

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

TRABALHO DE GRADUAÇÃO III

DIFERENÇA ENTRE OS SEXOS NA RAZÃO DE ATIVAÇÃO MUSCULAR
RELATIVA DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE A ABDUÇÃO ISOMÉTRICA
DO OMBRO

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Beatriz de Oliveira
Coorientadora: Dr^ª. Marina Machado Cid
Colaborador: Ms. Lucas Leonardo Zancanaro
Aluna: Laura Maria Setem Davanzo
RA: 744982

SÃO CARLOS

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

TRABALHO DE GRADUAÇÃO III

DIFERENÇA ENTRE OS SEXOS NA RAZÃO DE ATIVAÇÃO MUSCULAR
RELATIVA DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE A ABDUÇÃO ISOMÉTRICA
DO OMBRO

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Beatriz de Oliveira
Coorientadora: Dr^ª. Marina Machado Cid
Colaborador: Ms. Lucas Leonardo Zancanaro
Aluna: Laura Maria Setem Davanzo
RA: 744982

Trabalho de Graduação III do
Curso de Fisioterapia da
Universidade Federal de São
Carlos, realizado no
Laboratório de Cinesiologia
Clínica e Ocupacional.

SÃO CARLOS

2021

Resumo

Introdução: Os músculos escapulotorácicos têm papel importante na estabilidade da articulação do ombro e a ativação descoordenada dos músculos do ombro e da escápula podem levar a compensações e disfunções que são capazes de comprometer a função da articulação. A grande demanda do ombro em tarefas ocupacionais torna a dor no ombro um acometimento comum na população, com maior prevalência no sexo feminino. Estudos mostram que pode haver diferenças entre os sexos na ativação dos músculos do membro superior, sendo importante entender se essas diferenças nos mecanismos biológicos podem contribuir para a maior prevalência de dor em mulheres.

Objetivo: Identificar se existem diferenças na razão de ativação muscular relativa dos músculos do complexo do ombro durante o teste de manutenção do torque entre homens e mulheres.

Hipótese: A hipótese é que as mulheres mostrem maior desequilíbrio na ativação dos músculos do ombro comparado aos homens.

Métodos: Participaram do estudo 17 homens e 17 mulheres assintomáticos, com idade entre 18 e 35 anos que, por meio do Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos (QNSM), não relataram dor nas regiões do ombro e pescoço de intensidade maior que 2 cm, nos últimos 3 meses, de acordo com a Escala Visual Analógica (EVA). Foi avaliado o pico de torque (PT) e a manutenção do torque submáximo a 20% e 35% do PT durante a abdução isométrica do braço no plano da escápula. Foram registrados os sinais eletromiográficos de superfície (sEMG) das fibras acromiais do trapézio superior (TS), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA). A análise da razão de ativação muscular relativa foi realizada a partir da média *Root Mean Square* (RMS) dos músculos nas fórmulas: TS/TM, TS/TI, TS/SA, TI/SA, DA/TM, DA/TI, DA/SA, DA/TM+TI+SA e DA/TI+SA.

Análise estatística: As análises estatísticas foram feitas no software SPSS (Statistical Package for Social Science, versão 17) por meio de ANOVA de medidas repetidas, com nível de significância de 5%.

Resultados: Foi encontrado efeito principal de sexo na razão DA/TI, sendo que os homens apresentaram maiores valores do que as mulheres (homens > 1; mulheres < 1). Também houve efeito principal de intensidade para TI/SA, DA/TI e DA/TI+SA, onde o aumento da intensidade alterou as razões.

Conclusão: Os homens apresentaram maior ativação do DA, demonstrando um controle motor mais preciso que as mulheres, visto que o DA é o músculo efetor da tarefa.

Palavras-chave: Ombro; Fisioterapia; sEMG; Desordem Musculoesquelética.

Abstract

Introduction: Scapulothoracic muscles perform an important role in shoulder's joint stability, and an uncoordinated activation of the upper girdle muscles can lead to compensations and dysfunctions that may compromise the joint's function. The high shoulder request during work tasks makes the shoulder pain a common musculoskeletal disorder in general population, with higher prevalence in women. Current findings support that there may be sex differences in shoulder muscles activation, and it is important to understand how some biological mechanisms can support the development of neck/shoulder disorders. **Objective:** The aim of this study is to identify if there are sex differences in the relative muscle activity ratios of the upper girdle muscles during the shoulder isometric abduction in scapular plane. **Hypothesis:** It was expected a higher imbalance in the women's shoulder muscle activation. **Methods:** 17 asymptomatic females and 17 asymptomatic males were evaluated, who were between 18 and 35 years old, without musculoskeletal symptoms in the neck/shoulder according to Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) and did not have neck/shoulder pain higher than 2cm in the Visual Analogue Scale in the last 3 months. The torque peak (PT) and the steadiness of the submaximal torque at 20% and 35% of the PT were evaluated by isometric abduction of the dominant upper limb in the scapular plane. Surface electromyographic from upper, middle and lower trapezius (UT, MT, LT), serratus anterior (SA) and anterior deltoid (AD) were recorded. The relative muscle activity ratios analysis was obtained from the Root Mean Square (RMS) values and then expressed as: UT/MT, UT/LT, UT/SA, LT/SA, AD/MT, AD/LT, AD/SA, AD/MT+LT+SA and AD/LT+SA. **Statistical analysis:** Statistical analysis were performed using SPSS software (Statistical Package for Social Science, version 17) through repeated-measures analysis of variance, with a significant level of 5%. **Results:** It was found main sex effect for the AD/LT ratio. Men presented higher values than women (men < 1; women > 1). There was also main intensity effect for the LT/SA, AD/LT and AD/LT+SA ratios, showing that changes on intensity also changed the ratios. **Conclusion:** Men presented higher AD activation, demonstrating more precise motor control than women, since AD is the task effector's muscle.

Keywords: Shoulder; Physical Therapy; sEMG; Musculoskeletal disorder.

Sumário

1. Introdução	6
2. Objetivo e hipótese	8
3. Métodos	9
3.1. Sujeitos	9
3.2. Pico de torque e manutenção do torque	10
3.3. Registro da sEMG.....	11
3.4. Processamento dos dados	12
3.5 Análise estatística	13
4. Resultados	14
5. Discussão	17
6. Conclusão	21
7. Referências	22

1. Introdução

O complexo do ombro é formado por um conjunto de articulações, as quais se movimentam por meio da ação muscular coordenada, aumentando aspectos como versatilidade, controle e amplitude dos movimentos (NEUMANN, 2002). Isso nos permite realizar diversas atividades funcionais, laborais, esportivas e atividades de vida diária. No entanto, por ser uma articulação com grande liberdade de movimento, a estabilidade do ombro não depende apenas de componentes estáticos, como estruturas ósseas, capsuloligamentares e lábio glenoidal, mas principalmente de componentes dinâmicos, como os músculos (ANDERS et al., 2004).

Os músculos Serrátil Anterior (SA), Trapézio Superior (TS), Trapézio Médio (TM) e Trapézio Inferior (TI) são fundamentais para o bom funcionamento da articulação escapulotorácica e, conseqüentemente, do complexo do ombro. Esses músculos constituem pares de forças que agem na estabilização e na rotação superior da escápula durante a flexão e abdução do ombro (CAMARGO & NEUMANN, 2019; NEUMANN & CAMARGO, 2019). O músculo deltoide anterior (DA), por sua vez, atua como importante mobilizador da articulação glenoumeral em situações de elevação do braço (NEUMANN, 2002; SMITH, L. K.; WEISS, E. L. & LEHMKUHL, L. D, 1997).

Os músculos escapulares devem promover simultaneamente estabilidade e controle, para garantir o movimento escapulo-umeral normal e livre de dor (MICHENER et al., 2016; KIBLER & MCMULLEN, 2003). Quando esse mecanismo de estabilização escapular é falho, a função do ombro é ineficiente, resultando em piora da performance neuromuscular e predispondo o indivíduo ao desenvolvimento de problemas no ombro (VOIGHT & THOMSON, 2000; MORAES, FARIA & TEIXEIRA, 2008). Michener et al. (2016) investigaram os pares de força dos músculos escapulares, durante a elevação do ombro, para determinar se a razão da atividade muscular relativa em indivíduos com e sem síndrome da dor subacromial eram diferentes. Os participantes com síndrome da dor subacromial apresentaram maiores valores para a razão TS/TI e menor valor para a razão TI/SA comparados ao grupo controle, indicando grande importância do TI durante a elevação do ombro e também demonstrando que há uma disfunção no equilíbrio da ativação dos músculos escapulares em pacientes com síndrome da dor subacromial.

A dor no ombro é o segundo comprometimento musculoesquelético mais comum, com prevalência de cerca de 20% na população geral, perdendo apenas para a dor lombar (PICA VET & SCHOUTEN, 2003). No contexto ocupacional, as desordens

musculoesqueléticas na região do ombro e do pescoço também são muito comuns devido a vários fatores, tanto biomecânicos como psicossociais (KUMAR, 2001). Os fatores biomecânicos associados à dor no ombro relacionada a atividade laboral incluem manutenção da postura estática por tempo prolongado, vibração e movimentos repetitivos. O sexo é outro aspecto importante na prevalência de dor no ombro, sendo mais prevalente esses sintomas em mulheres do que em homens (PRIBICEVIC, 2012).

A diferença entre homens e mulheres podem ir além das diferenças antropométricas existentes. Aspectos como força muscular, potência e *endurance* se diferenciam entre homens e mulheres, principalmente quando as tarefas envolvem o membro superior, sendo os homens capazes de gerar mais força que as mulheres (CÔTÉ, 2012). Alguns autores que analisaram a postura e movimento de homens e mulheres realizando tarefas idênticas de trabalho com movimentos repetitivos, não encontraram diferenças significativas entre os sexos (NORDANDER et al, 2008), enquanto, por outro lado, estudos recentes identificaram diferenças sutis na cinemática entre os sexos, como a diminuição da elevação do braço mais acentuada em homens em situações de fadiga (BOUFFARD et al, 2018; CID et al; 2020). A atividade muscular é outro aspecto que parece se diferenciar entre homens e mulheres. Autores encontraram maior atividade muscular do músculo trapézio e dos músculos extensores do antebraço em relação a sua capacidade máxima em mulheres (NORDANDER et al, 2008; JOHANSEN et al., 2013), concluindo que para a mesma tarefa, as mulheres apresentaram maior atividade muscular, trabalhando perto de sua capacidade máxima, podendo ser mais um fator de risco para o desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (LER/DORT) (CÔTÉ, 2012). Quando comparado a ativação de músculos agonistas e sinergistas do ombro, Anders et al (2004) encontraram maior ativação do músculo deltoide anterior em homens quando realizaram abdução isométrica em um ângulo de 90° comparado as mulheres, demonstrando que os homens tem maior ativação de músculos mobilizadores do ombro, que agem diretamente na direção da força, e as mulheres mostram maior ativação nos músculos estabilizadores do ombro, que agem indiretamente na direção da força.

Para identificar alterações no controle sensório-motor do membro superior, o teste de manutenção do torque tem sido utilizado uma vez que integra mecanismos sensoriais, centrais e eferentes (BANDHOLM et al., 2006). Mudanças no controle sensório-motor em sujeitos com instabilidade glenoumeral foram encontradas em diversos estudos (ELLENBECKER et al, 2012), indicando a importância de um controle

neuromuscular íntegro. Além disso, o teste de manutenção do torque também permite um ambiente controlado, podendo trabalhar com torques alvos que evitem fadiga (BANDHOLM et al., 2006), mimetizando a atividade desejada, e associando o teste ao registro da atividade muscular através da sEMG.

2. Objetivo e hipótese

Considerando que há maior prevalência de LER/DORT na região do ombro/pescoço em mulheres (PRIBICEVIC, 2012) e que autores mostram que pode haver diferenças entre os sexos na ativação dos músculos do membro superior (ANDERS et al., 2004; NORDANDER et al., 2008; CÔTÉ, 2012), é importante entender se essas diferenças nos mecanismos biológicos podem contribuir para a maior prevalência de dor em mulheres.

Visto que o *timing* de ativação muscular, a produção de força e sua relação entre sinergistas e antagonistas são fatores importantes para garantir a estabilidade articular (COOLS et al, 2003), e que a ativação muscular descoordenada dos músculos do ombro e da escápula podem levar à disfunções e compensações que são capazes de comprometer o desempenho da articulação do ombro (MORAES, FARIA & TEIXEIRA, 2008; VOIGHT & THOMSON, 2000; KIBLER & MCMULLEN, 2003), o objetivo desse estudo é verificar se há diferença na razão da ativação muscular relativa dos músculos do complexo do ombro (trapézio superior, trapézio médio, trapézio inferior, serrátil anterior e deltoide anterior) entre os homens e as mulheres durante o teste de manutenção do torque.

A hipótese é que a razão da ativação muscular relativa será diferente entre os sexos durante o teste de manutenção do torque. O esperado é que as mulheres mostrem maior desequilíbrio na ativação dos músculos do ombro, o que pode ser um fator relevante para a compreensão do porquê as mulheres são mais afetadas por desordens musculoesqueléticas na região do ombro/pescoço.

3. Métodos

3.1 Sujeitos

Aspectos éticos

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e aprovado (Protocolo #77746817.3.0000.5504), seguindo em concordância com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e a Declaração de Helsinki.

Critérios de inclusão e exclusão

Seguindo a linha dos estudos que também observaram diferença entre os sexos em sujeitos assintomáticos, o tamanho da amostra foi de 17 homens e 17 mulheres. Foram convidados para participar do estudo mulheres e homens saudáveis, com idade entre 18 e 35 anos, que não realizam atividade esportiva e/ou atividades laborais repetitivas unilaterais com o membro dominante. Foi aplicado o Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos (QNSM) para identificar sintomas nas regiões do ombro/pescoço. O QNSM abrange nove regiões do corpo humano (pescoço, ombros, parte superior das costas, cotovelos, punhos/mãos, parte inferior das costas, quadril/coxas, joelhos, tornozelos/pés). O sujeito avaliado respondeu “sim” ou “não” para a ocorrência de sintomas musculoesqueléticos (como dor, formigamento e dormência), e também se esses sintomas tiveram consequências como afastamento de atividades rotineiras e busca por auxílio de um profissional de saúde (BARROS & ALEXANDRE, 2003).

Também foi aplicada a Escala Visual Analógica (EVA) com a finalidade de avaliar a intensidade dos sintomas musculoesqueléticos. A EVA é constituída por uma linha de 10cm, com âncoras textuais nas extremidades, sendo que a extremidade esquerda (0) apresenta a âncora “nenhuma dor” e a extremidade direita (10) “pior dor possível” (PRICE et al., 1983). Foram considerados aptos a participar do estudo os sujeitos com idade entre 18 e 35 anos que, de acordo com o QNSM, não relataram nos últimos 3 meses dor nas regiões do ombro e pescoço de intensidade maior que 2 cm segundo a EVA (ZEBIS et al., 2011). Os critérios de exclusão foram: relato de sintomas musculoesqueléticos em mais de quatro regiões corporais nos últimos três meses, de acordo com o QNSM, doenças sistêmicas, reumáticas ou neurológicas, Índice de Massa Corporal (IMC) > 28kg/m², luxação, fratura ou cirurgia prévia em

membros superiores e histórico de lesão na região do ombro/pescoço. Também foram excluídos os sujeitos que praticavam esportes de arremesso ou realizavam atividades laborais com demanda de tarefas manuais repetitivas, indivíduos com a presença de sinal do sulco ou teste de apreensão positivo.

Os sujeitos que cumpriram os critérios de inclusão foram convidados para irem ao laboratório, onde foram informados sobre os procedimentos do estudo e entregamos o termo de consentimento livre e esclarecido, o qual assinaram de acordo com sua concordância.

3.2. Pico de torque e manutenção do torque

O pico de torque (PT) e a manutenção do torque submáximo a 20 e 35% do PT foram avaliados por meio da abdução isométrica do membro superior dominante no plano da escápula, utilizando o dinamômetro isocinético Biodex Multi Joint System 3 (Biodex Medical System III Inc., New York). Os testes foram conduzidos por um único fisioterapeuta treinado. Antes de cada sessão o equipamento foi calibrado conforme as recomendações do fabricante. Os dados foram registrados a 100Hz.

A avaliação dos sujeitos foi realizada na posição sentada com o braço dominante em 90° de abdução no plano escapular, rotação neutra e cotovelo em extensão total. A estabilização foi realizada pelo cinto pélvico e diagonal no tronco. O dinamômetro teve o seu eixo mecânico alinhado ao eixo de rotação da articulação acromioclavicular. O efeito da gravidade foi corrigido pela mensuração do peso do membro relaxado na posição teste (CAMARGO et al., 2009).

A avaliação do PT foi realizada a partir de três contrações voluntárias máximas (CVM's) isométricas com 5 segundos de duração cada e um intervalo de 2 minutos entre as repetições (CAMARGO et al., 2009). Das três repetições, o maior torque produzido foi considerado o PT. Os indivíduos receberam comando verbal padronizado durante as repetições das CVM's, a fim de incentivar a realização do máximo de força nas três contrações.

Para a avaliação da manutenção do torque submáximo, foram determinados os torques-alvo a 20 e 35% do PT (BANDHOLM et al., 2006; CAMARGO et al., 2009; SANTOS et al., 2016; ZANCA et al., 2013), corrigindo o efeito da gravidade (SANTOS et al., 2016). A correção do efeito da gravidade foi realizada subtraindo o peso do membro do PT e adicionando-o ao torque-alvo

novamente (CAMARGO et al., 2009). Os cálculos dos torques-alvo foram realizados de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Torque-alvo} = [(\text{PT} - \text{peso do membro}) * 0.20 \text{ ou } 0.35] + \text{peso do membro}$$

Os sujeitos realizaram uma contração isométrica submáxima em cada torque-alvo antes da avaliação da manutenção do torque submáximo, para familiarização. A ordem de avaliação das contrações submáximas ocorreu de forma aleatorizada. A manutenção do torque foi avaliada a partir de três contrações isométricas mantidas por dez segundos em cada torque-alvo, com intervalo de um minuto entre elas (CAMARGO et al., 2009). O *feedback* visual durante o teste foi fornecido por meio da exibição do torque-alvo no monitor do computador. A instrução dada aos sujeitos foi para alcançar e sustentar a linha que mostra o torque produzido por eles em cima da linha do torque-alvo, com a menor oscilação possível (ZANCA et al., 2013).

3.3. Registro da sEMG

Durante as avaliações de manutenção do torque, foram registrados os sinais eletromiográficos de superfície do lado dominante, com frequência de aquisição de 2000Hz. O dispositivo utilizado para os registros foi o Trigno Personal Monitor (Delsys, Boston, MA, USA). Foram registrados, por meio dos sensores MiniHead (Delsys, Boston, MA, USA), os sinais do trapézio superior – fibras acromiais (TS), trapézio inferior (TI), trapézio médio (TM), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA). Os sensores possuem dimensão de 25x12x7 mm, dimensão do sensor de referência de 27x37x15 mm, passa-banda de 20 a 450 Hz, resolução de 16-bits, CMRR > 80 dB e ruído < 0,75 μ V (RMS). A preparação da pele ocorreu por meio da higienização com álcool 70% e da tricotomia local, e as fixações dos eletrodos foram feitas com uma interface de adesivo dupla-face (Delsys, Boston, MA, USA) seguindo os posicionamentos descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Posicionamentos dos eletrodos para registro da eletromiografia de superfície.

Músculo	Posicionamento do eletrodo
Trapézio Superior (TS)	2 cm lateral ao ponto médio entre o processo espinhoso de C7 e o acrômio, na direção das fibras musculares (MATHIASSEN, WINKEL & HÄGG, 1995)
Trapézio Médio (TM)	20% medial ao ponto médio entre o bordo medial da escápula e T3 (HOLTERMANN et al., 2009)
Trapézio Inferior (TI)	33% medial ao ponto médio entre o bordo medial da escápula e T8 (HOLTERMANN et al., 2009)
Serrátil Anterior (SA)	7º espaço intercostal, na linha axilar média (HARDWICK et al., 2006)
Deltoide Anterior (DA)	Um dedo distal e anterior ao acrômio (SENIAM)

3.4. Processamento dos dados

Os dados da sEMG foram processados utilizando o software MatLab (versão 8,5, MathWorks Inc., Natick, USA). O *offset* foi removido e os sinais foram filtrados com filtro Butterworth, passa-banda de 30-450Hz, 8ª ordem e atraso de fase zero. Os sinais foram convertidos em valores *Root Mean Square* (RMS) por meio de janelamento (duração de 100ms e sobreposição de 99,5%). Para normalização foi calculada a maior amplitude de ativação muscular durante as três CVM's.

Para o cálculo dos sEMG normalizados foram excluídos os dois segundos iniciais e foram utilizados o período seguinte de oito segundos, a fim de evitar a fase de ajuste inicial.

As análises da razão de ativação muscular relativa foram realizadas a partir da média dos valores RMS normalizados dos músculos TS-A, TM, TI, SA e DA, considerando os seguintes pares musculares: TS/TM, TS/TI, TS/SA, TI/SA, DA/TM, DA/TI, DA/SA, DA/TM+TI+SA e DA/TI+SA.

3.5. Análise estatística

O software SPSS (Statistical Package for Social Science, versão 17) foi utilizado para realizar as análises estatísticas. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. A homoscedasticidade foi verificada por meio do teste de Levene. A ativação muscular relativa de todos os pares musculares foi avaliada por meio da ANOVA de medidas repetidas, tendo como fator inter-grupo (*between-subjects*) o sexo dos indivíduos e como fator intra-grupo (*within-subjects*) a intensidade da contração submáxima. Testes *post-hoc* usando a correção de Bonferroni foram realizados quando interações significativas foram encontradas. O nível de significância foi determinado a 5% ($P < 0,05$).

4. Resultados

A Tabela 2 apresenta os valores de média (desvio padrão) da ativação muscular relativa dos pares avaliados em homens e mulheres, bem como os valores de P das análises estatísticas, considerando os valores RMS normalizados. Não foram encontradas interações significativas entre *Intensidade* x *Sexo* para nenhuma das variáveis avaliadas. Houve efeito principal de sexo na razão DA/TI, sendo que os homens apresentaram maior razão que as mulheres (Figura 3A). Foi também encontrado efeito principal de intensidade nas razões DA/TI (Figura 3A), TI/SA (Figura 3B) e DA/TI+SA (Figura 3C). Nesse caso o aumento da intensidade evidenciou aumento da razão para DA/TI+SA e DA/TI e redução para TI/SA.

Tabela 2. Média (desvio padrão) da razão de ativação muscular relativa dos músculos avaliados, obtidos a partir dos valores *Root Mean Square (RMS)* normalizados, registrados durante as contrações submáximas à 20% e 35% do pico de torque para homens e mulheres e os valores de P para a comparação entre *Intensidade*, *Sexo* e efeitos de interação entre *Intensidade* e *Sexo*. Os valores em **negrito** representam diferenças estatisticamente significantes.

	Mulheres		Homens		Intensidade x Sexo	Intensidade	Sexo
	20% Med (DP)	35% Med (DP)	20% Med (DP)	35% Med (DP)			
DA/TM+TI+SA	0,317 (0,073)	0,324 (0,065)	0,351 (0,093)	0,365 (0,081)	0,66	0,19	0,16
DA/TI+SA	0,441 (0,105)	0,463 (0,090)	0,488 (0,138)	0,515 (0,132)	0,82	0,03	0,21
TS/TM	1,195 (0,572)	1,102 (0,422)	1,188 (0,410)	1,235 (0,468)	0,12	0,61	0,69
TS/TI	0,858 (0,285)	0,935 (0,265)	1,015 (0,628)	1,086 (0,402)	0,95	0,15	0,27
TS/SA	0,887 (0,363)	0,930 (0,358)	0,851 (0,331)	0,879 (0,371)	0,77	0,16	0,72
TI/SA	1,076 (0,377)	0,999 (0,285)	0,948 (0,415)	0,841 (0,328)	0,67	0,01	0,23
DA/TM	1,241 (0,538)	1,138 (0,402)	1,387 (0,551)	1,377 (0,486)	0,31	0,22	0,25
DA/TI	0,887 (0,208)	0,952 (0,189)	1,103 (0,427)	1,208 (0,424)	0,54	0,01	0,04
DA/SA	0,930 (0,333)	0,934 (0,267)	0,945 (0,289)	0,949 (0,264)	0,99	0,90	0,87

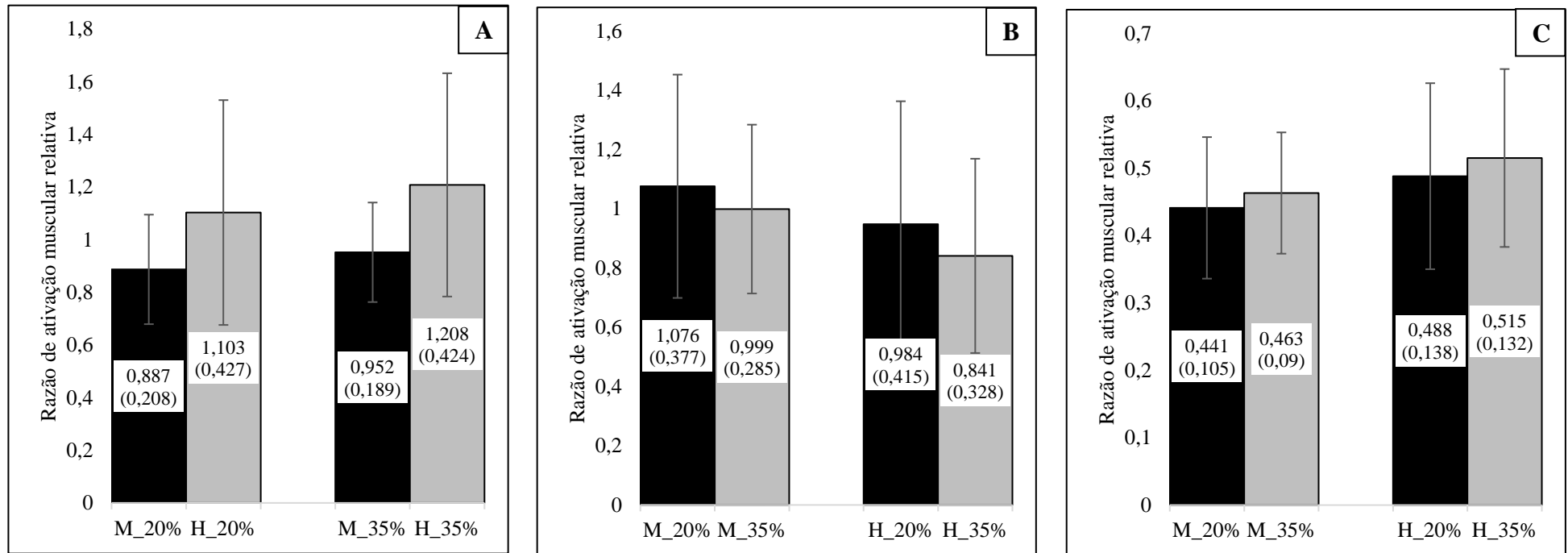


Figura 3. A: Média e desvio-padrão da razão da ativação muscular relativa dos músculos deltoide anterior/trapézio inferior (DA/TI), efeito principal sexo para intensidade de 20% e 35% do PT, e efeito principal intensidade; média e desvio padrão por grupo. **B:** Razão da ativação muscular relativa dos músculos trapézio inferior e serrátil anterior (TI/SA), efeito principal intensidade; média e desvio padrão por grupo. **C:** Razão da ativação muscular relativa dos músculos deltoide anterior/trapézio inferior + serrátil anterior (DA/TI+SA), efeito principal intensidade; média e desvio padrão por grupo. M: Mulheres; H: Homens.

5. Discussão

O presente estudo teve como objetivo investigar se há diferença na razão de ativação relativa dos músculos do complexo do ombro entre homens e mulheres durante a abdução isométrica do ombro. Embora não tenha havido interação *Intensidade x Sexo* significativa para nenhum dos pares musculares avaliados, foi encontrado efeito principal de sexo na razão DA/TI. Homens apresentaram maiores razões do que as mulheres em ambas as intensidades. Também houve efeito principal de intensidade nas razões TI/SA, DA/TI e DA/TI+SA, sendo que o aumento da intensidade evidenciou aumento da razão para DA/TI+SA e DA/TI, e redução para TI/SA. Os dados demonstraram que, com o aumento da intensidade, houve aumento da ativação em todos os músculos. Porém, esse aumento ocorreu em menor proporção no TI em relação aos outros músculos, alterando o valor das razões.

Nossos resultados evidenciaram efeito principal de sexo para a razão DA/TI, onde, independente da intensidade, os homens apresentaram maiores razões do que as mulheres, sendo a razão de ativação muscular relativa das mulheres < 1 e dos homens > 1 . Isso indica que, durante o teste de manutenção do torque, os homens tiveram maior ativação do DA comparado ao TI, enquanto as mulheres ativaram mais o TI comparado ao DA. Anders et al (2004) avaliaram a ativação dos músculos do ombro em homens e mulheres em condições isométricas e identificaram que os homens apresentaram maior ativação do músculo DA na abdução isométrica a 90° . Os autores concluíram que, no geral, os homens têm tendência a apresentar maior ativação em músculos que agem diretamente na produção de força, e descreveram a ativação muscular do ombro nos homens como sendo mais precisa do que a das mulheres, o que corrobora com os nossos resultados.

O deltoide anterior é um importante mobilizador do ombro, tendo uma ação determinante para elevação do úmero (HIK & ACKLAND, 2019) e, conseqüentemente, é um músculo chave para o desempenho da contração avaliada no presente estudo. A ativação do TI também é importante para a elevação do membro superior, devido à ação estabilizadora da escápula, realizando também o *tilt* posterior e colaborando com a rotação superior da escápula (CAMARGO & NEUMANN, 2019; NEUMANN & CAMARGO, 2019). A partir dos nossos achados que mostraram menor razão DA/TI nas mulheres em comparação aos homens, podemos supor que devido à menor capacidade de ativar o DA, as mulheres desenvolveram um mecanismo compensatório que levou a uma

maior ativação do TI. Isso por sua vez pode representar um aspecto negativo para o sexo feminino a longo prazo, uma vez que o TI ficaria mais propenso a sobrecarga, sendo que a ação comprometida desse músculo pode ser um dos aspectos associados a patologias no ombro (MICHENER et al, 2016; CAMARGO & NEUMANN, 2019). Nesse sentido, destaca-se também que diversos estudos têm mostrado maiores níveis de ativação nas mulheres em comparação aos homens para os músculos estabilizadores da cintura escapular (JOHANSEN et al., 2013; MINN & CÔTÉ, 2018; CID et al., 2019), indicando que elas precisam realizar a contração de interesse sempre mais próximas de sua capacidade máxima, aumentando assim a sobrecarga nesses músculos e conseqüentemente o risco de desenvolver lesão. Por fim, a maior ativação do DA em relação ao TI para os homens pode indicar uma maior capacidade em modular as estratégias motoras adotadas pelo DA durante a contração. Em estudo realizado recentemente, foi especulado que os homens podem fazer um melhor uso das sensações percebidas no DA do que as mulheres durante uma tarefa repetitiva, uma vez que foi encontrado uma maior relação entre percepção de esforço e parâmetros de EMG do DA para os homens (OTTO et al., 2018). Os autores especularam que esse achado pode indicar uma capacidade nos homens em detectar de forma mais eficiente as mudanças no estado muscular do DA e assim criar mecanismos protetivos contra lesão (OTTO et al., 2018). Nesse contexto, a menor capacidade de ativar o DA vista nas mulheres, músculo efetor que tem papel chave para a realização da contração de interesse, pode predispor-las a um maior risco de desenvolver desordens na região de pescoço e ombro.

Outro achado foi nas razões TI/SA, DA/TI e DA/TI+SA, onde, na intensidade de 35%, houve aumento significativo nas razões DA/TI+SA e DA/TI e redução para TI/SA. Com o aumento da intensidade houve aumento na ativação muscular, sendo que o TI aumentou em menor proporção do que os outros músculos, alterando o valor das razões. Assim, acreditamos que a realização da contração em maior intensidade, alterou o padrão de recrutamento dos músculos avaliados, especialmente do TI. A ativação do TI apresenta um papel chave para que haja um adequado controle motor da cintura escapular. Por exemplo, autores que avaliaram a razão de ativação muscular relativa dos músculos escapulotorácicos durante a abdução do ombro em sujeitos com síndrome da dor subacromial identificaram déficit de ativação do músculo TI quando comparado ao grupo controle, apresentando maior valor para a razão TS/TI e menor valor para TI/SA (MICHENER et al., 2016). Por outro lado, em estudo realizado por Bandhom et al (2006)

não foi encontrado déficit de ativação de TI em sujeitos com síndrome da dor subacromial, quando comparado a sujeitos saudáveis, durante a abdução isométrica do ombro, contrapondo os outros estudos. Michener et al (2016) defendem que esses achados contraditórios podem indicar que o principal aspecto para um movimento do ombro normal e sem dor é a coordenação entre o TI e os outros músculos escapulares, como TS e SA, e não a ativação isolada do músculo TI.

Além disso, Reed et al (2016) e Wattanaprakornkul et al (2011) avaliaram o padrão de ativação muscular de sujeitos saudáveis com diferentes cargas durante a abdução e a flexão dinâmica do ombro, respectivamente, e encontraram que com o aumento da carga, todos os músculos aumentaram a ativação em proporções similares, evidenciando que o padrão de recrutamento muscular não muda com o aumento da carga. Esses resultados não corroboram com nosso estudo, onde com o aumento da carga também observamos aumento da ativação de todos os músculos, porém o TI aumentou com menor intensidade, alterando as razões DA/TI+SA, DA/TI e TI/SA. Essas diferenças entre nossos resultados e os encontrados por Reed et al (2016) e Wattanaprakornkul et al (2011) podem estar relacionadas a diferenças metodológicas, uma vez que eles avaliaram contrações dinâmicas e não isométricas.

Diante dos resultados, percebemos a presença do TI em todas as variáveis que obtiveram diferenças significativas nas razões. O trapézio é um importante mobilizador proximal do ombro (NEUMANN, 2002), sendo o TI, junto ao SA, os principais músculos que atuam na rotação superior da escápula no início e na metade do arco de movimento (CAMARGO & NEUMANN, 2019; NEUMANN & CAMARGO, 2019) e a disfunção de um desses músculos pode resultar em um padrão alterado do movimento escapular, comprometendo o alinhamento glenoumeral (COOLS et al, 2007).

Um dos resultados esperados era na interação *Intensidade x Sexo*, pois o estudo foi controlado, utilizando atividade isométrica a 20% e a 35% do PT. A utilização do torque alvo a 20% do PT foi realizada com o objetivo de aplicar o menor torque possível quando corrigimos a influência da gravidade (BANDHOLM et al., 2006), mimetizando o esforço em atividades ocupacionais que exigem a abdução isométrica do membro superior. Já o torque alvo a 35% do PT foi escolhido como a força alvo mais alta que evitasse fadiga dos sujeitos durante o teste (BANDHOLM et al., 2006). Esperávamos que este torque alvo mais alto evidenciasse ainda mais as diferenças das razões entre os

sexos, mas não obtivemos o resultado esperado para essa interação. A ausência de interações significativas em nossos resultados pode ser atribuída a questões metodológicas relacionadas ao uso da sEMG, uma vez que essa ferramenta avalia apenas uma pequena porção do músculo, podendo não ser capaz de evidenciar de forma clara as diferenças entre os sexos no padrão de ativação muscular durante as contrações submáximas avaliadas. Assim, recomenda-se que futuros estudos que busquem investigar diferenças entre os sexos no controle motor da cintura escapular incluam em suas avaliações outros tipos de ferramentas, além da sEMG, como por exemplo, ferramentas que avaliem a cinemática. Acreditamos que a avaliação da cinemática poderia evidenciar de forma mais ampla as adaptações do controle motor na cintura escapular durante a realização de contrações submáximas do ombro. Cid et al (2020) avaliaram a postura do membro superior, coluna alta, cabeça e pescoço de homens e mulheres, após induzir a fadiga através da simulação de uma tarefa laboral envolvendo movimentos repetitivos do braço acima do nível do ombro, e encontraram diferença entre os sexos. Os autores concluíram que, após a fadiga, os homens mostraram diminuição da elevação do membro superior de forma mais pronunciada do que as mulheres, enquanto as mulheres apresentaram mais posturas não-neutras na região da cabeça e pescoço, indicando diferentes estratégias cinemáticas entre os sexos.

Os pontos fortes do nosso estudo foi a utilização de atividade controlada, onde a contração foi realizada a 20% e 35% do PT, mimetizando a atividade ocupacional e aumentando o esforço para evidenciar diferenças entre os sexos, respectivamente. Outro ponto importante é este ser o primeiro estudo que avalia a diferenças entre os sexos na razão da atividade muscular relativa dos músculos do ombro em uma atividade controlada. Por outro lado, um fator que deve ser considerado é que avaliamos apenas sujeitos assintomáticos e inexperientes, ou seja, não são trabalhadores e nem atletas que realizem atividades ocupacionais ou esportivas que necessitam da abdução do ombro, portanto a diferença entre os sexos pode ser distinta nessas populações.

6. Conclusão

Foi encontrada diferença entre os sexos para a razão DA/TI, sendo que os homens apresentaram maior ativação do DA em relação ao TI, indicando um controle motor mais preciso do que as mulheres, uma vez que o DA é o músculo efetor que tem papel chave para o desempenho da contração avaliada. Além disso, a menor razão DA/TI para as mulheres do que para os homens, pode indicar que elas desenvolveram um mecanismo compensatório que levou à maior ativação do TI devido à uma menor capacidade de ativação do DA. Isso por sua vez, pode expor o TI a uma alta sobrecarga nas mulheres, aumentando o risco de desenvolver lesão na região de pescoço e ombro. Finalmente, encontramos, de modo geral, que na intensidade de contração mais alta, houve aumento da ativação dos músculos avaliados, com menor aumento do TI, indicando uma mudança do padrão de recrutamento muscular em intensidades de contração mais altas.

7. Referências Bibliográficas

ANDERS, C. et al. Activation of shoulder muscles in healthy men and women under isometric conditions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 14, n. 6, p. 699–707, 2004.

BANDHOLM, T. et al. Force steadiness, muscle activity, and maximal muscle strength in subjects with subacromial impingement syndrome. **Muscle & Nerve**, v. 34, n. 5, p. 631–639, 2006.

BARROS, E. N. C. & ALEXANDRE, N. M. C. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. **International Nursing Review**, v. 50, n. 2, p. 101–108, 2003.

BOUFFARD, J. et al. Sex differences in kinematic adaptations to muscle fatigue induced by repetitive upper limb movements. **Biology of Sex Differences**, v. 9, n. 1, 2018.

CAMARGO, P. R. et al. Shoulder abduction torque steadiness is preserved in subacromial impingement syndrome. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 381–387, 2009.

CAMARGO, P.R. & NEUMANN, D.A. Kinesiologic considerations for targeting activation of scapulothoracic muscles – part 2: trapezius. **Brazilian J. Phys. Ther.** 1 –9. 2019.

CID, M. M. et al, Are there sex differences in muscle coordination of the upper girdle during a sustained motor task?. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 45, p. 1–10, 2019.

CID, M. M. et al. Sex differences in postures of the upper body during a simulated work task performed above shoulder level. **Journal of Biomechanics**, v. 107, 2020.

COOLS, A. M. et al. Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. **Am J Sports Med.** 31(4):542-549. 2003.

COOLS, A.M. et al. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. **Scand J Med Sci Sports**; 17:25-33; 2007

CÔTÉ, J. N. A critical review on physical factors and functional characteristics that may explain a sex/gender difference in work-related neck/shoulder disorders, **Ergonomics**, 173-182. 2012.

CÔTÉ, J. N. Adaptations to Neck/Shoulder Fatigue and Injuries. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, 205–228. 2014.

ELLENBECKER, T. S., DAVIES, G. J., & BLEACHER, J. Proprioception and Neuromuscular Control. **Physical Rehabilitation of the Injured Athlete**, 524–547. 2012.

HARDWICK, D. H. et al. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 12, p. 903–910, 2006.

HIK, F. & ACKLAND, D. The moment arms of the muscles spanning the glenohumeral joint: a systematic review. **Journal of Anatomy**, v. 234, n. 1, p. 1–15, 2018.

HOLTERMANN, A. et al. Selective activation of neuromuscular compartments within the human trapezius muscle. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 5, p. 896–902, 2009.

JOHANSEN, T.I. et al. Gender effects on the coordination of subdivisions of the trapezius muscle during a repetitive box-folding task. **Eur. J. Appl. Physiol.** 113, 175–182, 2013.

KIBLER, W. B. & MCMULLEN, J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. **J Am Acad Orthop Surg.** 11:142-51, 2003.

KUMAR, S. Theories of musculoskeletal injury causation. **Ergonomics**, v. 44, n. 1, p. 17–47, 2001.

MATHIASSEN, S. E.; WINKEL, J. & HAGG, G. M. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomics studies—a review. **J Electromyogr Kinesiol.** 5:197–226. 1995.

MICHENER, L. A. et al. Relative scapular muscle activity ratios are altered in subacromial pain syndrome. **J Shoulder Elbow Surg**, 2016.

MINN, S. & CÔTÉ, J. N., Gender differences in sensorimotor characteristics associated with the performance of a manual dexterity task at shoulder height, **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 42, p. 143–150, 2018.

MORAES, G.F.S., FARIA, C.D.C.M. & TEIXEIRA, L.F. Scapular muscle recruitment patterns and isokinetic strength ratios of the shoulder rotator muscles in individuals with and without impingement syndrome. **J Shoulder Elbow Surg.** pp. 48-53. 2008.

NEUMANN, D. A. **Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation.** Philadelphia, PA: Mosby, Inc.; 2002.

NEUMANN, D.A. & CAMARGO, P.R. Kinesiologic considerations for targeting activation of scapulothoracic muscles: part 1: serratus anterior. **Brazilian J. Phys. Ther.** 1 –8. 2019.

NORDANDER, C. et al. Gender differences in workers with identical repetitive industrial tasks: exposure and musculoskeletal disorders. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 81, n. 8, p. 939–947, 2008.

OTTO, A.; EMERY, K. & CÔTÉ, J. N., Differences in muscular and perceptual responses to a neck/shoulder fatiguing task between women and men, **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 43, p. 140–147, 2018.

PICAVET, H. S. & SCHOUTEN, J. S. Musculoskeletal pain in the Netherlands: prevalences, consequences and risk groups, the DMC(3)-study. **Pain**. 102(1-2):167–78. 2003.

PRIBICEVIC, M. The epidemiology of shoulder pain: a narrative review of the literature. **Pain in perspective**. 147–85, 2012.

PRICE, D. D. et al. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. **Pain**, v. 17, n. 1, p. 45–56, 1983.

REED, D. et al. Does load influence shoulder muscle recruitment patterns during scapular plane abduction? **J Sci Med Sport**; 19:755-60; 2016.

SANTOS, G. L. et al. Torque steadiness and muscle activation are bilaterally impaired during shoulder abduction and flexion in chronic post-stroke subjects. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 30, p. 151–160, 2016.

SENIAM - Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles, 2018. Disponível em: <http://www.seniam.org>.

SMITH, L. K.; WEISS, E. L. & LEHMKUHL, L. D. Cinesiologia clínica de Brunnstrom. Quinta Edição. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1997.

SVENDSEN, J. H., & MADELEINE, P. Amount and structure of force variability during short, ramp and sustained contractions in males and females. **Human Movement Science**, 29(1), 35–47. 2010.

VOIGHT, M. L. & THOMPSON, B. C. The role of the scapula in the rehabilitation of shoulder injuries. **J Athl Train**. 35:364-72. 2000.

WATTANAPRAKORNKUL, D. et al. A comprehensive analysis of muscle recruitment patterns during shoulder flexion: an electromyographic study. **Clin Anat**; 24:619-26; 2011.

ZANCA, G. G. et al. Shoulder internal and external rotations torque steadiness in overhead athletes with and without impingement symptoms. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 5, p. 433–437, 2013.

ZANCA, G. G. et al. EMG of upper trapezius - Electrode sites and association with clavicular kinematics. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 24, n. 6, p. 868–874, 2014.

ZANCANARO, L. L. Diferenças entre os sexos no controle sensório-motor do ombro. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2019.

ZEBIS, M. K. et al. Implementation of neck/shoulder exercises for pain relief among industrial workers: a randomized controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 12, p. 205, 2011.