only for a subset of subjects  
249 demonstrating good and very good ICCs<sup>14, 15, 17</sup>. Lukasiewicz et al. (1999)<sup>17</sup> reported very good  
250 intrarater reliability of Metrecom electromagnetic device in measuring scapular position in 90° of  
251 arm elevation on scapular plane in 21 asymptomatic subjects (ICC = 0.88-0.99). Ludewig and  
252 Cook (2000)<sup>14</sup> found very good trial-to-trial reliability of Polhemus Fastrak system for all  
253 scapular rotations (ICC = 0.93-0.99) in subjects with impingement symptoms under different  
254 load conditions during arm elevation. Ludewig et al (1996)<sup>15</sup> showed good and very good  
255 intrarater reliability of scapular kinematic (measured with a self-fabricated 3-D position system)  
256 among 3 trials of each arm position of elevation (ICC was 0.93 for internal rotation, 0.82 for  
257 upward rotation and 0.78 for tipping) in asymptomatic subjects. Two of these authors referred  
258 SEM to be about 2 or 3°, depending on scapular rotation<sup>15, 17</sup>. Our results for intrarater reliability  
259 revealed better intra-session reliability with ICC ranging from 0.94 to 0.99 for all scapular  
260 movements in symptomatic and asymptomatic subjects. Furthermore, our intrarater SEM values  
261 for both groups during elevation and lowering of the arm compare favorably to previous  
262 investigations and ranged from 0.86° to 3.07° in the control group and from 1.23° to 3.17° in the  
263 impingement group, depending on scapular rotation and degree of humeral elevation or lowering.

264 Thigpen et al (2005)<sup>25</sup> evaluated repeatability of scapular rotation in young healthy  
265 subjects using Coefficients of Multiple Correlation during elevation of arm elevation in the  
266 sagittal, scapular and frontal planes. The authors found good intrarater repeatability of scapular  
267 rotation patterns in all 3 planes and recommended the use of arm elevation in the sagittal plane  
268 when the most repeatable scapular pattern is desired<sup>25</sup>.

269 Good and very good test-retest reliabilities established in this study for all scapular  
270 movements during elevation and lowering of the arm for symptomatic and asymptomatic  
271 subjects support the use of 3-D scapular evaluation to detect changes in scapulothoracic  
272 movement over time.

273 Thigpen et al (2005)<sup>25</sup> also reported good repeatability for the scapular rotations during  
274 arm elevation between days. McClure et al (2004)<sup>18</sup> reported ICC of test-retest reliability for  
275 assessing scapular kinematic using Polhemus 3Space Fastrak system and they removed and  
276 reattached the sensors between raters in 9 subjects without shoulder symptoms. The authors  
277 found ICC (2,1) for scapular motion ranging from 0.69 to 0.95 depending on specific scapular  
278 rotation and arc of elevation. The results of this study compare favorably to those from McClure  
279 et al (2004)<sup>18</sup> as in our control group the test-retest reliability for all scapular movements was  
280 also good or very good. In our study, the only scapular movement which demonstrated moderate  
281 test-retest reliability was posterior tilt, especially during lowering of the arm at 90° and 60° in  
282 symptomatic subjects. It is important to highlight that scapular dyskinesia is usually observed  
283 during lowering of the arm when eccentric controlled motion of the scapula is necessary. As  
284 such, the inferior angle of the scapula usually becomes more prominent in this phase which is  
285 suggestive of alteration in scapular tilt. Therefore, the results of this study support the use of 3-D  
286 scapular evaluation with Flock of Birds® system to measure shoulder kinematic alteration over  
287 time in asymptomatic subjects and subjects with impingement symptoms.

288 McClure et al (2004)<sup>18</sup> also reported mean errors associated with skin-mounted sensors  
289 during scapular plane elevation over the full range of elevation and found 4.2° for upward  
290 rotation, 3.2° for internal rotation and 4.7° for posterior tilt. Ludewig and Cook (2000)<sup>14</sup>  
291 calculated the SEM for between-days comparison for 5 of their subjects for all angular variables

292 and reported  $3.3^\circ$  or less for all phases and load conditions in asymptomatic subjects. Our data  
293 show higher SEM values (from  $3.09^\circ$  to  $7.23^\circ$ ) as compared to the previous studies. This  
294 difference can be due to some important methodological differences. First, McClure et al (2004)  
295 and Ludewig et al (2000) used only a subset of their subjects to calculate errors of measurement  
296 and our sample size is significantly bigger. Second, these authors showed SEMs values for  
297 asymptomatic subjects while our higher SEMs values were observed in subjects with shoulder  
298 impingement, which could be related with scapular dyskinesia observed in these subjects and  
299 represent more variation on scapular kinematic especially during upper degrees of humeral  
300 movement. As mentioned by McClure et al (2004), the amount of error is dependent on the range  
301 of elevation. These authors also observed  $12.6^\circ$  of error for posterior tilt in  $150^\circ$  of arm  
302 elevation. Third, a qualitative analysis of SEMs values from elevation and lowering of the arm  
303 shows that most of them are bigger during lowering than elevation of the arm, what again could  
304 be related to scapular dyskinesia usually observed when eccentric controlled motion of the  
305 scapula is necessary.

306 The current investigation also brings the MDC 90% values for scapular rotations ranging  
307 approximately from  $9^\circ$  to  $17^\circ$  depending on the humeral angle. It is possible to note on table 3  
308 that MDC increase between days as humeral angles are higher. We believe that change  
309 exceeding the MDC may represent true change not representing chance variation in  
310 measurement. However, researchers should be very cautious when assessing 3-D scapular  
311 kinematics once it is known that many factors can influence on the measurement such as skin-  
312 slip errors, placement of scapular sensor, digitizing variations and difficulty in palpating the  
313 bony landmark<sup>22, 25</sup>.



314 The test-retest reliability ICCs during elevation and lowering of the arm demonstrates that  
315 better reliability of data is obtained at lower angles of elevation or lowering in both groups for  
316 internal and upward rotation of the scapula. This pattern was not observed for posterior tilt which  
317 suggests that this motion can be more difficult to track consistently between days because of  
318 difficulty in palpating the inferior angle of the scapula.

319 Very good test-retest reliability for assessing rest position of the scapula relative to the  
320 thorax in healthy subjects supports the use of 3-D kinematic evaluation in asymptomatic  
321 individuals in order to compare with subjects with shoulder symptoms. Furthermore, very good  
322 reliability was shown for test-retesting internal and upward-downward rotation of the scapula at  
323 rest position in subjects with impingement symptoms. Anterior tilt rest position of symptomatic  
324 subjects demonstrated moderate test-retest reliability indicating that this rotation can be more  
325 variable in people with shoulder pain. It should also be considered that scapular tilt can be easily  
326 influenced by posture as studies have demonstrated that slightly increase in thoracic flexion can  
327 position the scapula in more anterior tilt<sup>5,10</sup>. Measurements of mean upward/downward rotation,  
328 internal rotation and anterior tipping angles at rest position in the symptomatic group are  
329 consistent with the results of previous investigations<sup>14,15</sup> and support its uses in order to evaluate  
330 scapular rest position over time, for example before and after any shoulder intervention.

331 The current study has some limitations. Collecting kinematic motion with surface sensors  
332 provide errors associated with skin motion during data collection, however we believe that these  
333 errors may be included on SEM values. Test-retest reliability of scapular measures with skin  
334 based sensors could be influenced by digitizing variations and difficulty of palpating scapular  
335 bone landmarks. The results of this study can be generalizable to asymptomatic subjects and  
336 individuals with shoulder impingement symptoms, but not for other shoulder pathologies.

337 Further investigations should assess if experience of the evaluator has influence on the  
338 measurement.

339 This is the first study to provide evidence of intrarater and test-retest reliability for scapular  
340 motion in individuals with and without shoulder impingement symptoms during elevation and  
341 lowering of the arm and at rest position. Our results support the reliability of Flock of Birds®  
342 electromagnetic device and its reproducibility in measuring scapular 3-D motion during  
343 elevation and lowering of the arm and at rest position in asymptomatic subjects and those with  
344 impingement symptoms. These results also confirm the use of scapular 3-D evaluation to  
345 measure kinematic alterations over time and facilitate clinical interpretation of kinematic  
346 changes during rehabilitation protocols.

347

#### 348 **KEY POINTS**

349 **Findings:** 3-D scapular kinematic can be tested in subjects with and without impingement  
350 symptoms, using Flock of Birds, with adequate intrarater and test-retest reliability for research  
351 and clinical use.

352 **Implications:** Scapular 3-D motion is reproducible with Flock of Birds electromagnetic device  
353 and clinicians may use the information contained in this study to determine whether the change  
354 they see between testing sessions is reflective of true change rather than random error.

355 **Caution:** These results are not generalizable for other shoulder pathologies. Multiple raters  
356 introduce the risk of bias due to rater. The expected impact of this is underestimation of the true  
357 reliability of the device.

358

#### 359 **REFERENCES**

- 360 1. Altman DG, Schulz KF, Moher D, et al. The revised CONSORT statement for reporting  
361 randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med.* 2001;134:663-694.
- 362 2. An K, Korineck S, Kilpela T, Edis S. Kinematic and kinetic analysis of push-up exercise.  
363 *Biomed Sci Instrum.* 1990;26:53-57.
- 364 3. Beckerman H, Roebroek ME, Lankhorst GJ, Becher JG, Bezemer PD, Verbeek AL.  
365 Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual Life Res.*  
366 2001;10:571-578.
- 367 4. Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and  
368 lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech.* 2002;17:650-659.
- 369 5. Culham E, Peat M. Functional anatomy of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys*  
370 *Ther.* 1993;18:342-350.
- 371 6. Hawkins RJ, Kennedy JC. Impingement syndrome in athletes. *Am J Sports Med.*  
372 1980;8:151-158.
- 373 7. Hung CJ, Jan MH, Lin YF, Wang TQ, Lin JJ. Scapular kinematics and impairment features  
374 for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Man Ther.* 2010;15:547-  
375 551.
- 376 8. Inman VT, Saunders JBDM, Abbott LC. Observation of the function of the shoulder joint.  
377 *J Bone Joint Surg Am.* 1944;26:1-30.
- 378 9. Jobe FW, Moynes DR. Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for  
379 rotator cuff injuries. *Am J Sports Med.* 1982;10:336-339.
- 380 10. Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion,  
381 strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil.*  
382 1999;80:945-950.

- 383 11. Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation.  
384 *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2005;84:719-723.
- 385 12. Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, Spoden SM, Wilson LA. Three-dimensional  
386 clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports*  
387 *Phys Ther*. 2004;34:140-149.
- 388 13. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: biomechanical considerations in  
389 rehabilitation. *Man Ther*. 2011;16:33-39.
- 390 14. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity  
391 in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*. 2000;80:276-291.
- 392 15. Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and  
393 muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*.  
394 1996;24:57-65.
- 395 16. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint  
396 pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39:90-104.
- 397 17. Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-  
398 Dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder  
399 impingement. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;29:574-586.
- 400 18. McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A. Shoulder function and 3-  
401 dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a  
402 6-week exercise program. *Phys Ther*. 2004;84:832-848.
- 403 19. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular  
404 kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther*.  
405 2006;86:1075-1090.

- 406 20. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a  
407 preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:41-50.
- 408 21. Neer CS. Impingement lesions. *Clin Orthop.* 1983;173:70-77.
- 409 22. Scibek JS, Carcia CR. Validation and repeatability of a shoulder biomechanics data  
410 collection methodology and instrumentation. *J Appl Biomech.* 2012 [Epub ahead of print];
- 411 23. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol*  
412 *Bull.* 1979;86:420-428.
- 413 24. Teece RM, Lunden JB, Lloyd AS, Kaiser AP, Cieminski CJ, Ludewig PM. Three-  
414 dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports*  
415 *Phys Ther.* 2008;38:181-190.
- 416 25. Thigpen CA, Gross MT, Karas SG, Garrett WE, Yu B. The repeatability of scapular  
417 rotations across three planes of humeral elevation. *Res Sports Med.* 2005;13:181-198.
- 418 26. van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, Bouter LM. Shoulder disorders in general  
419 practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis.*  
420 1995;54:959-964.
- 421 27. Warner JJP, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic motion in  
422 normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome.  
423 *Clin Orthop Relat Res.* 1992;285:191-199.
- 424 28. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the Intraclass Correlation Coefficient and  
425 the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2005;19:231-240.
- 426 29. Wu G, Helm FCvd, Veeger HE, et al. ISB recommendation on definitions of joint  
427 coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion - Part II:  
428 shoulder, elbow, wrist and hand. *J Biomech.* 2005;38:981-992.

- 429 30. Yano Y, Hamada J, Tamai K, et al. Different scapular kinematics in healthy subjects  
430 during arm elevation and lowering: Glenohumeral and scapulothoracic patterns. *J Shoulder*  
431 *Elbow Surg.* 2010;19:29-09-215.
- 432 31. Yoshizaki K, Hamada J, Tamai K, Sahara R, Fujiwara T, Fujimoto T. Analysis of the  
433 scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation  
434 and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *J Shoulder Elbow*  
435 *Surg.* 2009;18:756-763.
- 436
- 437

Review Copy

TABLE 1. Demographic characteristic of the subjects.

	Intrarater reliability (n=49)		Test-retest reliability (n=43)	
	Control group (n=23)	Impingement group (n=26)	Control group (n=19)	Impingement group (n=24)
<b>Age (years)</b>	27.77 ± 6.84	29.65 ± 9.09	28.11 ± 7.29	29.92 ± 9.40
<b>Weight (Kg)</b>	62.66 ± 11.22	76.50 ± 13.55	62.66 ± 11.89	75.92 ± 13.96
<b>Height (m)</b>	1.67 ± 0.09	1.73 ± 0.10	1.66 ± 0.09	1.73 ± 0.10
<b>BMI (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	22.33 ± 2.65	25.42 ± 3.45	22.59 ± 2.76	25.39 ± 3.55
<b>Evaluated shoulder</b>	7 dominant 16 non-dominant	16 dominant 10 non-dominant	4 dominant 15 non-dominant	16 dominant 8 non-dominant
<b>Time of pain (months)</b>	-	41.62 ± 64.82	-	42.04 ± 66.85
<b>Time between evaluations (days)</b>	-	-	3.24 ± 1.17	3.42 ± 0.71

Quantitative data are mean ± standard deviation.

**TABLE 2.** Intrarater reliability among repeated measures for assessing scapular rotations during arm elevation and lowering of the arm on sagittal plane for control and impingement groups.

	Scapular internal rotation		Scapular upward rotation		Scapular tilt	
	ICC (95% CI)	SEM*	ICC (95% CI)	SEM*	ICC (95% CI)	SEM*
<b>Control group (n=23)</b>						
<b>Elevation</b>						
30°	0.97 (0.95-0.99)	1.23	0.97 (0.95-0.99)	1.58	0.99 (0.98-0.99)	0.86
60°	0.97 (0.94-0.98)	1.43	0.95 (0.89-0.97)	2.27	0.99 (0.98-0.99)	0.92
90°	0.96 (0.92-0.98)	1.85	0.94 (0.87-0.97)	2.60	0.99 (0.98-1.00)	1.02
120°	0.98 (0.97-0.99)	1.64	0.96 (0.92-0.98)	1.91	0.99 (0.98-0.99)	1.20
<b>Lowering</b>						
120°	0.99 (0.98-0.99)	1.40	0.94 (0.89-0.97)	2.16	0.99 (0.98-0.99)	1.16
90°	0.98 (0.96-0.99)	1.63	0.93 (0.85-0.96)	3.07	0.98 (0.97-0.99)	1.42
60°	0.97 (0.94-0.98)	1.46	0.95 (0.91-0.98)	2.86	0.98 (0.97-0.99)	1.49
30°	0.97 (0.95-0.99)	1.24	0.97 (0.94-0.99)	2.20	0.98 (0.96-0.99)	1.40
<b>Impingement group (n=26)</b>						
<b>Elevation</b>						
30°	0.98 (0.98-0.99)	1.38	0.97 (0.94-0.98)	1.72	0.97 (0.95-0.99)	1.43
60°	0.98 (0.96-0.99)	1.57	0.95 (0.91-0.97)	2.50	0.98 (0.97-0.99)	1.23
90°	0.98 (0.96-0.99)	2.02	0.95 (0.90-0.97)	3.01	0.98 (0.96-0.99)	1.67
120°	0.98 (0.97-0.99)	2.53	0.97 (0.95-0.98)	2.48	0.99 (0.98-0.99)	1.78
<b>Lowering</b>						
120°	0.98 (0.97-0.99)	2.68	0.96 (0.92-0.98)	2.79	0.99 (0.98-0.99)	1.74
90°	0.99 (0.98-0.99)	1.92	0.92 (0.86-0.96)	3.17	0.98 (0.97-0.99)	1.61
60°	0.98 (0.97-0.99)	1.86	0.95 (0.91-0.98)	2.69	0.97 (0.95-0.98)	1.79
30°	0.98 (0.96-0.99)	1.61	0.98 (0.96-0.99)	1.93	0.98 (0.97-0.99)	1.31

Abbreviations: ICC, Intraclass Correlation Coefficient; CI, confidence interval; SEM, standard error of measurement.

\*all units are in degrees.



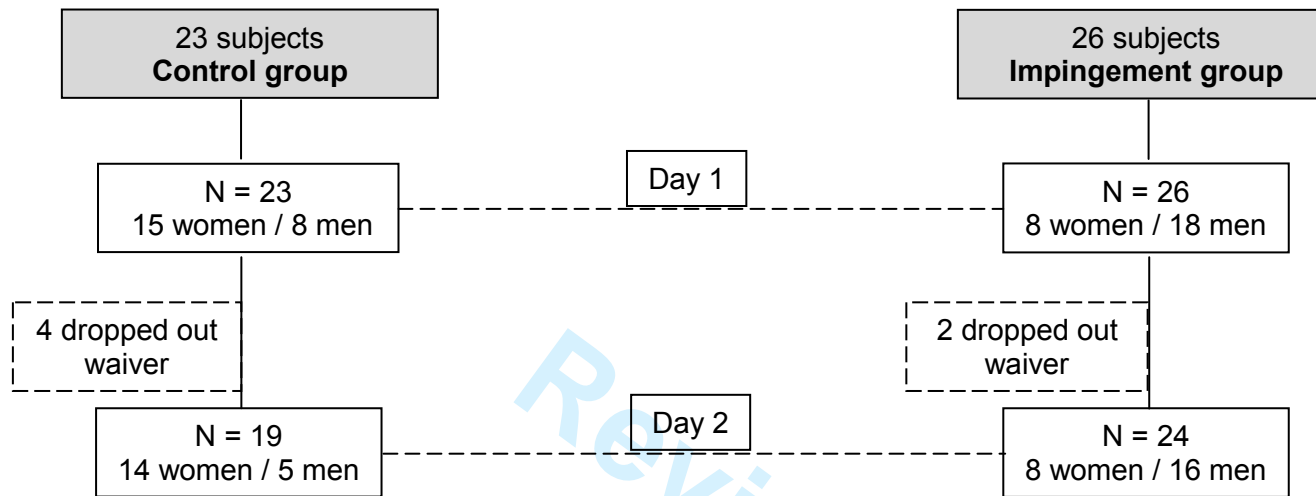
**TABLE 3.** Test-retest reliability for assessing scapular rotations during elevation and lowering of the arm on sagittal plane for control and impingement groups.

Control group (n=19)			Impingement group (n=24)			
	ICC (95% CI)	SEM*	MDC (95% CI)*	ICC (95% CI)	SEM*	MDC (95% CI)*
<b>Scapular internal rotation</b>						
<b>Elevation</b>						
30°	0.71 (0.26-0.89)	3.64	8.44	0.77 (0.48-0.90)	3.62	8.41
60°	0.71 (0.26-0.89)	3.81	8.84	0.75 (0.43-0.89)	4.16	9.66
90°	0.77 (0.40-0.91)	4.29	9.95	0.76 (0.44-0.96)	5.37	12.47
120°	0.82 (0.53-0.93)	5.79	13.43	0.84 (0.63-0.93)	7.02	16.28
<b>Lowering</b>						
120°	0.84 (0.58-0.93)	6.07	14.08	0.85 (0.65-0.93)	7.09	16.44
90°	0.81 (0.51-0.93)	4.79	11.10	0.83 (0.61-0.92)	5.60	13.00
60°	0.71 (0.24-0.89)	4.36	10.11	0.82 (0.59-0.92)	4.38	10.16
30°	0.58 (-0.08-0.84)	4.33	10.04	0.80 (0.54-0.91)	3.83	8.89
<b>Scapular upward rotation</b>						
<b>Elevation</b>						
30°	0.72 (0.27-0.89)	4.21	9.76	0.83 (0.60-0.92)	4.04	9.37
60°	0.79 (0.46-0.92)	4.50	10.43	0.79 (0.52-0.91)	4.45	10.32
90°	0.78 (0.42-0.91)	5.31	12.31	0.66 (0.22-0.85)	5.98	13.87
120°	0.70 (0.22-0.88)	6.79	15.76	0.59 (0.05-0.82)	7.23	16.78
<b>Lowering</b>						
120°	0.75 (0.36-0.90)	6.10	14.16	0.64 (0.16-0.84)	6.53	15.15
90°	0.84 (0.58-0.94)	4.88	11.33	0.73 (0.37-0.88)	5.61	13.02
60°	0.88 (0.70-0.95)	4.11	9.54	0.83 (0.60-0.92)	4.96	11.51
30°	0.78 (0.43-0.91)	4.42	10.25	0.85 (0.65-0.93)	4.70	10.90
<b>Scapular tilt</b>						
<b>Elevation</b>						

<b>30°</b>	0.73 (0.27-0.90)	3.37	7.81	0.61 (0.11-0.83)	4.05	9.40
<b>60°</b>	0.77 (0.39-0.91)	3.53	8.20	0.66 (0.21-0.85)	4.12	9.57
<b>90°</b>	0.74 (0.31-0.90)	4.90	11.37	0.55 (-0.02-0.81)	5.99	13.89
<b>120°</b>	0.74 (0.30-0.90)	5.51	12.77	0.69 (0.30-0.87)	7.44	17.27
<b>Lowering</b>						
<b>120°</b>	0.64 (0.06-0.87)	6.01	13.94	0.73 (0.37-0.88)	7.20	16.71
<b>90°</b>	0.72 (0.25-0.89)	5.16	11.97	0.54 (-0.06-0.80)	6.96	16.15
<b>60°</b>	0.77 (0.39-0.91)	4.37	10.13	0.54 (-0.05-0.80)	5.36	12.43
<b>30°</b>	0.79 (0.45-0.92)	3.60	8.34	0.61 (0.10-0.83)	4.49	10.41
<b>Rest position</b>						
<b>Internal rotation</b>	0.95 (0.87-0.98)	4.95	11.50	0.83 (0.60-0.92)	3.09	7.17
<b>Upward rotation</b>	0.80 (0.47-0.92)	3.74	8.69	0.82 (0.59-0.92)	3.78	8.78
<b>Tilt</b>	0.81 (0.48-0.93)	2.77	6.43	0.66 (0.21-0.85)	3.38	7.85

Abbreviations: ICC, Intraclass Correlation Coefficient; CI, confidence interval; SEM, standard error of measurement; MDC, minimum detectable change.

\*all units are in degrees.



**FIGURE 1.** Flow diagram describing the number of subjects evaluated in each session and group. The difference in sample size in each day was explained by their desire to drop out of the study.

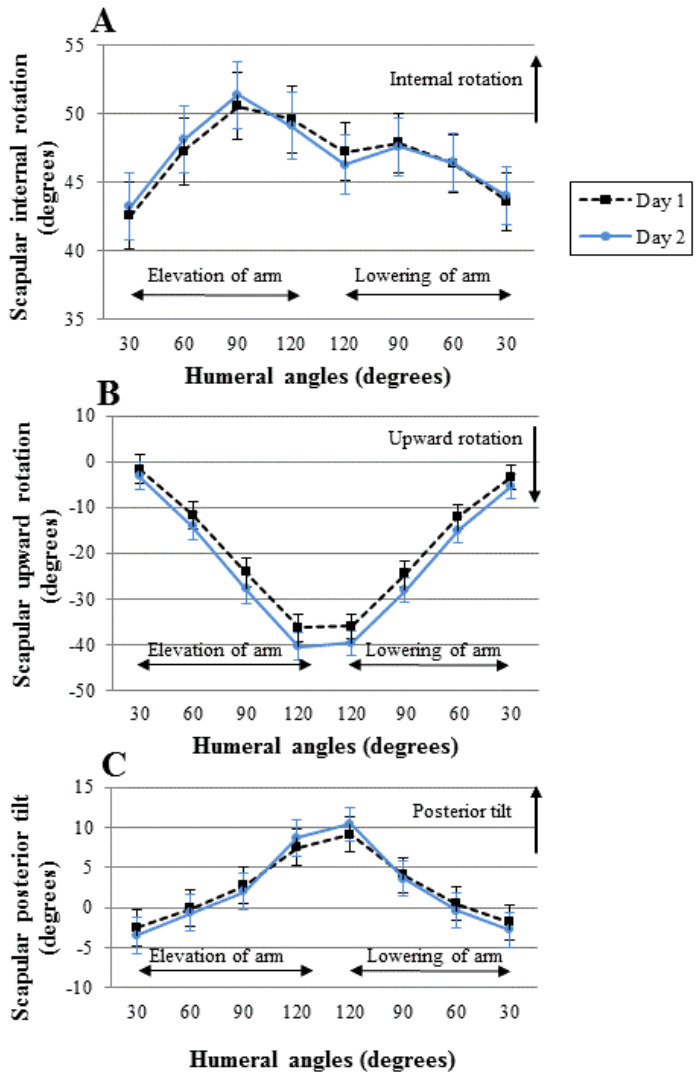
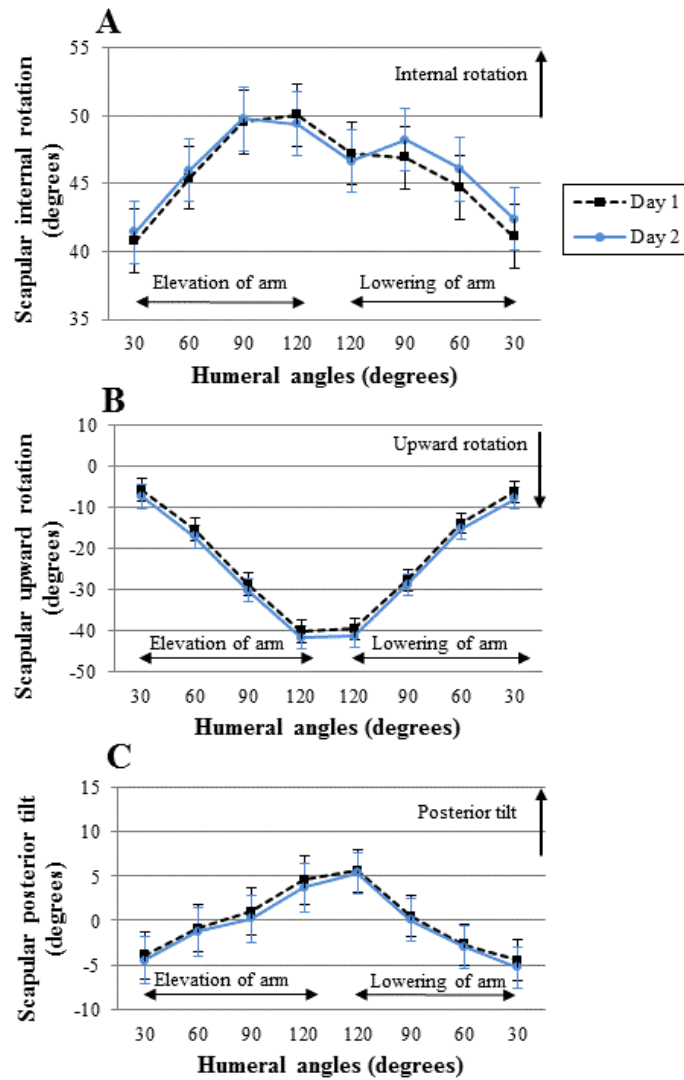
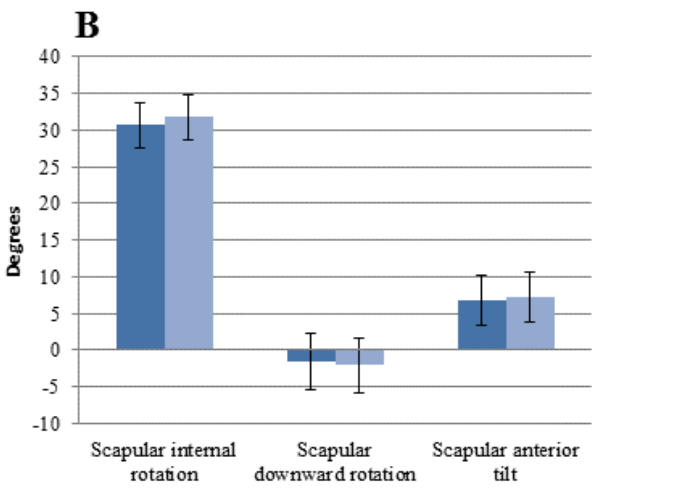
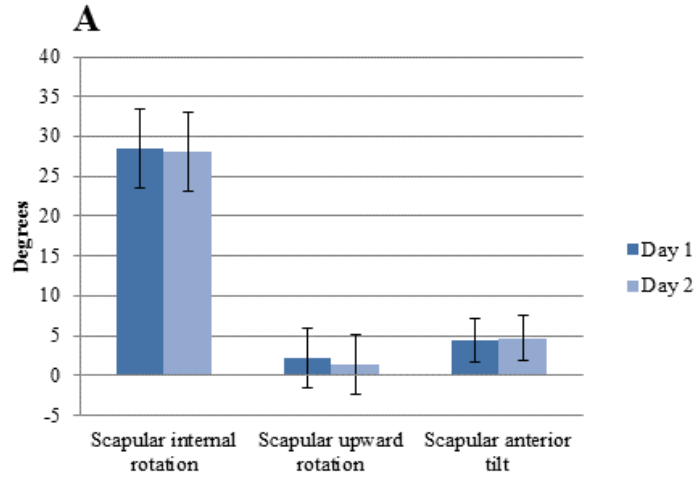


FIGURE 2. Mean and standard error values for scapular internal/external rotation (A), upward/downward rotation (B) and anterior/posterior tilt (C) for control group for both days of evaluation.



**FIGURE 3.** Mean and standard error values for scapular internal/external rotation (A), upward/downward rotation (B) and anterior/posterior tilt (C) for impingement group for both days of evaluation.



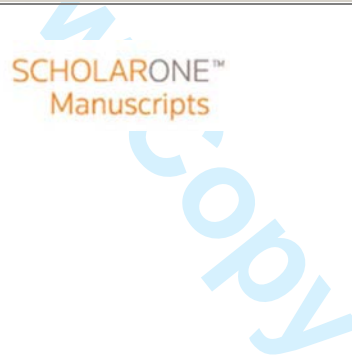
**FIGURE 4.** Mean and standard error values for scapular internal/external rotation, upward/downward rotation and anterior/posterior tilt at rest position for both days of evaluation for control group (A) and impingement group (B).

**ANEXO II**



**SCAPULAR KINEMATICS AT PRE- POST THORACIC  
MANIPULATION IN SUBJECTS WITH AND WITHOUT  
IMPINGEMENT SYMPTOMS – RANDOMIZED CONTROLLED  
STUDY**

Journal:	<i>Journal of Orthopaedic &amp; Sports Physical Therapy</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Categories:	Research Report
Key Words:	spine, rehabilitation, shoulder impingement syndrome, manual therapy





**SCAPULAR KINEMATICS AT PRE- POST THORACIC MANIPULATION  
IN SUBJECTS WITH AND WITHOUT IMPINGEMENT SYMPTOMS –  
RANDOMIZED CONTROLLED STUDY**

Melina N. Haik, PT<sup>1</sup>, Francisco Albuquerque-Sendín, PT, PhD<sup>2</sup>, Ivana L. Ribeiro,  
PT<sup>1</sup>, Aristides L. Siqueira-Junior, PT<sup>1</sup>, Caroline Z. Silva<sup>1</sup>, Paula R. Camargo, PT,  
PhD<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Physical Therapist, Federal University of São Carlos, São Carlos, SP, Brazil

<sup>2</sup> Associate Professor, University of Salamanca, Salamanca, Spain

<sup>3</sup> Associate Professor, Methodist University of Piracicaba, Piracicaba, SP, Brazil;  
Collaborator Professor, Federal University of São Carlos, São Carlos, SP, Brazil

This study was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

This study was approved by the Institutional Review Boards of the Federal University of São Carlos.

Address correspondence to Paula Rezende Camargo, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Metodista de Piracicaba, Rodovia do Açúcar, km 156  
CEP: 13400-901, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail address:

[paularezendecamargo@gmail.com](mailto:paularezendecamargo@gmail.com)

Phone: +55 19 3124-1558 Fax: +55 19 3124-1503

**SCAPULAR KINEMATICS AT PRE- POST THORACIC MANIPULATION IN SUBJECTS WITH AND WITHOUT IMPINGEMENT SYMPTOMS – RANDOMIZED CONTROLLED STUDY**

**Financial disclosure and conflict of interest.** We affirm that we have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in attachment.

**Acknowledgments:** The authors would like to thank the volunteers who participated in this study and the financial assistance provided by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Review Copy

1 **ABSTRACT**

2 **STUDY DESIGN:** Randomized controlled laboratory study.

3 **OBJECTIVE:** To evaluate the immediate effects of a low-amplitude and high-velocity  
4 thoracic spine manipulation (TSM) on pain and scapular kinematics during elevation and  
5 lowering of the arm in subjects with and without shoulder impingement syndrome (SIS).

6 **BACKGROUND:** Considering the regional interdependence among shoulder, thoracic and  
7 cervical spine, the TSM may be effective to treat subjects with SIS improving pain and  
8 function. However, there is lack of information about the effects of TSM on scapular  
9 kinematics.

10 **METHODS:** Fifty subjects ( $31.76 \pm 10.91$  years) with SIS and 47 subjects ( $25.76 \pm 5.01$   
11 years) asymptomatic for shoulder dysfunctions were randomly assigned to one of the  
12 groups: manipulation or *sham*. Scapular kinematics was analyzed during elevation and  
13 lowering of the arm in the sagittal plane and a numeric pain rating scale was used to assess  
14 shoulder pain during arm movement at pre- and post-intervention.

15 **RESULTS:** Subjects with SIS experienced reduced shoulder pain (from 3.29 to 2.45,  
16  $p < 0.01$ ) during arm movement immediately after TSM. Subjects with and without SIS who  
17 received TSM and asymptomatic subjects who received *sham* intervention showed  
18 significant increase in scapular upward rotation at post-intervention. Increase in scapular  
19 anterior tilt at post-manipulation was also observed in asymptomatic subjects who received  
20 TSM.

21 **CONCLUSION:** These immediate post-manipulation results suggest that TSM is  
22 associated with improved shoulder pain and scapular upward rotation in subjects with SIS.  
23 Although with questionable clinical relevance, TSM may not be immediately favorable to  
24 scapular tilt in asymptomatic subjects.

25 **Level of Evidence:** Therapy, Level 1b

26 *J Orthop Sports Phys Med 2013;X:xxx-xxx.*

27 **KEY WORDS:** *spine; rehabilitation; shoulder impingement syndrome; manual therapy*

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

Review Copy

## 50 INTRODUCTION

51 Shoulder pain is a common and debilitating condition and its prevalence is only  
52 overcome by low back pain<sup>8, 37, 56</sup>. Shoulder impingement syndrome (SIS) is the most  
53 frequently complain that affect the shoulder and accounts for 44-65% of all cases of  
54 shoulder pain<sup>56</sup>.

55 Decreased scapular upward rotation and posterior tilt and increased scapular internal  
56 rotation were already described during arm elevation in subjects with impingement  
57 symptoms compared to asymptomatic subjects<sup>31-34</sup>. These kinematic alterations are usually  
58 associated with reduced activation of middle and lower serratus anterior and lower  
59 trapezius, as well as excess upper trapezius activation<sup>33, 46</sup>.

60 Systematic reviews clearly support the efficacy of therapeutic exercises for shoulder  
61 impingement rehabilitation<sup>25, 38</sup> and the results of randomized trials have indicated that  
62 manual therapy associated to therapeutic exercises seems to reach better improvements on  
63 shoulder pain, function, range of motion and muscle activity<sup>4, 5, 21, 49, 53, 61</sup>. High-velocity  
64 and low-amplitude thoracic spine manipulation (TSM) is among the different techniques of  
65 manual therapy applied on the treatment of shoulder conditions. Then, some studies have  
66 tried to isolate the effects of TSM on shoulder pain and dysfunction to better understand its  
67 effectiveness<sup>7, 52</sup>.

68 Clinical rationale for using TSM on shoulder treatment is based on the regional  
69 interdependence theory described by Wainner et al (2001)<sup>57</sup> which correlates seemingly  
70 unrelated impairments in a remote anatomical region with patient's primary complaint<sup>57, 58</sup>.  
71 This concept has been supported by recent clinical trials with focus on the effects of spine  
72 manipulation in regions of the body adjacent to the manipulated segment<sup>10, 11, 13, 15, 17</sup> and  
73 by evidences of reduced mobility of upper thoracic segments related to neck-shoulder pain

74 <sup>43, 44</sup>. Other clinical trials showed improvements on shoulder range of motion, pain and  
75 function after a TSM <sup>5, 7, 52</sup>. Improvements on lower trapezius muscle strength were also  
76 demonstrated in asymptomatic subjects after a TSM <sup>9</sup>. There are three evidences of TSM  
77 applied specifically in subjects with shoulder impingement symptoms in which pain  
78 reduction and better function were observed after the intervention <sup>7, 41, 52</sup>, however any of  
79 them included a control group for comparison.

80         Only one study has assessed the effects of TSM on scapular kinematics and muscle  
81 activity and suggested that the immediate improvements on pain and function are not  
82 explained by alterations in scapular kinematics or shoulder muscle activity <sup>41</sup>. The reason  
83 why a TSM might produce effects in other body regions is not fully understood and is topic  
84 of debate. It is believed that neurophysiological effects of manipulation and other  
85 biomechanical changes are possibly the cause of regional interdependence in consequence  
86 of the inflow of sensory information on the central nervous system <sup>47, 59</sup>. An experimental  
87 body of evidence exists indicating that spinal manipulation impacts primary afferent  
88 neurons from paraspinal tissues, the motor control system and pain processing <sup>47</sup>. Apart  
89 from what exactly happens as a result of spinal manipulation, regional interdependence is  
90 an agreement concept between experts and should be considered in clinical decision-  
91 making <sup>58</sup>.

92         Although physiological and biomechanical effects are believed to result from TSM,  
93 its contribution to shoulder rehabilitation is not clear and further studies evaluating the  
94 effectiveness of TSM to treat shoulder conditions are necessary <sup>4, 5, 7, 21, 49, 53, 61</sup>. We  
95 hypothesized that the TSM would cause changes in scapular kinematics and reduce pain in  
96 subjects with impingement symptoms compared to asymptomatic subjects. Based on  
97 regional interdependence theory and neurophysiological effects of spine manipulation, the

98 purpose of this study was to evaluate the immediate effects of a TSM on shoulder pain and  
99 scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement.

100

## 101 **METHODS**

### 102 **Subjects**

103 Ninety-seven subjects participated in the study and were divided in 4 groups:  
104 manipulation impingement group (n=25), *sham* impingement group (n=25), manipulation  
105 asymptomatic group (n=24) and *sham* asymptomatic group (n=23) (Figure 1). Fliers in the  
106 university premises, orthopedic clinics and community public places were used to recruit  
107 symptomatic subjects. Asymptomatic subjects without shoulder symptoms and impairments  
108 were recruited from the university and surrounding community as well as through personal  
109 contacts of the investigators. The basic descriptive characteristics of the subjects are given  
110 in Table 1.

111 The diagnosis for shoulder impingement was made based on a clinical screening  
112 examination and self-reported orthopaedic history of the subjects. To be classified as  
113 having SIS, they had to present at least 3 of the following conditions: positive Neer  
114 impingement test <sup>42</sup>, positive Hawkins impingement test <sup>18</sup>, positive Jobe test <sup>24</sup>, pain with  
115 passive or isometric resisted lateral rotation <sup>36</sup>, pain with active shoulder elevation <sup>23</sup>, pain  
116 with palpation of rotator cuff tendons, and pain in C5 or C6 dermatome region <sup>36</sup>. A recent  
117 review <sup>19</sup> suggests that combinations of shoulder tests provide better accuracy. Three  
118 positive tests have best ability to confirm shoulder impingement <sup>39</sup>. Also, all subjects  
119 needed to be able to reach near 150° of arm elevation as evaluated by visual observation.

120 Exclusion criteria were: pregnancy, systemic illnesses, physical therapy or  
121 manipulative treatment 6 months prior to evaluation, signs of complete rotator cuff tear or



122 acute inflammation, cervical-thoracic spine related symptoms, scoliosis, glenohumeral  
123 instability (positive Apprehension, anterior drawer, or Sulcus test <sup>36</sup>), previous upper  
124 extremity fracture or shoulder surgery. Asymptomatic subjects were excluded if present:  
125 scoliosis, any complain for cervical, thoracic or shoulder pain, any positive test for shoulder  
126 impingement <sup>18, 24, 42</sup> or instability <sup>36</sup>, history of fractures on upper extremity, pregnancy or  
127 systemic illnesses. This study was approved by Ethics Committee of the University. The  
128 subjects gave their written and informed consent agreement to participate in this study,  
129 which was conducted according to the Helsinki Statement.

130 Only the symptomatic shoulder was evaluated in subjects with shoulder  
131 impingement, and for the asymptomatic group the side was randomly determined with a  
132 randomization list created by a computer program.

### 133 **Pain and function evaluation**

134 Shoulder pain and function were assessed using the Disability of the Arm, Shoulder  
135 and Hand (DASH) Questionnaire <sup>45</sup> and Western Ontario Rotator Cuff Index (WORC) <sup>28, 29</sup>  
136 for all subjects at the beginning of the session. Both questionnaires are valid and reliable  
137 measurement tools for assessing health-quality of life in subjects with upper limbs  
138 symptoms <sup>45</sup> and rotator cuff diseases <sup>28</sup>. The DASH Questionnaire contains 30 questions  
139 designed to measure physical function, symptoms and social function. The questionnaire  
140 score was calculated by applying an established formula <sup>22</sup> and total score ranges from 0 to  
141 100, such that 0 is the best score and 100 is the worst score. The WORC is a self-reported  
142 questionnaire with 21 items in 5 life and health domains (physical symptoms,  
143 sports/recreation, work, lifestyle and emotions). Each question has a possible score from 0  
144 to 100 (100 mm Visual Analogic Scale), each domain can be scored separately and the total  
145 score ranges from 0 to 2100 <sup>28</sup>. Table 2 shows the score of the questionnaires for all groups.

146 Pain was also assessed before and immediately after the intervention during complete  
147 elevation and lowering of the arm in all groups using a numeric pain rating scale (NPRS).  
148 The score ranges from 0 (without pain) to 10 (worst pain) and was asked after each trial of  
149 arm elevation at pre- and post-intervention. The NPRS has been shown to be a valid and  
150 reliable tool for subjects with shoulder pain<sup>40</sup> and the meaningful clinically important  
151 difference for the NPRS has been estimated to be 2 points<sup>16</sup>.

### 152 **3-D Kinematics**

153 For 3-D measurements, data capture and analysis were completed using Flock of  
154 Birds® (miniBird®) hardware (Ascension Technology Corporation, Burlington, VT)  
155 integrated with MotionMonitor™ software (Innovative Sports Training, Inc. Chicago, IL).  
156 The Flock of Birds® is a DC electromagnetic tracking device able to locate multiple  
157 sensors relative to a source transmitter. The transmitter produces an electromagnetic field  
158 that induces current into sensors with 3 embedded orthogonal coils. The 3-D position and  
159 orientation of each sensor was tracked simultaneously at sampling rate of 100 Hz. The  
160 sensors are small and lightweight (1.8 x 0.8 x 0.8 cm). In a metal free environment up to a  
161 76 cm distance from the transmitter the root mean square (RMS) accuracy of the system is  
162 0.5° for orientation and 0.18 cm for position, as reported by the manufacturer. One of the  
163 sensors is attached to a stylus with known offsets to digitize anatomical landmarks for  
164 building the joint coordinate systems.

165 The electromagnetic sensors were attached with double sided adhesive tape to the  
166 sternum, to the acromion of the scapula and to a thermoplastic cuff secured to the distal  
167 humerus to track humeral motion. These surface sensor placements have been previously  
168 used<sup>6, 30, 32, 36, 55</sup>. The subject stood with the arms relaxed at the side in a neutral position

169 with the transmitter directly behind the shoulder to be tested while bony landmarks on the  
170 thorax, scapula and humerus were palpated and digitized to allow transformation of the  
171 sensor data to local anatomically based coordinate systems. Thorax landmarks included the  
172 sternal notch, C7 spinous process, T8 spinous process and xiphoid process. Scapular  
173 landmarks included the root of the spine, posterolateral acromion and the inferior angle of  
174 the scapula. Humerus landmarks included the lateral and the medial epicondyles. The center  
175 of the humeral head was estimated by moving the arm passively through short arcs ( $<45^\circ$ ) to  
176 define the pivot point<sup>2</sup>. Local coordinate systems were established for the trunk, scapula and  
177 humerus using the digitized landmarks following the International Society of Biomechanics  
178 recommended protocol<sup>62</sup>.

179 The YXZ sequence was used to describe the scapular motions relative to the trunk. For  
180 the scapula, the rotations were described in the order of internal/external rotation,  
181 upward/downward rotation and anterior/posterior tilt. The humeral position with reference to  
182 the trunk was determined using the Y'XY'' sequence. The first rotation defined the plane of  
183 elevation, the second defined the humeral elevation angle, and the third defined  
184 internal/external rotation.

### 185 **Procedure**

186 Data collection was done with the subjects stood with their feet in a comfortable width  
187 apart, standing in front of the transmitter, relaxed with their arms at the side of the body.  
188 This position was maintained throughout the digitization and testing procedures.

189 Kinematic motion analysis involved selecting scapular data at  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  and  $120^\circ$   
190 of humerothoracic elevation and at  $120^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  and  $30^\circ$  of humerothoracic lowering. The  
191 sagittal plane was determined with a flat planar surface in  $90^\circ$  of arm elevation to ensure the

192 proper plane of elevation during the active flexion. During elevation, subjects were  
193 instructed to keep their thumbs pointing toward, to slide their hands on the board and to  
194 elevate their arms at a rate such that full elevation was accomplished over approximately 3  
195 seconds. Lowering was performed at the same rate. Three complete cycles of movement  
196 were carried out. Sensors were not removed or replaced between trials or interventions. Care  
197 was taken during the procedures to not move any of the sensors.

### 198 **Interventions**

199 Two randomization lists for the interventions (manipulation or sham) were created by  
200 a computer program: one for symptomatic and another for asymptomatic subjects.  
201 Interventions were administered by a physiotherapist with four years of experience in  
202 manual therapy. Subjects on the manipulation group received a TSM in the middle thoracic  
203 spine. The subject was positioned in the seated position with arms crossed over the chest  
204 and hands passed over the shoulders (1 hand on the opposite shoulder and 1 hand along rib  
205 cage). The therapist placed his upper chest at the level of the subject's middle thoracic  
206 spine and grasped the subject's elbows. Subject was asked to take a deep breath and relax.  
207 During the exhaling phase, gentle flexion of the thoracic spine was introduced together with  
208 anterior-posterior compression from therapist's hand and posterior-anterior compression  
209 from therapist's chest until a firm crisp end-feel (barrier) could be felt by the therapist in  
210 the tissues at the contact point between therapist's chest and patient's back. Then, a  
211 distraction thrust manipulation was applied in an upward direction (Figure 2). During the  
212 manipulation, the therapist listened for a cracking or popping sound. The therapist  
213 repositioned the subject and performed another manipulation if no popping was heard on  
214 the first attempt. A maximum of 3 attempts were performed on each subject.

215 The sham group was conducted with the same procedure as the manipulation group;  
216 however the high velocity thrust was not performed in these subjects.

217 Subjects were given incomplete information about the purpose of the study to control  
218 any effects that their expectations about the results would cause. Also, evaluator blinding  
219 was used in which there was no communication between evaluator and therapist with  
220 respect to the applied intervention. The evaluator responsible for managing the computer to  
221 register the kinematic data left the test room while the therapist applied assigned  
222 intervention, and went back to the room to register the kinematic data after the intervention.  
223 Same instructions were given to subjects in the manipulation and sham groups before the  
224 test session.

#### 225 **Data analysis**

226 Statistical analysis per protocol was conducted with the SPSS 17.0 package (SPSS,  
227 Chicago, IL, USA). Mean of the 3 trials at pre- and post-intervention was used for  
228 statistical analysis. Descriptive statistics (mean and standard error) were calculated for all  
229 dependent variables of the scapula (internal/external rotation, upward/downward rotation  
230 and posterior/anterior tilt) and pain scores. The Kolmogorov-Smirnov test was used to  
231 evaluate the distribution of data and all variables showed  $p > 0.05$ . Then, 2-factor ANOVA  
232 with time (pre- and post-) as within factor and group (manipulation/*sham* impingement and  
233 manipulation/*sham* asymptomatic) as between factor was performed to identify possible  
234 differences in pain scores. A 3-factor ANOVA was conducted for elevation and lowering,  
235 in separate, with time (pre- and post-) and angle (30°, 60°, 90° and 120°) as within factors  
236 and group (manipulation/*sham* impingement and manipulation/*sham* asymptomatic) as  
237 between factor to identify possible differences in each scapular rotation. If no interactions  
238 (time x angle x group; time x group) were observed, the main effect of group and time was

239 analyzed. The Tukey test was used for post-hoc analysis when necessary. The level of  
240 significance was set at 0.05 for all statistical analyses.

241 The relative reliability of each scapular motion was determined by calculating the  
242 Intraclass Correlation Coefficient (ICC) (2,1) for criterion measures intrarater reliability<sup>50</sup>  
243 comparing kinematic data of three trials of elevation and lowering of the arm for  
244 impingement and asymptomatic groups. For all analyses, the ICC values were considered:  
245 poor when below 0.20; fair from 0.21 to 0.40; moderate from 0.41 to 0.60; good from 0.61  
246 to 0.80; and very good from 0.81 to 1.00<sup>1</sup>. The absolute reliability was defined as the  
247 standard error of measurement (SEM) and minimum detectable change in 95% of  
248 confidence interval (CI) (MDC 95%)<sup>60</sup> calculated for elevation and lowering of the arm for  
249 impingement and asymptomatic groups. The SEM was calculated with the square root of  
250 the mean square error term from one-way analysis of variance<sup>27</sup> and the MDC was  
251 calculated multiplying the SEM value by 1.96 and by square root of 2<sup>60</sup>. The SEM data  
252 estimates the average error of the measurement for any given trial<sup>27</sup> and the MDC data is  
253 the difference needed between separated measures on a subject for the difference in the  
254 measures to be considered real<sup>60</sup>.

255 Intra-group effect sizes for all variables across elevation and lowering of the arm  
256 were calculated using Cohen's *d* coefficient<sup>12</sup> for both manipulation and *sham* groups. An  
257 ES greater than 0.8 was considered large, around 0.5 moderate, and less than 0.2 small<sup>12</sup>.

258

## 259 **RESULTS**

### 260 **Pain score**

261 A 2x4 mixed-model ANOVA revealed significant interaction of group by time (pre  
262 and post-manipulation) for the NPRS (F=4.28, p=0.007). Post-hoc analysis demonstrated

263 that manipulation impingement group experienced decreased shoulder pain during arm  
264 movement at post-manipulation compared with pre-manipulation (Figure 3). Cohen's *d*  
265 coefficient showed moderate effect ( $d=0.31$ ) of TSM on self-reported shoulder pain (Table  
266 3). One subject of manipulation asymptomatic group and one subject of *sham*  
267 asymptomatic group experienced pain (NPRS=1) during only one trial of elevation and  
268 lowering of the arm after intervention.

### 269 **Scapular internal rotation**

270 There was very good intrarater reliability for assessing scapular internal rotation  
271 during elevation and lowering of the arm (Table 4). The 3-factor interaction for elevation  
272 ( $F=0.09$ ,  $p>0.99$ ) and lowering ( $F=0.05$ ,  $p>0.99$ ) of the arm was not significant as well as  
273 group by time interactions and main effect of time (Figure 4). Cohen's *d* coefficient showed  
274 poor effect of TSM on internal rotation for all groups ( $d$  ranged from 0.03 to 0.11).

### 275 **Scapular upward rotation**

276 There was very good intrarater reliability for assessing scapular upward rotation  
277 during elevation and lowering of the arm (Table 4). The 3-factor interaction for elevation  
278 ( $F=0.36$ ,  $p=0.95$ ) and lowering ( $F=0.21$ ,  $p=0.99$ ) of the arm were not significant, but  
279 significant interaction of group by time (pre and post-intervention) was revealed during  
280 elevation ( $F=5.16$ ,  $p=0.02$ ) and lowering of the arm ( $F=4.14$ ,  $p=0.007$ ) (Figure 5). Post-hoc  
281 analysis demonstrated that both manipulation groups and *sham* asymptomatic group  
282 experienced significant increase in upward rotation during elevation of the arm at post-  
283 intervention and both manipulation groups showed significant decrease in downward  
284 rotation during lowering of the arm post-manipulation (Table 5). Cohen's *d* coefficient  
285 showed poor effect of TSM on upward rotation for manipulation and *sham* impingement  
286 groups and *sham* asymptomatic group ( $d$  ranged from 0.06 to 0.15) (Table 5).

## 287 **Scapular tilt**

288           There was very good intrarater reliability for assessing scapular tilt during elevation  
289 and lowering of the arm (Table 4). The 3-factor interaction for elevation ( $F=0.53$ ,  $p=0.84$ )  
290 and lowering ( $F=0.37$ ,  $p=0.94$ ) of the arm were not significant, but significant interaction of  
291 group by time (pre and post-intervention) was revealed during elevation ( $F=2.93$ ,  $p=0.034$ )  
292 and lowering of the arm ( $F=3.79$ ,  $p=0.011$ ) (Figure 6). Post-hoc analysis demonstrated that  
293 the manipulation asymptomatic group experienced an increase in anterior tilt during  
294 elevation and lowering of the arm at post-manipulation (Table 5). Cohen's  $d$  coefficient  
295 showed poor effect of TSM on scapular tilt for the manipulation asymptomatic group  
296 ( $d=0.17$  for elevation and  $d=0.12$  for lowering) (Table 5).

297

## 298 **DISCUSSION**

299           To our knowledge this is the first randomized-controlled clinical trial to directly  
300 compare the effectiveness of TSM on pain and scapular kinematics in asymptomatic and  
301 shoulder impingement subjects. The findings of the current study suggest that a single  
302 session of TSM directed to the middle thoracic spine results in immediate improvements in  
303 shoulder pain and moderate increasing in upward rotation of the scapula during elevation  
304 and lowering of the arm in subjects with shoulder impingement. Furthermore, our results  
305 revealed that a TSM can increase anterior tilt during elevation and lowering of the arm in  
306 asymptomatic subjects.

307           Considering the reliability of 3-D scapular kinematics, this study supports the  
308 intrarater reliability of assessing scapular kinematic motion in asymptomatic and shoulder  
309 impingement subjects and suggests repeatability of scapular motion during elevation and  
310 lowering of the arm in both populations using Flock of Birds® electromagnetic system.



311 Although spine manipulation usually targets a single vertebral level, the TSM  
312 technique chosen in this study was directed to a group of vertebrae on middle thoracic spine  
313 (T3-T7) and studies have shown that several levels are mobilized simultaneously even  
314 when targeting a single vertebral level <sup>26, 35</sup>. The choice of this TSM technique for this  
315 study was due to the presence of the cables of the electromagnetic sensors that limit the  
316 motion.

317 The significantly decrease in self-reported shoulder pain observed in the current  
318 study immediately after a TSM is in accordance with some investigations about the  
319 immediate effects of spinal manipulation <sup>7, 10, 11, 13, 17, 41, 52</sup>. Only two studies evaluated  
320 immediate effects of TSM on shoulder impingement and, although without any control  
321 group, both investigations showed reduced pain scores in subjects symptomatic for  
322 shoulder impingement after TSM techniques <sup>7, 41</sup>. Strunce et al (2009) <sup>52</sup> found decreased  
323 shoulder pain in subjects with primary complaints of shoulder pain after thoracic and rib  
324 manipulative therapy. Cleland et al (2005) <sup>10</sup>, Cleland et al (2007) <sup>11</sup> and Gonzalez-Iglesias  
325 et al (2009) <sup>17</sup> also demonstrated greater improvements in pain and disabilities in subjects  
326 with mechanical neck pain who received a TSM.

327 Although neurophysiological mechanisms underlying spinal manipulation are not  
328 completely known, there are some theories that explain how hypoalgesia occurs as a result  
329 of spinal manipulation. Some evidences indicate that the suddenly stretching produced by  
330 mechanical thrust could either stimulate or silence nociceptive and mechanosensitive nerve  
331 endings in paraspinal tissues, as skin, muscle, tendons, ligaments, facet joints and  
332 intervertebral disc <sup>35, 47</sup>. These neural inputs may activate the diffuse descending pain  
333 inhibitory system and influence pain-processing mechanism and other physiological  
334 mechanisms controlled by nervous system <sup>35, 47</sup>. Furthermore, it has been hypothesized that

335 serotonergic and noradrenergic receptors use descending inhibitory pathways to mediate an  
336 analgesic response from spinal manipulation<sup>51</sup>. This central nonspecific mechanism  
337 explains why pain can be relieved by nociceptive stimulation in another site. It is important  
338 to highlight that significant decrease in pain during shoulder movement in impingement  
339 subjects after TSM was under the meaningful clinically important difference for the NPRS  
340<sup>16</sup> and Cohen's *d* index showed moderate effect of spinal manipulation for pain decrease.  
341 According to Armijo-Olivo et al (2001)<sup>3</sup> this result is not clinically relevant, however it is  
342 also important to consider that pain scores of the impingement groups were initially low  
343 (ranging from 2.43 to 3.29) and decreased after the manipulative intervention.

344 We could suggest that TSM of middle thoracic levels could stimulate dysfunctional  
345 upper and middle serratus anterior and/or lower trapezius resulting in better upward rotation  
346 of the scapula during arm movement performed immediately after the thrust manipulation.  
347 This suggestion is in accordance with Cleland et al (2004)<sup>9</sup> who showed that TSM of lower  
348 thoracic segments (T6-T12) improved lower trapezius strength, thoracic extension and  
349 shoulder flexion bilaterally in asymptomatic subjects. Spinal manipulation applies  
350 nonphysiological forces that can produce complex and unusual vertebral displacements  
351 and, when the muscles are relaxed, they do not seem to oppose noticeable resistance as the  
352 high velocity of thrust does not allow enough time for a voluntary reaction<sup>26, 35</sup>. As a result  
353 of thrust manipulation, muscle stretching seems to be followed by reflex contractions of  
354 various back muscles (after only 50-200msec) which are often distant from the manipulated  
355 area contributing to reduce muscle spasm<sup>35</sup>. This phenomenon involves stimulation of Ia  
356 and II fibers that activate the motor neurons via a chemical neurotransmitter<sup>35, 47</sup>.  
357 Electromyographical studies have suggested that thrust manipulations may elicit muscle  
358 activation in muscles adjacent to and opposite of the manipulation site<sup>14, 20</sup>. Another

359 mechanism underlying the effects of spinal manipulation is the manipulation's ability to  
360 alter central sensory processing by removing subthreshold mechanical or chemical stimuli  
361 from paraspinal tissues, through muscle spindle and Golgi tendon organ stimulation <sup>47</sup>.  
362 These findings suggest that spinal dysfunction may lead to muscle-specific alterations in  
363 intracortical inhibitory and facilitatory processing and changes on mechanical and chemical  
364 signals from sensitive neurons resulted of spinal manipulation can reverse such alterations  
365 in sensorimotor integration and improve motor control <sup>54</sup>. However, these physiological  
366 mechanisms underlying spinal manipulation are only suggestions since they were not  
367 directly evaluated on our investigation.

368         Although significant increase in scapular upward rotation was observed after TSM  
369 in the manipulation groups during elevation and lowering of the arm, it was below the  
370 MDC calculated for upward rotation in both groups. It is also important to consider the  
371 small effect size of TSM in subjects with and without impingement since Cohen's *d* index  
372 for manipulation impingement and manipulation asymptomatic groups was 0.10 and 0.15  
373 during arm elevation and 0.06 and 0.12 during lowering of the arm, respectively, which  
374 could not be considered as clinically relevant <sup>3</sup>. Furthermore, the increase in upward  
375 rotation in both asymptomatic groups during elevation of the arm let us believe that spinal  
376 manipulation could not be really significant in asymptomatic subjects as the improvement  
377 was found either when they were not manipulated. Moreover, we suggest that strengthening  
378 of the serratus anterior muscle could be done after TSM in the SIS rehabilitation since the  
379 manipulation facilitates scapular upward rotation during elevation of the arm.

380         Controversially, TSM seems to increase anterior tilt in asymptomatic subjects  
381 during both elevation and lowering of the arm. As a risk factor for shoulder impingement,  
382 this finding suggests that TSM is may not be immediately favorable to scapular kinematics

383 in asymptomatic subjects. Studies on short-term and long-term effects are necessary for  
384 more conclusive results.

385 Despite of some evidences of neurophysiological effects following spinal  
386 manipulation, the placebo effect must also be considered. If a subject in a study is informed  
387 of the potential benefits of spinal manipulation, the expectation of the benefits could  
388 contribute to placebo analgesia from the treatment <sup>48</sup>. The presence of two *sham* groups  
389 (one with symptomatic and another with asymptomatic subjects) is justified by the  
390 intention to remove placebo effects from the manipulation technique since incomplete  
391 information about the purpose of the study was given for all subjects. Evaluator blinding  
392 strategy was also used to minimize expectation bias in the study.

393 This randomly-controlled trial has some limitations. As mean differences observed  
394 on kinematic data between pre- and post-interventions conditions are close to the SEM  
395 values, caution should be taken when interpreting these results. Also, the results of this  
396 study can be generalizable to asymptomatic subjects and individuals with shoulder  
397 impingement symptoms, but not for other shoulder pathologies. We believe that the effects  
398 of other spinal manipulation techniques applied on thoracic spine and other spinal levels  
399 should be evaluated in subjects with shoulder impingement. Furthermore, future studies  
400 should also include long-term follow-up periods.

401

## 402 **CONCLUSION**

403 This study evaluated only the immediate effects of a TSM on pain and scapular  
404 kinematics. Despite the questionable clinical relevance, this experimental study suggests  
405 that a positive treatment effect on pain and scapular upward rotation may be achieved  
406 immediately following a TSM for subjects with shoulder impingement. Although further

407 research is necessary, this preliminary study supports the concept of a regional  
408 interdependence between the thoracic spine and shoulder in subjects with shoulder  
409 impingement. No subjects reported adverse effects or worsening of shoulder symptoms  
410 following spinal manipulation or *sham* intervention. TSM demonstrated to be not  
411 immediately favorable to scapular kinematics in asymptomatic subjects with regards to the  
412 tilt. Future studies should continue investigating the effects of spinal manipulations in  
413 subjects with shoulder impingement symptoms and include long-term follow-up periods.

414

#### 415 **KEY POINTS**

416 **Findings:** Subjects with shoulder impingement who received TSM experienced  
417 improvements in shoulder pain and scapular upward rotation while performing elevation  
418 and lowering of the arm immediately after the manipulation.

419 **Implications:** The results of this study support the use of TSM in the management of  
420 patients with shoulder impingement and support the concept of regional interdependence  
421 between thoracic spine and shoulder.

422 **Caution:** The results should be interpreted with caution and should not be generalized to  
423 other shoulder conditions.

424

425

#### 426 **REFERENCES**

- 427 1. Altman DG, Schulz KF, Moher D, et al. The revised CONSORT statement for reporting  
428 randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med.* 2001;134:663-694.
- 429 2. An K, Korineck S, Kilpela T, Edis S. Kinematic and kinetic analysis of push-up exercise.  
430 *Biomed Sci Instrum.* 1990;26:53-57.
- 431 3. Armijo-Olivo S, Warren S, Fuentes J, Magee DJ. Clinical relevance vs. statistical  
432 significance: Using neck outcomes in patients with temporomandibular disorders as an  
433 example. *Man Ther.* 2011;16:563-572.

- 434 4. Bang MD, Deyle GD. Comparison of supervised exercise with and without manual physical  
435 therapy for patients with shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*  
436 2000;30:126-137.
- 437 5. Bergman GJD, Winters JC, Groenier KH, et al. Manipulative therapy in addition to usual  
438 medical care for patients with shoulder dysfunction and pain. *Ann Intern Med.*  
439 2004;141:432-439.
- 440 6. Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and  
441 lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech.* 2002;17:650-659.
- 442 7. Boyles RE, Ritland BM, Miracle BM, et al. The short-term effects of thoracic spine thrust  
443 manipulation on patients with shoulder impingement syndrome. *Man Ther.* 2009;14:375-  
444 380.
- 445 8. Camargo PR, Haik MN, Filho RB, Mattiello-Rosa SM, Salvini TF. Pain in workers with  
446 shoulder impingement syndrome: an assessment using the DASH and McGill pain  
447 questionnaires. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11:161-167.
- 448 9. Cleland J, Selleck B, Stowell T, et al. Short-term effects of thoracic manipulation on lower  
449 trapezius muscle strength. *J Man Manip Ter.* 2004;12:82-90.
- 450 10. Cleland JA, Childs MJD, McRae M, Palmer JA, Stowell T. Immediate effects of thoracic  
451 manipulation in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Man Ther.*  
452 2005;10:127-135.
- 453 11. Cleland JA, Glynn P, Whitman JM, Eberhart SL, MacDonald C, Childs JD. Short-term effects  
454 of thrust versus nonthrust mobilization/manipulation directed at the thoracic spine in  
455 patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2007;87:431-440.
- 456 12. Cohen J. The concepts of power analysis. In: Cohen J, eds. *Statistical power analysis for the*  
457 *behavioral sciences.* New Jersey: Academic Press, Inc; 1988:1-17.
- 458 13. Cross KM, Kuenze C, Grindstaff T, Hertel J. Thoracic spine manipulation improves pain,  
459 range of motion and self-reported function in patients with mechanical neck pain: A  
460 systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41:633-643.
- 461 14. de Camargo VM, Albuquerque-Sendin F, Berzin F, Stefanelli VC, de Souza DP, Fernandez-  
462 de-las-Penas C. Immediate effects on electromyographic activity and pressure pain  
463 thresholds after a cervical manipulation in mechanical neck pain: a randomized controlled  
464 trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2011;34:211-220.
- 465 15. Dunning JR, Cleland JA, Waldrop MA, et al. Upper cervical and upper thoracic thrust  
466 manipulation versus nonthrust mobilization in patients with mechanical neck pain: A  
467 multicenter randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:5-21.
- 468 16. Farrar JT, Young JPJ, LaMoreaux L, Werth JL, Poole RM. Clinical importance of changes in  
469 chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain.*  
470 2001;94:149-158.
- 471 17. González-Iglesias J, Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA, Gutiérrez-Vega MdR. Thoracic  
472 spine manipulation for the management of patients with neck pain: a randomized clinical  
473 trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:20-27.
- 474 18. Hawkins RJ, Kennedy JC. Impingement syndrome in athletes. *Am J Sports Med.*  
475 1980;8:151-158.
- 476 19. Hegedus EJ, Goode AP, Cook CE, et al. Which physical examination tests provide clinicians  
477 with the most value when examining the shoulder? Update of a systematic review with  
478 meta-analysis of individual tests. *Br J Sports Med.* 2012;46:964-978.
- 479 20. Herzog W, Conway PJ, Zhang YT, Gal J, Guimaraes AC. Reflex responses associated with  
480 manipulative treatments on the thoracic spine: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther.*  
481 1995;18:233-236.

- 482 21. Ho CY, Sole G, Munn J. The effectiveness of manual therapy in the management of  
483 musculoskeletal disorders of the shoulder: a systematic review. *Man Ther.* 2009;14:463-  
484 474.
- 485 22. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome  
486 measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper  
487 Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med.* 1996;29:602-608.
- 488 23. Hung CJ, Jan MH, Lin YF, Wang TQ, Lin JJ. Scapular kinematics and impairment features for  
489 classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Man Ther.* 2010;15:547-  
490 551.
- 491 24. Jobe FW, Moynes DR. Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for  
492 rotator cuff injuries. *Am J Sports Med.* 1982;10:336-339.
- 493 25. Kuhn JE. Exercise in the treatment of rotator cuff impingement: a systematic review and a  
494 synthesized evidence-based rehabilitation protocol. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:138-  
495 160.
- 496 26. Lee M, Kelly DW, Steven GP. A model of spine, ribcage and pelvic responses to a specific  
497 lumbar manipulative force in relaxed subjects. *J Biomech.* 1995;28:1403-1408.
- 498 27. Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation.  
499 *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84:719-723.
- 500 28. Lopes AD, Ciconelli RM, Carrera EF, Griffin S, Faloppa F, Reis FBd. Validity and reliability of  
501 the Western Ontario Rotator Cuff Index (WORC) for use in Brazil. *Clin J Sport Med.*  
502 2008;18:266-272.
- 503 29. Lopes AD, Stadniky SP, Masiero D, Carrera EF, Ciconelli RM, Griffin S. Tradução e  
504 adaptação cultural do WORC: um questionário de qualidade de vida para alterações do  
505 manguito rotador. *Rev bras fisioter.* 2006;10:309-315.
- 506 30. Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, Spoden SM, Wilson LA. Three-dimensional clavicular  
507 motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports Phys Ther.*  
508 2004;34:140-149.
- 509 31. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: biomechanical considerations in  
510 rehabilitation. *Man Ther.* 2011;16:33-39.
- 511 32. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in  
512 people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80:276-291.
- 513 33. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint  
514 pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:90-104.
- 515 34. Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-Dimensional  
516 scapular position and orientation between subjects with and without shoulder  
517 impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29:574-586.
- 518 35. Maigne JY, Vautravers P. Mechanism of action of spinal manipulative therapy. *Joint Bone  
519 Spine.* 2003;70:336-341.
- 520 36. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular  
521 kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther.*  
522 2006;86:1075-1090.
- 523 37. Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of  
524 subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18:369-379.
- 525 38. Michener LA, Walsworth MK, Burnet EN. Effectiveness of rehabilitation for patients with  
526 subacromial impingement syndrome: a systematic review. *J Hand Ther.* 2004;17:152-164.
- 527 39. Michener LA, Walsworth MK, Doukas WC, Murphy KP. Reliability and diagnostic accuracy  
528 of 5 physical examination tests and combination of tests for subacromial impingement.  
529 *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90:1898-1903.

- 530 40. Mintken PE, Glynn P, Cleland JA. Psychometric properties of the shortened disabilities of  
531 the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (QuickDASH) and Numeric Pain Rating Scale  
532 in patients with shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:920-926.
- 533 41. Muth S, Barbe MF, Lauer R, McClure PW. The effects of thoracic spine manipulation in  
534 subjects with signs of rotator cuff tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:1005-  
535 1016.
- 536 42. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a  
537 preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:41-50.
- 538 43. Norlander S, Gustavsson BA, Lindell J, Nordgren B. Reduced mobility in the cervico-  
539 thoracic motion segment--a risk factor for musculoskeletal neck-shoulder pain: a two-year  
540 prospective follow-up study. *Scand J Rehabil Med.* 1997;29:167-174.
- 541 44. Norlander S, Nordgren B. Clinical symptoms related to musculoskeletal neck-shoulder pain  
542 and mobility in the cervico-thoracic spine. *Scand J Rehabil Med.* 1998;30:243-251.
- 543 45. Orfale AG, Araújo PMP, Ferraz MB, Natour J. Translation into Brazilian Portuguese, cultural  
544 adaptation and evaluation of the reliability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and  
545 Hand Questionnaire. *Braz J Med Biol Res.* 2005;38:293-302.
- 546 46. Phadke V, Camargo P, Ludewig P. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm  
547 elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev*  
548 *Bras Fisioter.* 2009;13:1-9.
- 549 47. Pickar JG. Neurophysiological effects of spinal manipulation. *Spine J.* 2002;2:
- 550 48. Price DD, Milling LS, Kirsch I, Duff A, Montgomery GH, Nicholas SS. An analysis of factors  
551 that contribute to the magnitude of placebo analgesia in an experimental paradigm. *Pain.*  
552 1999;83:147-156.
- 553 49. Senbursa G, Baltaci G, Atay A. Comparison of conservative treatment with and without  
554 manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome: a prospective,  
555 randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:915-921.
- 556 50. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.*  
557 1979;86:420-428.
- 558 51. Skyba DA, Radhakrishnan R, Rohlwing JJ, Wright A, Sluka KA. Joint manipulation reduces  
559 hyperalgesia by activation of monoamine receptors but not opioid or GABA receptors in  
560 the spinal cord. *Pain.* 2003;106:159-168.
- 561 52. Strunce JB, Walker MJ, Boyles RE, Young BA. The immediate effects of thoracic spine and  
562 rib manipulation on subjects with primary complaints of shoulder pain. *J Man Manip Ther.*  
563 2009;17:230-236.
- 564 53. Tate AR, McClure PW, Young IA, Salvatori R, Michener IA. Comprehensive impairment-  
565 based exercise and manual therapy intervention for patients with Subacromial  
566 Impingement Syndrome: A case series. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40:474-493.
- 567 54. Taylor HH, Murphy B. Altered sensorimotor integration with cervical spine manipulation. *J*  
568 *Manipulative Physiol Ther.* 2008;31:115-126.
- 569 55. Teece RM, Lunden JB, Lloyd AS, Kaiser AP, Cieminski CJ, Ludewig PM. Three-dimensional  
570 acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports Phys Ther.*  
571 2008;38:181-190.
- 572 56. van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, Bouter LM. Shoulder disorders in general  
573 practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis.*  
574 1995;54:959-964.
- 575 57. Wainner RS, Flynn TW, Whitman JM. *Spinal and extremity manipulation: the basic skill set*  
576 *for physical therapists.* Manipulations. I Manipulations, Inc; 2001.



- 577 58. Wainner RS, Whitman JM, Cleland JA, Flynn TW. Regional interdependence: A  
578 musculoskeletal examination model whose time has come [guest editorial]. *J Orthop*  
579 *Sports Phys Ther.* 2007;37:658-660.
- 580 59. Walsler RF, Meserve BB, Boucher TR. The effectiveness of thoracic spine manipulation for  
581 the management of musculoskeletal conditions: A systematic review and meta-analysis of  
582 randomized clinical trials. *J Manipulative Physiol Ther.* 2009;17:237-246.
- 583 60. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the Intraclass Correlation Coefficient and  
584 the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2005;19:231-240.
- 585 61. Winters JC, Sobel JS, Groenier KH, Arendzen HJ, Jong BM. Comparison of physiotherapy,  
586 manipulation, and corticosteroid injection for treating shoulder complaints in general  
587 practice: randomised, single blind study. *BMJ.* 1997;314:1320-1325.
- 588 62. Wu G, Helm FCvd, Veeger HE, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate  
589 systems of various joints for the reporting of human joint motion - Part II: shoulder, elbow,  
590 wrist and hand. *J Biomech.* 2005;38:981-992.
- 591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
  
612  
  
613  
  
614  
  
615  
  
616  
  
617

618 **TABLE 1.** Demographic characteristics of the subjects.

	<b>Impingement group</b>		<b>Asymptomatic group</b>	
	<b>Manipulation (n=25)</b>	<b>Sham (n=25)</b>	<b>Manipulation (n=24)</b>	<b>Sham (n=23)</b>
<b>Age (years)</b>	33.84 ± 12.18	29.68 ± 9.27	25.50 ± 5.16	26.05 ± 4.95
<b>Gender</b>	11 women 14 men	7 women 18 men	12 women 12 men	15 women 8 men
<b>Weight (Kg)</b>	68.16 ± 15.02	77.00 ± 13.54	70.38 ± 10.93	63.45 ± 12.72
<b>Height (m)</b>	1.69 ± 0.12	1.73 ± 0.10	1.71 ± 0.10	1.68 ± 0.10
<b>Evaluated shoulder</b>	16 dominant 9 non-dominant	16 dominant 9 non-dominant	16 dominant 8 non-dominant	9 dominant 14 non-dominant
<b>Time of pain (months)</b>	49.04 ± 95.95	42.60 ± 65.97	-	-

619 Results are mean ± standard deviation.  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648

649 **TABLE 2.** Scores of DASH and WORC questionnaires for all groups.

	Impingement group		Asymptomatic group	
	Manipulation (n=25)	Sham (n=25)	Manipulation (n=24)	Sham (n=23)
<b>DASH</b>	26.95 ± 12.68	23.30 ± 16.49	1.21 ± 1.89	1.87 ± 2.76
<b>Total WORC</b>	786.40 ± 397.20	731.92 ± 504.53	13.41 ± 20.60	18.50 ± 26.26
<b>Physical symptoms</b>	226.00 ± 118.66	218.07 ± 140.86	9.09 ± 14.85	11.25 ± 17.98
<b>Sports/recreation</b>	178.20 ± 104.44	169.42 ± 113.96	0.68 ± 2.33	2.25 ± 5.72
<b>Work</b>	168.40 ± 92.08	160.57 ± 124.24	2.50 ± 6.68	3.00 ± 6.36
<b>Lifestyle</b>	108.20 ± 91.40	90.19 ± 91.15	0.68 ± 2.33	2.00 ± 5.94
<b>Emotions</b>	105.60 ± 77.28	93.65 ± 81.65	0.45 ± 2.13	0.00 ± 0.00

650 Results are mean ± standard deviation.

651 Abbreviations: DASH, Disability of the Arm, Shoulder and Hand; WORC, Western Ontario Rotator Cuff.

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666 **TABLE 3.** Outcomes of NPRS for pain during elevation and lowering of the arm pre- and  
 667 post-interventions in all groups.

	Mean difference (lower and upper bound)	p-value	Pooled SD	Effect size (d-Cohen)
<b>Manipulation impingement group</b>	-0.84 (-1.21, -0.46)*	<0.001	2.66	-0.31
<b>Sham impingement group</b>	-0.25 (-0.63, 0.13)	0.19	2.26	-0.10
<b>Manipulation asymptomatic group</b>	0.01 (-0.39, 0.42)	0.93	0.03	0.43
<b>Sham asymptomatic group</b>	0.01 (-0.40, 0.43)	0.93	0.03	0.44

668 \*significant difference between post- and pre-manipulation means;  
 669 Abbreviation: SD, standard deviation; NPRS, Numeric Pain Rating Scale.

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683 **TABLE 4.** Reliability outcomes of scapular internal rotation, upward rotation and tilt  
 684 during 3 trials of elevation and lowering of the arm in all groups.

	Asymptomatic group (n=47)			Impingement group (n=50)		
	ICC (95% CI)	SEM	MDC (95%)	ICC (95% CI)	SEM	MDC (95%)
<b>Scapular internal rotation</b>						
<b>Elevation</b>	0.95 (0.92-0.97)	1.47	4.08	0.96 (0.93-0.97)	1.57	4.36
<b>Lowering</b>	0.95 (0.92-0.97)	1.46	4.04	0.97 (0.93-0.97)	1.60	4.45
<b>Scapular upward rotation</b>						
<b>Elevation</b>	0.95 (0.91-0.97)	1.63	4.53	0.96 (0.93-0.98)	2.05	5.70
<b>Lowering</b>	0.95 (0.93-0.97)	1.98	5.48	0.96 (0.94-0.98)	2.12	5.88
<b>Scapular tilt</b>						
<b>Elevation</b>	0.98 (0.96-0.98)	1.10	3.06	0.98 (0.96-0.98)	1.13	3.13
<b>Lowering</b>	0.97 (0.96-0.98)	1.26	3.49	0.97 (0.95-0.98)	1.38	3.83

685 Abbreviations: ICC, Intraclass Correlation Coefficient; CI, confidence interval; SEM, standard error of measurement;  
 686 MDC, minimum detectable change.

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700 **TABLE 5.** Outcomes for interaction of group by time for kinematic data during elevation  
 701 and lowering of the arm in all groups.

Group	Humeral phase	Mean difference (lower and upper bound)	p-value	Pooled SD	Effect size (d-Cohen)
<b>Scapular internal rotation</b>					
<b>Manipulation impingement group</b>	Elevation	0.23 (-0.54, 1.00)	0.556	7.42	0.03
	Lowering	0.39 (-0.43, 1.21)	0.350	6.95	0.05
<b>Sham impingement group</b>	Elevation	0.72 (-0.04, 1.49)	0.066	9.11	0.08
	Lowering	0.55 (-0.27, 1.37)	0.187	9.89	0.05
<b>Manipulation asymptomatic group</b>	Elevation	0.81 (0.04, 0.21)	0.044	7.68	0.10
	Lowering	0.66 (-0.17, 1.49)	0.122	6.60	0.10
<b>Sham asymptomatic group</b>	Elevation	-0.23 (0.56, -1.04)	0.567	6.01	-0.04
	Lowering	-0.69 (-1.54, 0.16)	0.114	6.18	-0.11
<b>Scapular upward rotation</b>					
<b>Manipulation impingement group</b>	Elevation	-1.73 (-2.50, -0.95)*	<0.001	16.69	0.10
	Lowering	-1.15 (-1.99, -0.31)*	0.008	17.64	0.06
<b>Sham impingement group</b>	Elevation	-0.14 (-0.92, 0.63)	0.716	14.60	0.01
	Lowering	0.17 (-0.66, 1.01)	0.681	14.64	0.01
<b>Manipulation asymptomatic group</b>	Elevation	-2.22 (-3.01, -1.42)*	<0.001	14.61	0.15
	Lowering	-1.91 (-2.77, -1.06)*	<0.001	15.38	0.12
<b>Sham asymptomatic group</b>	Elevation	-0.99 (0.18, 1.80)*	0.017	14.11	0.07
	Lowering	-0.65 (-1.53, 0.22)	0.141	13.50	0.04
<b>Scapular tilt</b>					
<b>Manipulation impingement group</b>	Elevation	-0.39 (-1.08, 0.29)	0.258	8.38	0.04
	Lowering	-0.06 (-0.80, 0.68)	0.876	8.47	<0.01
<b>Sham impingement group</b>	Elevation	-0.03 (-0.71, 0.66)	0.937	8.33	0.003
	Lowering	0.20 (-0.54, 0.94)	0.595	8.94	0.02
<b>Manipulation asymptomatic group</b>	Elevation	-0.90 (-1.60, -0.20)*	0.012	5.08	0.17
	Lowering	-1.11 (-1.87, -0.35)*	0.004	8.79	0.12
<b>Sham asymptomatic group</b>	Elevation	0.57 (-0.15, 1.31)	0.123	7.63	0.07
	Lowering	0.69 (-0.10, 1.48)	0.087	8.18	0.08

702 \*significant difference between post- and pre-manipulation means;

703 Abbreviation: SD, standard deviation.

704 Negative numbers mean increased upward rotation and anterior tilt during elevation phase and decreased downward  
 705 rotation and posterior tilt during lowering phase at post-intervention.

706

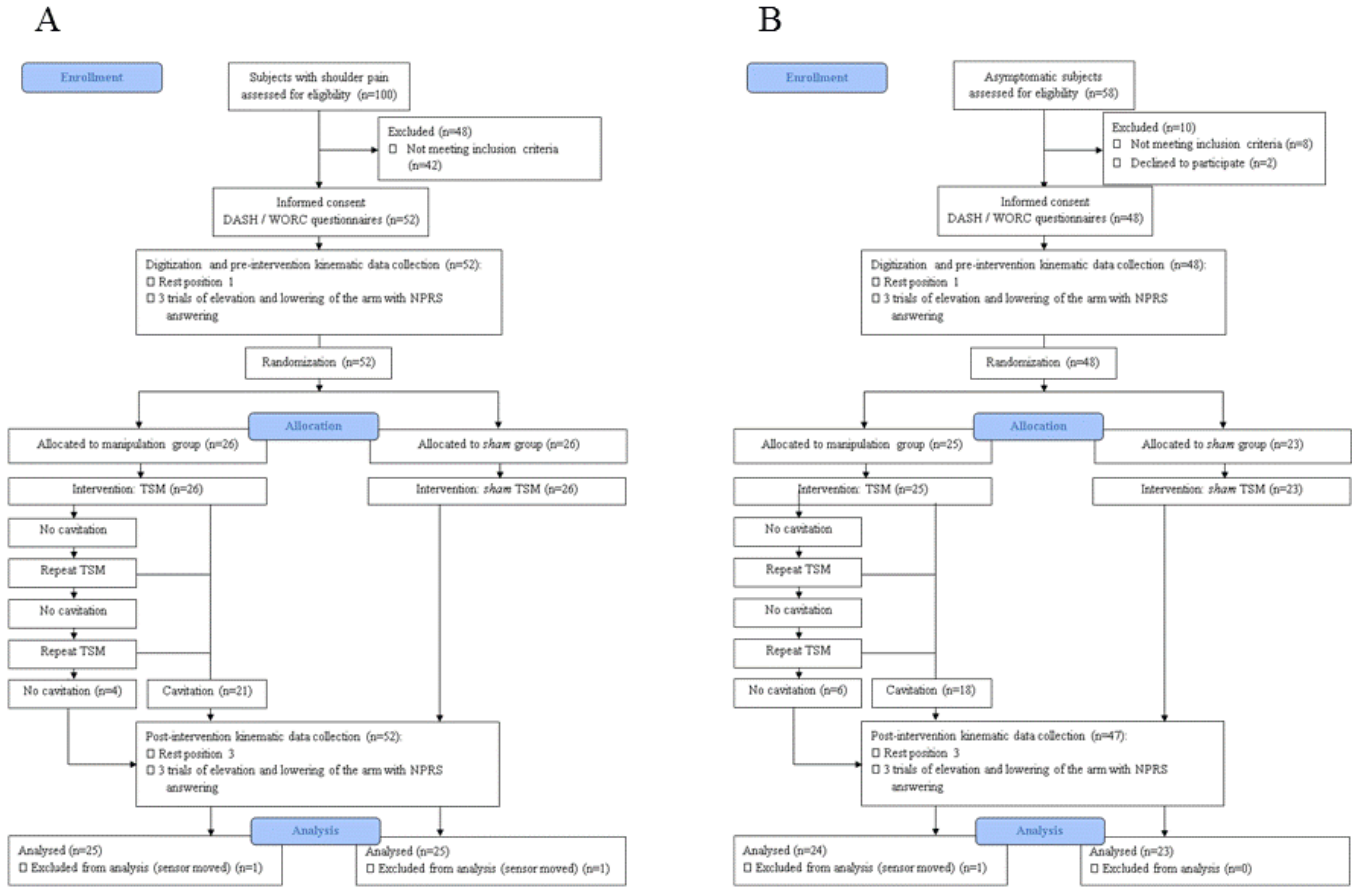
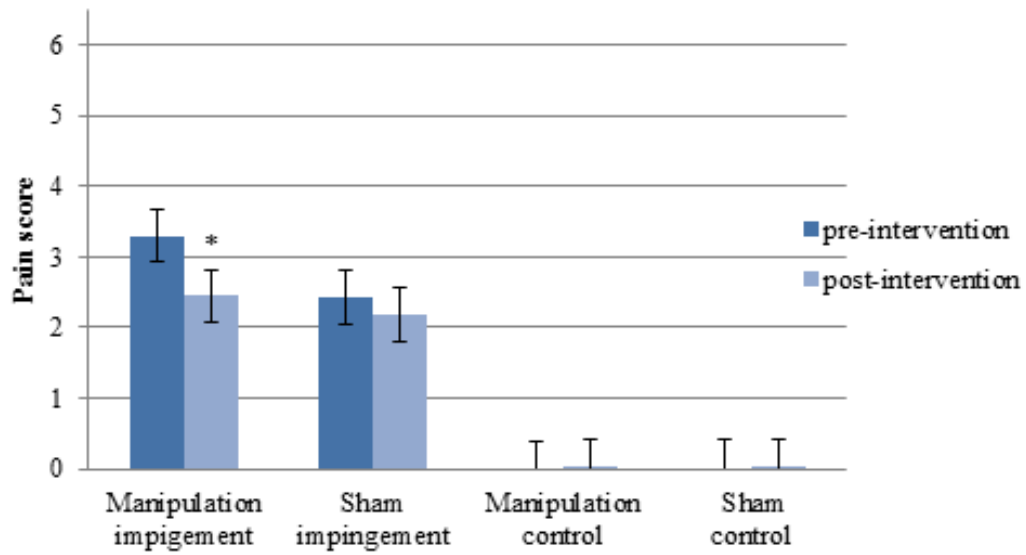


FIGURE 1. Flow diagram representing enrollment, allocation, proceedings and analysis for all groups.

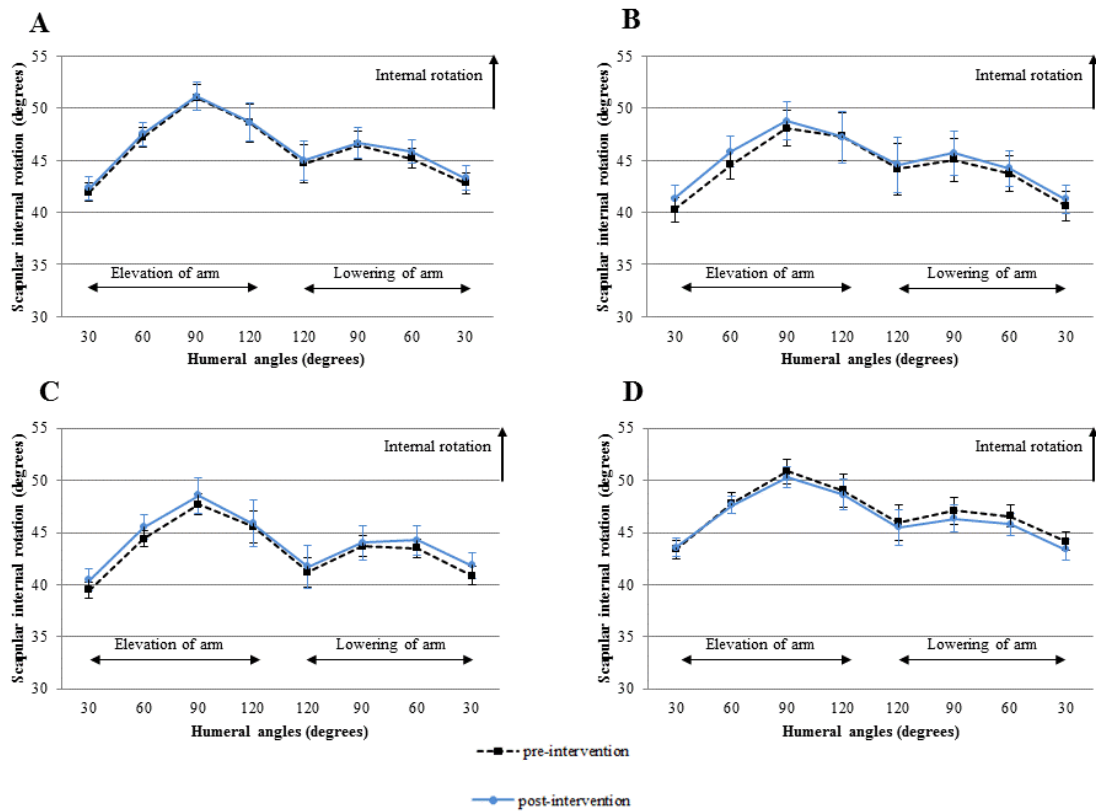


**FIGURE 2.** Positioning of the subject and therapist during both manipulation and sham interventions.

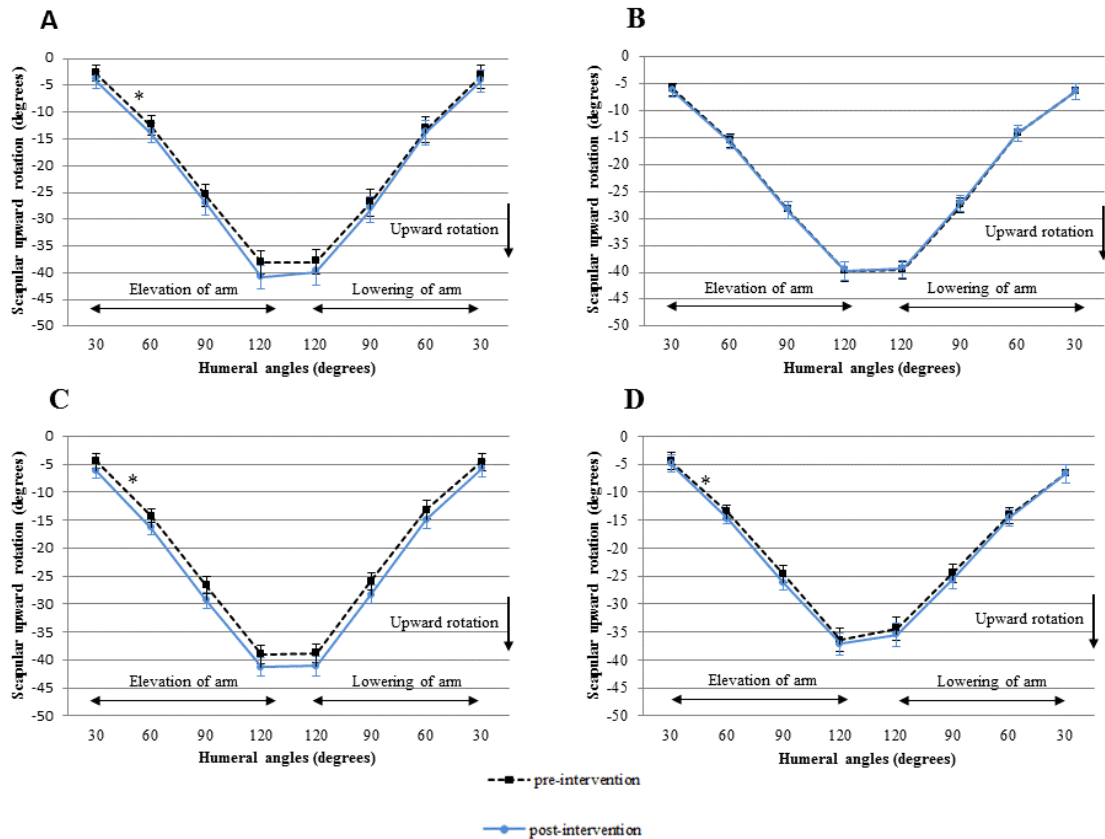




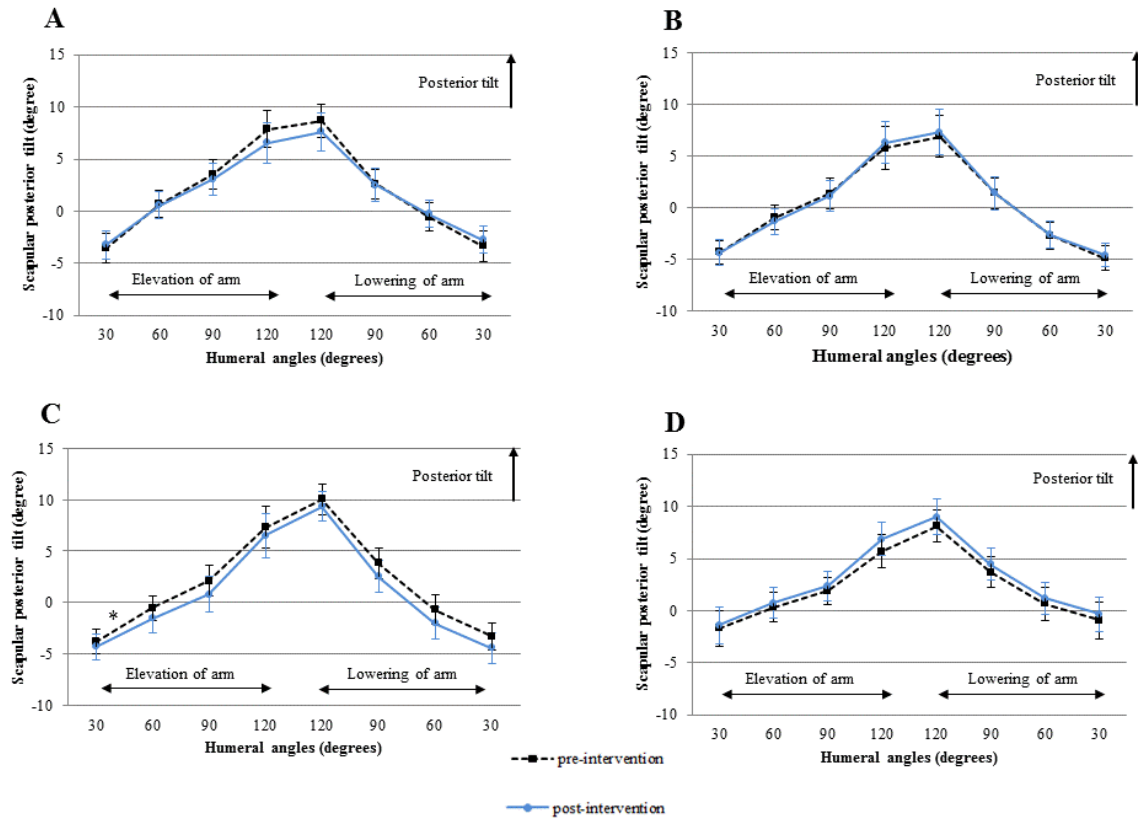
**FIGURE 3.** Mean and standard error pain score for 3 trials of elevation and lowering of the arm before and after intervention for all groups. \* indicates significant difference compared to pre-manipulation score.



**FIGURE 4.** Mean and standard error values for scapular internal/external rotation for manipulation impingement group (A), sham impingement group (B), manipulation asymptomatic group (C) and sham asymptomatic group (D) pre and post-intervention.



**FIGURE 5.** Mean and standard error values for scapular upward/downward rotation for manipulation impingement group (A), sham impingement group (B), manipulation asymptomatic group (C) and sham asymptomatic group (D) pre and post-intervention. \* indicates significant difference between pre and post-intervention.



**FIGURE 6.** Mean and standard error values for scapular anterior/posterior tilt for manipulation impingement group (A), sham impingement group (B), manipulation asymptomatic group (C) and sham asymptomatic group (D) pre and post-intervention. \* indicates significant difference between pre and post-intervention.

## AUTHOR AGREEMENT AND PUBLICATION RIGHTS FORM

*Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*

(Please print or type)

Title of Manuscript: Scapular Kinematics at pre- post Thoracic Manipulation in Subjects With and Without Impingement Symptoms - Randomized Controlled Study

Author Name(s), Degree(s): Melina N. Haik, PT, Francisco Albuquerque-Sendin, PT, PhD, Ivana L. Ribeiro, PT, Aristides L. Siqueira-Junior, PT, Caroline Z. Silva, Paula R. Camargo, PT, PhD

Corresponding Author:

Paula Rezende Camargo

Name

Universidade Metodista de Piracicaba

+55 19 3124-1558

Organization

Rodovia do Açucar, km 156

Phone

+55 19 3124-1503

Street

Piracicaba

SP

13400-901

Fax

paularezendecamargo@gmail.com

City

State

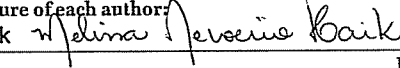
Postal Code

E-mail

Signatures below certify agreement that each author is in full compliance with the statements that follow. Original signatures are required. This original signed form must accompany your manuscript submission to the *Journal* editorial office.

1. **Transfer of Copyright.** I understand and agree that the copyright for the manuscript entitled above, if published by the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, will be taken out in the name of the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. As such, I agree and understand that all rights to the manuscript are assigned and transferred to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. I understand that this agreement covers revisions of this manuscript, including modifications of the manuscript title listed above. In consideration of the publication of the manuscript, I grant and assign to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* and its successors all rights in the manuscript of whatsoever kind of nature, including those now or hereafter protected by the Copyright Laws of the United States and all foreign countries, as well as any renewal, extension, or reversion of copyright, now or hereafter provided, in any country. I warrant that this contribution, including all tables, figures, and photographs, is original; that I have full power to make this grant; and that the manuscript, including tables, figures, and photographs, has not been previously published. If portions have been previously published, written permission to publish this material in the *Journal* has been granted by the appropriate certifying body, and the original signed form or letter granting permission to reprint from this source has been submitted with the manuscript to the *Journal* editorial office. I also grant that for all portions, including tables, figures, and photographs, republished with permission from another source, an appropriate credit line identifying the certifying body has been provided in the manuscript. In turn, the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* grants to me the royalty-free right of republication in any book of which I am the author or editor, subject to the express condition that lawful notice of claim of copyright be given. I understand that I will receive no royalty or other monetary compensation for the assignment set forth in this agreement. The authors hereby agree to grant the *Journal* the right to edit, revise, abridge, condense, and translate the foregoing work. They understand that they bear the responsibility for approving editorial changes. Please refer to the *Journal's* website for current authors' instructions on submitting manuscripts for publication.
2. **Exceptions to Transfer of Copyright.**
  - a. **Exemption for Authors Employed by the US Government:** I attest that the above manuscript was written as part of the official duties of the authors as employees of the US Government and, therefore, that a transfer of copyright cannot be made.
  - b. **Public Access to Government-Funded Research:** I attest that the above manuscript reports on research funded through a governmental entity such as the US National Institutes of Health, the Canadian Institutes of Health Research, the UK Medical Research Council, the European Research Council, The Wellcome Trust, and the Australian Research Council, and thus must comply with the policies of these organizations regarding public access, should the manuscript be accepted for publication. Public access includes providing a copy of the final manuscript, including all modifications from the publishing and peer review process, to central databases or repositories, such as the US National Library of Medicine's (NLM) PubMed Central (PMC) database. I understand that *JOSPT* also authorizes government bodies to make the manuscript available in digital form for public access immediately upon publication.
3. **Exclusivity of Submission.** I affirm that the submitted manuscript is original work by the author(s) and is not published or under consideration for publication (in whole or in part) elsewhere.
4. **Biomedical Research, Human Subjects, and Animal Subjects.** I affirm that if this manuscript is an investigation involving human subjects, written informed consent has been obtained and an appropriate institutional review board has approved the project. If I did not have available a formal institutional review committee, I followed the principles outlined in the "Declaration of Helsinki," which included a review and approval of my research protocol by an independent, specially appointed committee. In the Methods section of my submitted manuscript, I have stated the manner in which informed consent was obtained and that institutional review committee approval or its equivalent was obtained. I will provide evidence of such approval if requested. Further, on request from the *Journal* Editor-in-Chief, I agree to provide the data on which the manuscript is based.
5. **Authorship Certification.** I have participated in this study and have made a substantial contribution to (1) the conception, design, or the analysis and interpretation of the data; and (2) to drafting the article or revising it critically for important intellectual content. In addition, I have participated in this work to the extent that I will take public responsibility for it. I believe that the manuscript represents valid work and I have reviewed and approved the manuscript submitted to the *Journal*. If the manuscript is accepted for publication in the *Journal* and revisions are necessary prior to publication, I agree to have the corresponding author listed above serve as the representative for securing my approval of the revisions, and providing the *Journal* with a timely revision of the work.
6. **Financial Disclosure and Conflict of Interest.** I affirm that I have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in an attachment.
7. **Acknowledgement Statements.** In the event that individuals are acknowledged for contributions to the work but are not designated as authors, I attest that written permission has been obtained from all individuals named in the acknowledgement.

Original signature of each author:

Melina N Haik  16/01/2013 Ivana L Ribeiro

Name Date

Name Date


Aristides L. Siqueira-Junior

Caroline Z Silva

Name Date

Name Date

Francisco Albuquerque-Sendin

Paula R Camargo  Jan 10th 2013

Name Date

Name Date

Name Date

Name Date

## AUTHOR AGREEMENT AND PUBLICATION RIGHTS FORM

*Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*

(Please print or type)

Title of Manuscript: Scapular Kinematics at pre- post Thoracic Manipulation in Subjects With and Without Impingement Symptoms - Randomized Controlled StudyAuthor Name(s), Degree(s): Melina N. Haik, PT, Francisco Albuquerque-Sendin, PT, PhD, Ivana L. Ribeiro, PT, Anstides L. Siqueira-Junior, PT, Caroline Z. Silva, Paula R. Camargo, PT, PhD

Corresponding Author:

Paula Rezende Camargo

Name

Universidade Metodista de Piracicaba+55 19 3124-1558

Organization

Rodovia do Açúcar, km 156

Phone

+55 19 3124-1503

Street

PiracicabaSP13400-901

Fax

paularezendecamargo@gmail.com

City

State

Postal Code

E-mail

Signatures below certify agreement that each author is in full compliance with the statements that follow. Original signatures are required. This original signed form must accompany your manuscript submission to the *Journal* editorial office.

- Transfer of Copyright.** I understand and agree that the copyright for the manuscript entitled above, if published by the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, will be taken out in the name of the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. As such, I agree and understand that all rights to the manuscript are assigned and transferred to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. I understand that this agreement covers revisions of this manuscript, including modifications of the manuscript title listed above. In consideration of the publication of the manuscript, I grant and assign to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* and its successors all rights in the manuscript of whatsoever kind of nature, including those now or hereafter protected by the Copyright Laws of the United States and all foreign countries, as well as any renewal, extension, or reversion of copyright, now or hereafter provided, in any country. I warrant that this contribution, including all tables, figures, and photographs, is original; that I have full power to make this grant; and that the manuscript, including tables, figures, and photographs, has not been previously published. If portions have been previously published, written permission to publish this material in the *Journal* has been granted by the appropriate certifying body, and the original signed form or letter granting permission to reprint from this source has been submitted with the manuscript to the *Journal* editorial office. I also grant that for all portions, including tables, figures, and photographs, republished with permission from another source, an appropriate credit line identifying the certifying body has been provided in the manuscript. In turn, the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* grants to me the royalty-free right of republication in any book of which I am the author or editor, subject to the express condition that lawful notice of claim of copyright be given. I understand that I will receive no royalty or other monetary compensation for the assignment set forth in this agreement. The authors hereby agree to grant the *Journal* the right to edit, revise, abridge, condense, and translate the foregoing work. They understand that they bear the responsibility for approving editorial changes. Please refer to the *Journal's* website for current authors' instructions on submitting manuscripts for publication.
- Exceptions to Transfer of Copyright.**
  - Exemption for Authors Employed by the US Government:** I attest that the above manuscript was written as part of the official duties of the authors as employees of the US Government and, therefore, that a transfer of copyright cannot be made.
  - Public Access to Government-Funded Research:** I attest that the above manuscript reports on research funded through a governmental entity such as the US National Institutes of Health, the Canadian Institutes of Health Research, the UK Medical Research Council, the European Research Council, The Wellcome Trust, and the Australian Research Council, and thus must comply with the policies of these organizations regarding public access, should the manuscript be accepted for publication. Public access includes providing a copy of the final manuscript, including all modifications from the publishing and peer review process, to central databases or repositories, such as the US National Library of Medicine's (NLM) PubMed Central (PMC) database. I understand that *JOSPT* also authorizes government bodies to make the manuscript available in digital form for public access immediately upon publication.
- Exclusivity of Submission.** I affirm that the submitted manuscript is original work by the author(s) and is not published or under consideration for publication (in whole or in part) elsewhere.
- Biomedical Research, Human Subjects, and Animal Subjects.** I affirm that if this manuscript is an investigation involving human subjects, written informed consent has been obtained and an appropriate institutional review board has approved the project. If I did not have available a formal institutional review committee, I followed the principles outlined in the "Declaration of Helsinki," which included a review and approval of my research protocol by an independent, specially appointed committee. In the Methods section of my submitted manuscript, I have stated the manner in which informed consent was obtained and that institutional review committee approval or its equivalent was obtained. I will provide evidence of such approval if requested. Further, on request from the *Journal* Editor-in-Chief, I agree to provide the data on which the manuscript is based.
- Authorship Certification.** I have participated in this study and have made a substantial contribution to (1) the conception, design, or the analysis and interpretation of the data; and (2) to drafting the article or revising it critically for important intellectual content. In addition, I have participated in this work to the extent that I will take public responsibility for it. I believe that the manuscript represents valid work and I have reviewed and approved the manuscript submitted to the *Journal*. If the manuscript is accepted for publication in the *Journal* and revisions are necessary prior to publication, I agree to have the corresponding author listed above serve as the representative for securing my approval of the revisions, and providing the *Journal* with a timely revision of the work.
- Financial Disclosure and Conflict of Interest.** I affirm that I have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in an attachment.
- Acknowledgement Statements.** In the event that individuals are acknowledged for contributions to the work but are not designated as authors, I attest that written permission has been obtained from all individuals named in the acknowledgement.

Original signature of each author:

Melina N HaikIvana L Ribeiro

Name

Date

Name

Date

Aristides L Siqueira-Junior

Name

Date

Caroline Z Silva

Name

Date

Francisco Albuquerque-Sendin

Name

Date

Paula R Camargo

Name

Date

Name

Date

Name

Date

(Please print or type)

Title of Manuscript: Scapular Kinematics at pre- post Thoracic Manipulation in Subjects With and Without Impingement Symptoms - Randomized Controlled Study

Author Name(s), Degree(s): Melina N. Haik, PT, Francisco Alburquerque-Sendin, PT, PhD, Ivana L. Ribeiro, PT, Aristides L. Siqueira-Junior, PT, Carolina Z. Silva, Paula R. Camargo, PT, PhD

Corresponding Author:

Paula Rezende Camargo

Name  
 Universidade Metodista de Piracicaba  
 Organization  
 Rodovia do Açucar, km 156  
 Street  
 Piracicaba SP 13400-901  
 City State Postal Code

+55 19 3124-1558  
 Phone  
 +55 19 3124-1503  
 Fax  
 paularezendecamargo@gmail.com  
 E-mail

Signatures below certify agreement that each author is in full compliance with the statements that follow. Original signatures are required. This original signed form must accompany your manuscript submission to the *Journal* editorial office.

- Transfer of Copyright.** I understand and agree that the copyright for the manuscript entitled above, if published by the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, will be taken out in the name of the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. As such, I agree and understand that all rights to the manuscript are assigned and transferred to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. I understand that this agreement covers revisions of this manuscript, including modifications of the manuscript title listed above. In consideration of the publication of the manuscript, I grant and assign to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* and its successors all rights in the manuscript of whatsoever kind of nature, including those now or hereafter protected by the Copyright Laws of the United States and all foreign countries, as well as any renewal, extension, or reversion of copyright, now or hereafter provided, in any country. I warrant that this contribution, including all tables, figures, and photographs, is original; that I have full power to make this grant; and that the manuscript, including tables, figures, and photographs, has not been previously published. If portions have been previously published, written permission to publish this material in the *Journal* has been granted by the appropriate certifying body, and the original signed form or letter granting permission to reprint from this source has been submitted with the manuscript to the *Journal* editorial office. I also grant that for all portions, including tables, figures, and photographs, republished with permission from another source, an appropriate credit line identifying the certifying body has been provided in the manuscript. In turn, the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* grants to me the royalty-free right of republication in any book of which I am the author or editor, subject to the express condition that lawful notice of claim of copyright be given. I understand that I will receive no royalty or other monetary compensation for the assignment set forth in this agreement. The authors hereby agree to grant the *Journal* the right to edit, revise, abridge, condense, and translate the foregoing work. They understand that they bear the responsibility for approving editorial changes. Please refer to the *Journal's* website for current authors' instructions on submitting manuscripts for publication.
- Exceptions to Transfer of Copyright.**
  - Exemption for Authors Employed by the US Government:** I attest that the above manuscript was written as part of the official duties of the authors as employees of the US Government and, therefore, that a transfer of copyright cannot be made.
  - Public Access to Government-Funded Research:** I attest that the above manuscript reports on research funded through a governmental entity such as the US National Institutes of Health, the Canadian Institutes of Health Research, the UK Medical Research Council, the European Research Council, The Wellcome Trust, and the Australian Research Council, and thus must comply with the policies of these organizations regarding public access, should the manuscript be accepted for publication. Public access includes providing a copy of the final manuscript, including all modifications from the publishing and peer review process, to central databases or repositories, such as the US National Library of Medicine's (NLM) PubMed Central (PMC) database. I understand that *JOSPT* also authorizes government bodies to make the manuscript available in digital form for public access immediately upon publication.
- Exclusivity of Submission.** I affirm that the submitted manuscript is original work by the author(s) and is not published or under consideration for publication (in whole or in part) elsewhere.
- Biomedical Research, Human Subjects, and Animal Subjects.** I affirm that if this manuscript is an investigation involving human subjects, written informed consent has been obtained and an appropriate institutional review board has approved the project. If I did not have available a formal institutional review committee, I followed the principles outlined in the "Declaration of Helsinki," which included a review and approval of my research protocol by an independent, specially appointed committee. In the Methods section of my submitted manuscript, I have stated the manner in which informed consent was obtained and that institutional review committee approval or its equivalent was obtained. I will provide evidence of such approval if requested. Further, on request from the *Journal* Editor-in-Chief, I agree to provide the data on which the manuscript is based.
- Authorship Certification.** I have participated in this study and have made a substantial contribution to (1) the conception, design, or the analysis and interpretation of the data; and (2) to drafting the article or revising it critically for important intellectual content. In addition, I have participated in this work to the extent that I will take public responsibility for it. I believe that the manuscript represents valid work and I have reviewed and approved the manuscript submitted to the *Journal*. If the manuscript is accepted for publication in the *Journal* and revisions are necessary prior to publication, I agree to have the corresponding author listed above serve as the representative for securing my approval of the revisions, and providing the *Journal* with a timely revision of the work.
- Financial Disclosure and Conflict of Interest.** I affirm that I have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in an attachment.
- Acknowledgement Statements.** In the event that individuals are acknowledged for contributions to the work but are not designated as authors, I attest that written permission has been obtained from all individuals named in the acknowledgement.

Original signature of each author:

Melina N Haik  
 Name Date  
 Aristides L Siqueira-Junior  
 Name Date  
 Francisco Alburquerque-Sendin  
 Name Date  
 Name Date  
 Name Date

Ivana L Ribeiro *Ivana L Ribeiro 08/01/13*  
 Name Date  
 Caroline Z Silva  
 Name Date  
 Paula R Camargo  
 Name Date  
 Name Date  
 Name Date

JOSPT, 1111 N. Fairfax St., Suite 100, Alexandria, VA 22314, ph. 877-766-3450

Title of Manuscript: Scapular Kinematics at pre- post Thoracic Manipulation in Subjects With and Without Impingement Symptoms - Randomized Controlled Study

Author Name(s), Degree(s): Melina N. Haik, PT, Francisco Albuquerque-Sendin, PT, PhD, Ivana L. Ribeiro, PT, Aristides L. Siqueira-Junior, PT, Caroline Z. Silva, Paula R. Camargo, PT, PhD

Corresponding Author:

Paula Rezende Camargo

Name				+55 19 3124-1558
Organization	Universidade Metodista de Piracicaba			Phone
Street	Rodovia do Açúcar, km 156			+55 19 3124-1503
City	SP	13400-901		Fax
State				paularezendecamargo@gmail.com
Postal Code				E-mail

Signatures below certify agreement that each author is in full compliance with the statements that follow. Original signatures are required. This original signed form must accompany your manuscript submission to the *Journal* editorial office.

- Transfer of Copyright.** I understand and agree that the copyright for the manuscript entitled above, if published by the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, will be taken out in the name of the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. As such, I agree and understand that all rights to the manuscript are assigned and transferred to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. I understand that this agreement covers revisions of this manuscript, including modifications of the manuscript title listed above. In consideration of the publication of the manuscript, I grant and assign to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* and its successors all rights in the manuscript of whatsoever kind of nature, including those now or hereafter protected by the Copyright Laws of the United States and all foreign countries, as well as any renewal, extension, or reversion of copyright, now or hereafter provided, in any country. I warrant that this contribution, including all tables, figures, and photographs, is original; that I have full power to make this grant; and that the manuscript, including tables, figures, and photographs, has not been previously published. If portions have been previously published, written permission to publish this material in the *Journal* has been granted by the appropriate certifying body, and the original signed form or letter granting permission to reprint from this source has been submitted with the manuscript to the *Journal* editorial office. I also grant that for all portions, including tables, figures, and photographs, republished with permission from another source, an appropriate credit line identifying the certifying body has been provided in the manuscript. In turn, the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* grants to me the royalty-free right of republication in any book of which I am the author or editor, subject to the express condition that lawful notice of claim of copyright be given. I understand that I will receive no royalty or other monetary compensation for the assignment set forth in this agreement. The authors hereby agree to grant the *Journal* the right to edit, revise, abridge, condense, and translate the foregoing work. They understand that they bear the responsibility for approving editorial changes. Please refer to the *Journal's* website for current authors' instructions on submitting manuscripts for publication.
- Exceptions to Transfer of Copyright.**
  - Exemption for Authors Employed by the US Government:** I attest that the above manuscript was written as part of the official duties of the authors as employees of the US Government and, therefore, that a transfer of copyright cannot be made.
  - Public Access to Government-Funded Research:** I attest that the above manuscript reports on research funded through a governmental entity such as the US National Institutes of Health, the Canadian Institutes of Health Research, the UK Medical Research Council, the European Research Council, The Wellcome Trust, and the Australian Research Council, and thus must comply with the policies of these organizations regarding public access, should the manuscript be accepted for publication. Public access includes providing a copy of the final manuscript, including all modifications from the publishing and peer review process, to central databases or repositories, such as the US National Library of Medicine's (NLM) PubMed Central (PMC) database. I understand that *JOSPT* also authorizes government bodies to make the manuscript available in digital form for public access immediately upon publication.
- Exclusivity of Submission.** I affirm that the submitted manuscript is original work by the author(s) and is not published or under consideration for publication (in whole or in part) elsewhere.
- Biomedical Research, Human Subjects, and Animal Subjects.** I affirm that if this manuscript is an investigation involving human subjects, written informed consent has been obtained and an appropriate institutional review board has approved the project. If I did not have available a formal institutional review committee, I followed the principles outlined in the "Declaration of Helsinki," which included a review and approval of my research protocol by an independent, specially appointed committee. In the Methods section of my submitted manuscript, I have stated the manner in which informed consent was obtained and that institutional review committee approval or its equivalent was obtained. I will provide evidence of such approval if requested. Further, on request from the *Journal* Editor-in-Chief, I agree to provide the data on which the manuscript is based.
- Authorship Certification.** I have participated in this study and have made a substantial contribution to (1) the conception, design, or the analysis and interpretation of the data; and (2) to drafting the article or revising it critically for important intellectual content. In addition, I have participated in this work to the extent that I will take public responsibility for it. I believe that the manuscript represents valid work and I have reviewed and approved the manuscript submitted to the *Journal*. If the manuscript is accepted for publication in the *Journal* and revisions are necessary prior to publication, I agree to have the corresponding author listed above serve as the representative for securing my approval of the revisions, and providing the *Journal* with a timely revision of the work.
- Financial Disclosure and Conflict of Interest.** I affirm that I have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in an attachment.
- Acknowledgement Statements.** In the event that individuals are acknowledged for contributions to the work but are not designated as authors, I attest that written permission has been obtained from all individuals named in the acknowledgement.

Original signature of each author:

Melina N Haik

Name	Date
Aristides L Siqueira-Junior	01/07/2013

Name	Date
Francisco Albuquerque-Sendin	

Name	Date

Name	Date

Name	Date

Name	Date

Ivana L Ribeiro

Name	Date
Caroline Z Silva	

Name	Date

Name	Date
Paula R Camargo	

Name	Date

Name	Date

Name	Date





## AUTHOR AGREEMENT AND PUBLICATION RIGHTS FORM

*Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*

(Please print or type)

Title of Manuscript: Scapular Kinematics at pre- post Thoracic Manipulation in Subjects With and Without Impingement Symptoms - Randomized Controlled Study

Author Name(s), Degree(s): Melina N Haik, PT, Francisco Alburquerque-Sendin, PT, PhD, Ivana L Ribeiro, PT, Arlides L Siqueira-Junior, PT, Caroline Z Silva, Paula R Camargo, PT, PhD

Corresponding Author:

Paula Rezende Camargo

Name Universidade Metodista de Piracicaba +55 19 3124-1558

Organization Rodovia do Açucar, km 156 Phone +55 19 3124-1503

Street Piracicaba SP 13400-901 Fax paularezendecamargo@gmail.com

City Piracicaba State SP Postal Code 13400-901 E-mail paularezendecamargo@gmail.com

Signatures below certify agreement that each author is in full compliance with the statements that follow. Original signatures are required. This original signed form must accompany your manuscript submission to the *Journal* editorial office.

1. **Transfer of Copyright.** I understand and agree that the copyright for the manuscript entitled above, if published by the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, will be taken out in the name of the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. As such, I agree and understand that all rights to the manuscript are assigned and transferred to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. I understand that this agreement covers revisions of this manuscript, including modifications of the manuscript title listed above. In consideration of the publication of the manuscript, I grant and assign to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* and its successors all rights in the manuscript of whatsoever kind of nature, including those now or hereafter protected by the Copyright Laws of the United States and all foreign countries, as well as any renewal, extension, or reversion of copyright, now or hereafter provided, in any country. I warrant that this contribution, including all tables, figures, and photographs, is original; that I have full power to make this grant; and that the manuscript, including tables, figures, and photographs, has not been previously published. If portions have been previously published, written permission to publish this material in the *Journal* has been granted by the appropriate certifying body, and the original signed form or letter granting permission to reprint from this source has been submitted with the manuscript to the *Journal* editorial office. I also grant that for all portions, including tables, figures, and photographs, republished with permission from another source, an appropriate credit line identifying the certifying body has been provided in the manuscript. In turn, the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* grants to me the royalty-free right of republication in any book of which I am the author or editor, subject to the express condition that lawful notice of claim of copyright be given. I understand that I will receive no royalty or other monetary compensation for the assignment set forth in this agreement. The authors hereby agree to grant the *Journal* the right to edit, revise, abridge, condense, and translate the foregoing work. They understand that they bear the responsibility for approving editorial changes. Please refer to the *Journal's* website for current authors' instructions on submitting manuscripts for publication.
2. **Exceptions to Transfer of Copyright.**
  - a. **Exemption for Authors Employed by the US Government:** I attest that the above manuscript was written as part of the official duties of the authors as employees of the US Government and, therefore, that a transfer of copyright cannot be made.
  - b. **Public Access to Government-Funded Research:** I attest that the above manuscript reports on research funded through a governmental entity such as the US National Institutes of Health, the Canadian Institutes of Health Research, the UK Medical Research Council, the European Research Council, The Wellcome Trust, and the Australian Research Council, and thus must comply with the policies of these organizations regarding public access, should the manuscript be accepted for publication. Public access includes providing a copy of the final manuscript, including all modifications from the publishing and peer review process, to central databases or repositories, such as the US National Library of Medicine's (NLM) PubMed Central (PMC) database. I understand that *JOSPT* also authorizes government bodies to make the manuscript available in digital form for public access immediately upon publication.
3. **Exclusivity of Submission.** I affirm that the submitted manuscript is original work by the author(s) and is not published or under consideration for publication (in whole or in part) elsewhere.
4. **Biomedical Research, Human Subjects, and Animal Subjects.** I affirm that if this manuscript is an investigation involving human subjects, written informed consent has been obtained and an appropriate institutional review board has approved the project. If I did not have available a formal institutional review committee, I followed the principles outlined in the "Declaration of Helsinki," which included a review and approval of my research protocol by an independent, specially appointed committee. In the Methods section of my submitted manuscript, I have stated the manner in which informed consent was obtained and that institutional review committee approval or its equivalent was obtained. I will provide evidence of such approval if requested. Further, on request from the *Journal* Editor-in-Chief, I agree to provide the data on which the manuscript is based.
5. **Authorship Certification.** I have participated in this study and have made a substantial contribution to (1) the conception, design, or the analysis and interpretation of the data; and (2) to drafting the article or revising it critically for important intellectual content. In addition, I have participated in this work to the extent that I will take public responsibility for it. I believe that the manuscript represents valid work and I have reviewed and approved the manuscript submitted to the *Journal*. If the manuscript is accepted for publication in the *Journal* and revisions are necessary prior to publication, I agree to have the corresponding author listed above serve as the representative for securing my approval of the revisions, and providing the *Journal* with a timely revision of the work.
6. **Financial Disclosure and Conflict of Interest.** I affirm that I have no financial affiliation (including research funding) or involvement with any commercial organization that has a direct financial interest in any matter included in this manuscript, except as disclosed in an attachment and cited in the manuscript. Any other conflict of interest (ie, personal associations or involvement as a director, officer, or expert witness) is also disclosed in an attachment.
7. **Acknowledgement Statements.** In the event that individuals are acknowledged for contributions to the work but are not designated as authors, I attest that written permission has been obtained from all individuals named in the acknowledgement.

Original signature of each author:

Melina N Haik

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Arlides L Siqueira-Junior

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Francisco Alburquerque-Sendin

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Ivana L Ribeiro

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Caroline Z Silva *Caroline Z Silva* 07/10/13

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Paula R Camargo

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**JOSPT, 1111 N. Fairfax St., Suite 100, Alexandria, VA 22314, ph. 877-766-3450**

**SCAPULAR KINEMATICS AT PRE- POST THORACIC MANIPULATION IN  
SUBJECTS WITH AND WITHOUT IMPINGEMENT SYMPTOMS –  
RANDOMIZED CONTROLLED STUDY**

Melina N. Haik, PT, Ivana L. Ribeiro, PT, Aristides L Siqueira Junior, PT, Caroline Z.  
Silva, Francisco Albuquerque-Sendín, PT, PhD, Paula R. Camargo, PT, PhD

I hereby grant to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* the royalty-free right to publish photographs and/or videos of me for the stated journal and the above manuscript in which I appear as subject, patient, or model, and for the stated *Journal's* website ([www.jospt.org](http://www.jospt.org)). I understand that any figure in which I appear may be modified.



Louise Gracelli Pereira da Silva

**SCAPULAR KINEMATICS AT PRE- POST THORACIC MANIPULATION IN  
SUBJECTS WITH AND WITHOUT IMPINGEMENT SYMPTOMS –  
RANDOMIZED CONTROLLED STUDY**

Melina N. Haik, PT, Ivana L. Ribeiro, PT, Aristides L Siqueira-Junior, PT, Caroline Z.  
Silva, Francisco Alburquerque-Sendín, PT, PhD, Paula R. Camargo, PT, PhD

I hereby grant to the *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* the royalty-free right to publish photographs and/or videos of me for the stated journal and the above manuscript in which I appear as subject, patient, or model, and for the stated *Journal's* website ([www.jospt.org](http://www.jospt.org)). I understand that any figure in which I appear may be modified.



Melina Nevoeiro Haik