



Marina Machado Cid

Diferenças entre sexos na ativação muscular e estratégias motoras em atividade repetitiva e fadiga muscular no membro superior

São Carlos - SP
Fevereiro
2021



Marina Machado Cid

Diferenças entre sexos na ativação muscular e estratégias motoras em atividade repetitiva e fadiga muscular no membro superior

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

Orientadora: Profa Dra Ana Beatriz de Oliveira

Apoio Financeiro:

CAPES - Bolsa de Doutorado - vigência - 01/05/2018 a 28/02/2021

CAPES- Bolsa PDSE - vigência - 01/11/2018 a 30/04/2019

FAPESP – Auxílio Regular - Processo nº 2016/22386-6

São Carlos - SP
Fevereiro
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

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

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Marina Machado Cid, realizada em 25/02/2021.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira (UFSCar)

Prof. Dr. Rodrigo Scattone da Silva (UFRN)

Profa. Dra. Gisele Garcia Zanca (USJT)

Profa. Dra. Rosimeire Simprini Padula (UNICID)

Profa. Dra. Melina Nevoeiro Haik (UFSCar)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

Dedico essa tese aos meus avós paternos Eloy e Therezinha (em memória) e a
minha avó materna Ana

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”

Aristóteles

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a **Deus** pela minha vida e por ter me conduzido até aqui, sempre me guiando por caminhos muito melhores do que eu imaginei que poderia seguir.

Agradeço imensamente aos meus pais **Eloy** e **Yeda**, que sempre foram meus exemplos, minha fortaleza e meu porto seguro. Pai e mãe, sem o apoio e suporte de vocês, eu jamais teria conseguido realizar todos os sonhos profissionais e pessoais que tive ao longo desses anos e sempre serei grata a vocês por isso. Obrigada por estarem tão presentes em todos os momentos da minha vida e por serem parte de quem eu sou. Agradeço também aos meus irmãos **Vitor** e **Lucas**, que além disso são também meus amigos e companheiros para todas as horas. Obrigada por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida, me dando apoio e me incentivando a chegar cada vez mais longe. A cada dia que passa tenho mais orgulho dos homens incríveis que vocês se tornaram.

Agradeço ao meu namorado **Felipe**, que há quase quatro anos chegou na minha vida para somar em todos os sentidos. Obrigada por ter escolhido compartilhar a vida comigo até mesmo nos momentos em que tivemos que estar longe um do outro fisicamente. Sou muito grata por todos os momentos incríveis que já tivemos juntos, por todo o apoio que você me dá, por você ser meu companheiro para tudo e por sempre me encorajar a correr atrás dos meus sonhos.

Agradeço aos meus tios **Renata** e **Gilberto**, por sempre estarem dispostos a me ajudar com qualquer coisa e a qualquer momento, mas principalmente por terem me dado o maior presente que eu poderia receber: ser madrinha do meu tão amado afilhado **Théo**, a criança mais doce e mais carinhosa que eu já conheci. **Théo**, você é a maior alegria da minha vida.

Agradeço aos meus avós paternos **Eloy** e **Therezinha** (em memória) e a minha avó materna **Ana**, por todo amor, cuidado, carinho e preocupação que sempre tiveram comigo. Obrigada por terem me incentivado muito a estudar e por sempre terem sido tão presentes na minha vida.

Agradeço imensamente a minha orientadora **Ana Beatriz** por confiar tanto no meu trabalho e por ter me dado tantas oportunidades incríveis ao longo

desses anos. Bia, você é uma das minhas maiores inspirações, não só pela profissional extremamente competente que é, mas também por ser uma pessoa incrível, tão empenhada em melhorar o mundo a sua volta. Obrigada por ter me ensinado tanto sobre pesquisa, e também por ter me mostrado que nosso papel dentro de uma universidade, seja como aluno ou professor, pode e deve ir muito além da pesquisa e do ensino. Me espelhando em você pude ver o quanto é importante que sejamos membros ativos dentro da universidade e que lutemos sempre pelos nossos direitos dentro dela. Não tenho nenhuma dúvida de que assim como para mim, você é exemplo para muitas pessoas e me sinto muito feliz e honrada em ter você como minha orientadora.

To my advisor in Canada **Julie Côté**, for having welcomed me so well in Montreal since the first day I arrived there. Julie, thank you very much for the incredible opportunity to have worked with you and learned so much from you over these years. I admire you very much as a professional and as a person and I am very grateful that you were part of one of the most important moments of my life, which was when I left my country for the first time to live in another place.

To professor **Pascal Madeleine** for giving me the opportunity to work with him, for all support with my data analysis in Study 2 and for all the learning I have had with him.

To **Karen** and **Lilian** for being my family in Montreal. Thank you for all the amazing moments we had together. Those moments were very special for me and are part of the incredible experience that was living in Montreal. I miss you!

To all my colleagues from Julie's lab, especially **Chen**, **Chris** and **Geneviève** for being so friendly and so welcoming to me. I loved all the moments we had together in Montreal.

Aos meus queridos amigos do LACO, **Lê Calixtre**, **Dechris**, **Chico**, **Helen**, **Bruninho**, **Luiz** e **Erika**, e ao meu amigo **Danilo**, que embora seja de outro lab, também faz parte do LACO... rsrs. Vocês alegraram todos os meus dias nessa jornada que foi o doutorado e sou imensamente grata pela amizade de cada um de vocês. Agradeço especialmente aos meus amigos **Lucas**, **Lê Bergamin** e **Roberta**, por terem trabalhado tanto comigo para a realização dos estudos que fazem parte da minha tese. Sem vocês três eu não teria conseguido fazer todo esse trabalho. Agradeço pela incrível competência de vocês, por sempre estarem dispostos a me ajudar em qualquer momento com a maior boa

vontade do mundo e por eu ter aprendido tanto com vocês ao longo desses anos. Tenho muita sorte de ter parceiros de trabalho e amigos tão incríveis! **Lucas**, mesmo depois de passar horas e horas coletando, ou depois dos nossos intermináveis consensos da revisão sistemática, você sempre estava disposto, com um sorriso no rosto e preparado para me ajudar com qualquer coisa. Obrigada por isso. Trabalhar com você sempre foi muito leve!

Agradeço a **Fernanda, Franciana, Laura e Luiza** pela oportunidade que tive de compartilhar momentos com vocês para o desenvolvimento de seus projetos de IC. Aprendi muito com a experiência de ter participado de seus projetos e sou muito grata por isso.

Agradeço também a minha querida amiga **Michelle**, por todas as conversas, risadas, passeios e viagens que fizemos juntas no Canadá. Sempre que nos encontrávamos eu me divertia muito e me sentia um pouquinho mais perto do Brasil. Obrigada por ter compartilhado comigo a experiência de viver em um outro país.

Agradeço a **Cássia**, por ter sido a parceira de apartamento mais incrível que eu poderia ter. Cá, você é uma das melhores pessoas que eu conheço e sou muito grata por sua amizade. Seu coração é gigante e a época em que dividimos o apartamento foi um período muito feliz na minha vida.

Agradeço a todos os **voluntários** e **voluntárias** que gentilmente aceitaram participar da coleta de dados. Sem a disponibilidade de vocês, todo esse trabalho não seria possível. Obrigada a cada um que doou seu tempo, mesmo com toda a correria do dia a dia.

Aos **membros da banca**, que gentilmente aceitaram o convite em participar da minha defesa de doutorado e pela disponibilidade em oferecer suas contribuições para o aperfeiçoamento dos meus estudos.

Agradeço ao **Departamento de Fisioterapia da UFSCar** e ao **Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar** pela infraestrutura cedida para que eu pudesse realizar meu doutorado.

Meus agradecimentos a **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** e à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)** pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse projeto.

RESUMO

O objetivo principal dessa tese foi avaliar as diferenças entre sexos na exposição biomecânica (padrão de atividade muscular e posturas) do membro superior durante a realização de tarefas repetitivas de baixa carga. Essa investigação foi baseada em quatro estudos. O **Estudo 1** consistiu em uma revisão sistemática que teve como objetivo sintetizar evidência sobre as diferenças entre sexos na exposição biomecânica dos membros superiores durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga. A revisão sistemática incluiu 24 estudos e revelou algumas diferenças entre sexos na exposição biomecânica de membros superiores, como a maior ativação muscular nas mulheres durante tarefas repetitivas, independentemente da presença de fadiga muscular ou ainda uma maior resposta à fadiga muscular induzida por tarefas repetitivas presente nos homens, evidenciada pelas alterações cinemáticas na elevação do membro superior. Entretanto o nível de evidência para esses achados foi classificado como muito baixo e portanto os resultados devem ser considerados com cautela. No **Estudo 2** as diferenças entre sexos no padrão de atividade dos músculos da região escapulotorácica foram avaliados durante uma tarefa repetitiva de baixa carga realizada com o membro superior posicionado abaixo do nível do ombro. Nesse estudo foram avaliados homens e mulheres jovens e assintomáticos. A eletromiografia de superfície foi registrada a partir de todas as porções do músculo trapézio (trapezio superior - fibras claviculares e acromiais, trapézio médio, trapézio inferior) e do serrátil anterior. Os períodos inicial e final da tarefa foram considerados para análise. Nenhuma interação entre tempo (período inicial/final da tarefa) e grupo (homens/mulheres) foi encontrada. As mulheres apresentaram maior ativação muscular para o trapézio superior (fibras acromiais) e serrátil anterior comparado aos homens, independentemente do período da tarefa. Nos **Estudos 3 e 4** também foram avaliados homens e mulheres jovens e assintomáticos. As diferenças entre sexos foram avaliadas em relação às posturas da parte superior do corpo (**Estudo 3**) e atividade muscular da região de pescoço/ombro (**Estudo 4**), durante a realização de uma tarefa repetitiva e fatigante de baixa carga, realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro. Para esses dois estudos, os períodos pré e pós-fadiga foram considerados nas análises. Além disso, análises qualitativas foram realizadas ao longo de todo o período da tarefa para que fosse possível investigar se as diferenças entre sexos seriam evidenciadas ao longo de toda a tarefa ou apenas na presença de fadiga muscular. No **Estudo 3**, as posturas de elevação do membro superior e de flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço foram avaliadas por meio da inclinometria. Após a indução de fadiga muscular, houve uma diminuição da elevação do membro superior em ambos homens e mulheres, porém com uma maior diminuição apresentada pelos homens. As análises qualitativas da postura de elevação do membro superior, mostraram que essa diferença entre sexos foi de fato mais evidente ao final da tarefa, ou seja, na presença de fadiga muscular. Além disso, as mulheres apresentaram posturas menos neutras para a cabeça e pescoço do que os homens, independentemente do período da tarefa. No **Estudo 4**, a eletromiografia de superfície foi coletada para os mesmos músculos avaliados no **Estudo 2** e para o músculo deltóide anterior. A variabilidade da atividade muscular do deltóide anterior, expressa pelo coeficiente de variação (CV) do sinal eletromiográfico, aumentou após a indução de fadiga muscular mas apenas nos homens. As análises qualitativas mostraram que embora o CV do deltóide anterior tenha aumentado ao longo de toda a tarefa para os homens, esse aumento foi mais pronunciado no final da tarefa, enquanto que para as mulheres o CV se manteve constante ao longo de toda a tarefa. Além disso as mulheres apresentaram maior ativação muscular e maior variabilidade da atividade muscular (expressa pelo desvio padrão e CV do sinal eletromiográfico) do que os homens, independentemente do período da tarefa. Os resultados dessa tese evidenciam diferenças entre os sexos no padrão de atividade muscular da região de pescoço/ombro e posturas da parte superior do corpo, durante a realização de uma tarefa repetitiva e que tais diferenças são mais evidentes quando a tarefa é realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro e na presença de fadiga muscular. De modo geral os resultados evidenciam maior ativação muscular e posturas menos neutras para as mulheres independentemente do período da tarefa avaliado, comparado aos homens. Além disso, as mulheres demonstraram uma menor adaptabilidade à tarefa fatigante, tanto em termos de posturas adotadas com o membro superior quanto de ativação muscular da região de pescoço/ombro, comparado aos homens. Esses achados contribuem para uma melhor compreensão de como as diferenças fisiológicas e biológicas entre os sexos podem estar relacionadas com a maior prevalência de desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho nas mulheres.

Palavras-chave: fisioterapia; ergonomia; diferenças de gênero; eletromiografia; fadiga; tarefa repetitiva; pescoço/ombro; cinemática; inclinometria.

ABSTRACT

The main objective of this PhD thesis was to evaluate sex differences in biomechanical exposure (muscle activity pattern and postures) of the upper limb during the performance of low-level repetitive tasks. This research was based on four studies. The **Study 1** consisted of a systematic review that aimed to synthesize evidence about sex differences in biomechanical exposure of upper limbs during low-level repetitive tasks. The systematic review included 24 studies and showed some sex differences in biomechanical exposure of upper limbs, such as a greater muscle activation in females during repetitive tasks, regardless of the presence of muscle fatigue or even a greater response to muscle fatigue induced by repetitive tasks showed by males, evidenced by kinematic changes in upper limb elevation. However, the quality of evidence level for these findings was classified as very low and therefore the results should be considered with caution. In the **Study 2**, sex differences in the activity pattern of scapulothoracic muscles were evaluated during a low-level repetitive task performed with the upper limb positioned below shoulder level. In this study, young and asymptomatic males and females were evaluated. Surface electromyography was recorded from all portions of the trapezius (upper trapezius - clavicular and acromial fibers, middle trapezius, lower trapezius) and serratus anterior. The initial and final periods of the task were considered for analyses. No interaction between time (initial/final task period) and group (males/females) was found. Females showed greater muscle activation for upper trapezius (acromial fibers) and serratus anterior muscles compared to men, regardless of task period. In **Studies 3 and 4**, young and asymptomatic males and females were also evaluated. Sex differences were evaluated considering postures of the upper body (**Study 3**) and muscle activity pattern of the neck/shoulder region (**Study 4**), during a low-level repetitive and fatiguing task, performed with the upper limb positioned above shoulder level. For these two studies, the pre- and post-fatigue periods were considered in the analyzes. In addition, qualitative analyzes were performed throughout the task so that it was possible to investigate whether sex differences would be evident throughout the task or just in the presence of muscle fatigue. In **Study 3**, postures of upper arm elevation and upper back, head and neck forward flexion were evaluated using inclinometry. After muscle fatigue, there was a decrease in the upper arm elevation for both males and females, but with a greater decrease showed by males. The qualitative analyzes of upper arm elevation showed that this sex difference was in fact more evident at the end of the task, i.e. in presence of muscle fatigue. In addition, females showed more non-neutral postures for head and neck than males, regardless of task period. In **Study 4**, surface electromyography was recorded from the same muscles evaluated in **Study 2** and from anterior deltoid. The muscle activity variability of the anterior deltoid, expressed by the coefficient of variation (CV) of the electromyographic signal, increased after muscle fatigue, but only in males. Qualitative analyzes showed that although the CV of the anterior deltoid increased throughout the task for males, this increase was more pronounced at the end of the task, while for females the CV remained constant throughout the task. In addition, females showed greater muscle activation and greater muscle activity variability (expressed by standard deviation and CV of the electromyographic signal) than males, regardless of task period. The results of this PhD thesis show sex differences in muscle activity pattern of neck/shoulder region and postures of the upper body during the performance of a repetitive task and that such differences are more evident when the task is performed with the upper limb positioned above shoulder level and in presence of muscle fatigue. In general, results show greater muscle activation and less neutral postures for females, regardless of the task period evaluated, compared to males. In addition, females showed less adaptability to the fatiguing task, both in terms of postures adopted with the upper arm and muscle activation of the neck/shoulder region, than males. These findings contribute to a better understanding about how physiological and biological sex differences can be related to the higher prevalence of work related musculoskeletal disorders in females.

Keywords: physical therapy; ergonomics; gender differences; electromyography; fatigue; repetitive task; neck/shoulder; kinematics; inclinometry.

Lista de Figuras

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção	44
Figura 2. Posicionamento do voluntário durante a tarefa motora sustentada (a); placa de madeira e recipientes com as peças usados para a realização da tarefa motora sustentada (b)	69
Figura 3. Sinal eletromiográfico absoluto (mV) e normalizado (%CVM) de um homem e de uma mulher obtidos durante a tarefa motora sustentada para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA)	70
Figura 4. Gráfico de barras apresentando a média e o desvio padrão dos valores root mean square (RMS) absolutos (mV) e normalizados (%CVM) obtidos durante a tarefa motora sustentada para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA), nos períodos inicial e final da tarefa.....	73
Figura 5. Gráfico de barras apresentando a média e o desvio padrão do desvio padrão e coeficiente de variação dos valores root mean square (RMS) obtidos durante a tarefa motora sustentada, considerando o sinal eletromiográfico absoluto, para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA), nos períodos inicial e final da tarefa.	74
Figura 6. Gráfico de barras apresentando a média e o desvio padrão da informação mútua normalizada (NMI), obtidas durante a tarefa motora sustentada, para todos os pares musculares considerando os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA), nos períodos inicial e final da tarefa.	77
Figura 7. Posicionamento dos voluntários durante a tarefa repetitiva simulada (a e b).....	88
Figura 8. Posturas de elevação do membro superior e de flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço (em graus) de uma voluntária representativa registradas durante toda a tarefa. Nesses sinais é possível identificar seis ciclos da tarefa (delimitados pelas linhas pontilhadas) para cada segmento corporal avaliado.....	90

Figura 9. Posturas de elevação do membro superior e de flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço (em graus) de uma voluntária representativa registradas durante os primeiros 10 segundos da tarefa repetitiva simulada. ...	91
Figura 10. Elevação do membro superior - MS (em graus) de dois voluntários representativos (uma mulher e um homem) registrados durante toda a tarefa (a e b - os ciclos da tarefa são delimitados por linhas pontilhadas); o primeiro (c e d) e o último ciclo da tarefa (e e f)	96
Figura 11. Média do Range APDF ₅₋₉₅ (A), percentis 10 (C), 50 (E) e 90 (G) da elevação do membro superior (°) registrados em homens e mulheres durante a tarefa, e a média da progressão (a diferença entre o primeiro ciclo e os ciclos subsequentes da tarefa) para as mesmas variáveis, respectivamente (B, D, F and H). Como os sinais foram normalizados pelo tempo, eles são apresentados como a porcentagem do período total da tarefa	99
Figura 12. Posicionamento do voluntário durante a tarefa repetitiva simulada (A e B). A linha tracejada (A) mostra a base de apoio da placa de madeira e os recipientes com peças e outro para descarte de peças posicionados na altura dos ombros do participante	112
Figura 13. Média do P10 (análises APDF) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis	119
Figura 14. Média do P50 (análises APDF) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis	120
Figura 15. Média do P90 (análises APDF) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis	121
Figura 16. Média do range APDF ₅₋₉₅ (P5-95) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio	

(TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis 122

Figura 17. Média do desvio padrão – DP dos valores RMS normalizados (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis..... 123

Figura 18. Média do coeficiente de variação - CV dos valores RMS normalizados (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis..... 124

Lista de Tabelas

Tabela 1. Principais características metodológicas dos estudos primários incluídos. As linhas dos estudos que avaliaram tarefas repetitivas fatigantes e de baixa carga estão destacadas na cor cinza.....	45
Tabela 2. Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos por meio do checklist proposto pelo Instituto Joanna Briggs (JBI) para estudos transversais.....	48
Tabela 3. Abordagem GRADE para sintetizar e identificar o nível de evidência para as diferenças entre sexos na exposição biomecânica (ativação muscular e ângulos articulares) durante tarefas repetitivas de baixa carga e não fatigantes.	56
Tabela 4. Abordagem GRADE para sintetizar e identificar o nível de evidência para as diferenças entre sexos nas alterações da ativação muscular e ângulos articulares em resposta à fadiga muscular, induzida por tarefas repetitivas e de baixa carga.....	57
Tabela 5. Análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2) das comparações entre Tempo (períodos inicial/final da tarefa), Grupo (homens/mulheres) e interação entre Tempo e Grupo considerando os valores root mean square (RMS) absolutos e normalizados obtidos durante a tarefa motora sustentada para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA). Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.....	75
Tabela 6. Análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2) das comparações entre Tempo (períodos inicial/final da tarefa), Grupo (homens/mulheres) e interação entre Tempo e Grupo considerando o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores root mean square (RMS) obtidos durante a tarefa motora simulada, considerando o sinal eletromiográfico absoluto dos músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA). Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.....	75
Tabela 7. Análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2) das comparações entre Tempo (períodos inicial/final da tarefa), Grupo	

(homens/mulheres) e interação entre Tempo e Grupo considerando os dados de informação mútua normalizada (NMI), obtidos durante a tarefa motora sustentada, para todos os pares musculares considerando os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA). Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas..... 78

Tabela 8. Média (desvio padrão) e valores de P para os efeitos de interação Tempo e Grupo e comparações entre Tempo (períodos pré e pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) do range APDF5-95 e dos percentis 10, 50 e 90 (análises APDF), obtidos para a elevação do membro superior (Elevação-MS), flexão da parte superior das costas (Flexão-PSC), da cabeça (Flexão-Cabeça) e do pescoço (Flexão-Pescoço) durante a tarefa repetitiva simulada, em graus. Para as posturas de flexão, valores positivos representam flexão e valores negativos representam extensão..... 94

Tabela 9. Média (desvio padrão) das análises APDF (P10, P50 e P90), obtidos a partir dos valores RMS normalizados (%CVM) registrados durante a tarefa repetitiva simulada na primeira metade do primeiro (período pré-fadiga) e último (período pós-fadiga) ciclos da tarefa para todas as porções do trapézio (trapézio superior: fibras claviculares - TS-C e acromiais - TS-A, trapézio médio - TM, trapézio inferior - TI), para o serrátil anterior (SA) e para o deltóide anterior (DA) em homens e mulheres e análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2 parcial) das comparações entre Tempo (períodos pré/pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) e os efeitos de interação de Tempo e Grupo. Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas..... 115

Tabela 10. Média (desvio padrão) do range APDF5-95, obtidos a partir dos valores RMS normalizados (%CVM) registrados durante a tarefa simulada repetitiva na primeira metade do primeiro (período pré-fadiga) e último (período pós-fadiga) ciclos da tarefa para todas as porções do trapézio (trapézio superior: fibras claviculares - TS-C e acromiais - TS-A, trapézio médio - TM, trapézio inferior - TI), para o serrátil anterior (SA) e para o deltóide anterior (DA) em homens e mulheres e análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2 parcial) das comparações entre Tempo (períodos pré/pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) e os efeitos de interação de Tempo e Grupo. Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas..... 116

Tabela 11. Média (desvio padrão) do desvio padrão e coeficiente de variação dos valores RMS normalizados (%CVM) registrados durante a tarefa repetitiva simulada na primeira metade do primeiro (período pré-fadiga) e último (período pós-fadiga) ciclos da tarefa para todas as porções do trapézio (trapézio superior: fibras claviculares - TS-C e acromiais - TS-A, trapézio médio - TM, trapézio inferior - TI), para o serrátil anterior (SA) e para o deltóide anterior (DA) em homens e mulheres e análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2 parcial) das comparações entre Tempo (períodos pré/pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) e os efeitos de interação de Tempo e Grupo. Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas..... 117

Lista de Siglas e Abreviações

ACP - abdutor curto do polegar
ADM - amplitude de movimento
ALP - abdutor longo do polegar
APDF - função de distribuição de probabilidade de amplitude (amplitude probability distribution function)
AS - assintomáticos
BIC - bíceps braquial
CE - estimativa de contraste
CV - coeficiente de variação
CVM - contrações voluntárias máximas
DA - deltóide anterior
DeP - deltóide posterior
DM - deltóide médio
DP - desvio padrão
ECD - extensor comum dos dedos
ECM - esternocleinomastóideo
ED - extensor dos dedos
EEC - eretor da espinha cervical
Elevação-MS - elevação do membro superior
ERC - extensor radial do carpo
EUC - extensor ulnar do carpo
EVA - escala visual analógica
EVM - esforço voluntário máximo
Flexão-Cabeça - flexão da cabeça
Flexão-Pescoço - flexão do pescoço
Flexão-PSC - flexão da parte superior das costas
FRC - flexor radial do carpo
FSD - flexor superficial dos dedos
FUC - flexor ulnar do carpo
GEE - equações de estimação generalizadas (generalized estimating equations)
GRADE - Grading of recommendations assessment, development and evaluation
H - homens
IEMG - eletromiografia intramuscular
IMC - índice de massa corporal
INFRA - infraespinhal
LACO - laboratório de cinesiologia clínica e ocupacional
LER/DORT - desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho
M – mulheres
MeSH - *Medical Subjects Headings*
MPF - mean power frequency
MS - membro superior
NA - não aplicável
NC - não está claro
NMI - informação mútua normalizada (normalized mutual information)
NR - não relatado
P10 - percentil 10
P50 - percentil 50
P90 - percentil 90

PESCD - programa de estágio supervisionado em capacitação docente
PF - pontuação final
PID - primeiro interósseo dorsal
PREMUS 2019 - 10th International scientific Conference on the prevention of work-related musculoskeletal disorders
Prog - progressão
PSC - parte superior das costas
QNSO - questionário nórdico de sintomas osteomusculares
Range APDF5-95 – intervalo entre os percentis 5 e 95
RMS - root mean square
SA - serrátil anterior
SE - erro padrão
SEMG - eletromiografia de superfície
SI - sintomáticos
SUPRA - supraespinhal
TI - trapézio inferior
TM - trapézio médio
TPE - taxa percepção de esforço
TRI - tríceps
TS - trapézio superior
TS-A - trapézio superior - fibras acromiais
TS-C - trapézio superior - fibras claviculares
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos
VM - velocidade mediana
WCS - Wald qui-quadrado

SUMÁRIO

PREFÁCIO	22
LINHA DE PESQUISA	22
PARCERIAS INTERNACIONAIS.....	22
ESTÁGIO INTERNACIONAL.....	22
PROJETO DE PESQUISA (ORIGINALIDADE, LIGAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS, CONTRIBUIÇÕES DOS RESULTADOS PARA AVANÇO CIENTÍFICO E RELEVÂNCIA SOCIAL)	23
LISTA DE REFERÊNCIAS DE ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS.....	24
LISTA DE REFERÊNCIAS DE ARTIGOS COMPLETOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS	25
RESUMOS PUBLICADOS EM CONGRESSOS NACIONAIS/INTERNACIONAIS DURANTE O DOUTORADO	25
PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS	27
ATIVIDADES DIDÁTICAS.....	27
OUTRAS ATIVIDADES	28
LINK DO CURRÍCULO LATTES E ORCID DO ALUNO.....	29
DESCRIÇÃO DA TESE PARA PÚBLICO LEIGO	29
REVISÃO DA LITERATURA.....	29
OBJETIVOS GERAIS	36
ESTUDO 1	37
INTRODUÇÃO.....	38
MÉTODOS.....	40
<i>Critérios de inclusão</i>	<i>40</i>
<i>Estatégias de busca</i>	<i>40</i>
<i>Processo de seleção</i>	<i>41</i>
<i>Coleta de dados.....</i>	<i>41</i>
<i>Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos</i>	<i>42</i>
<i>Análise dos dados e qualidade de evidência</i>	<i>42</i>
RESULTADOS	42
<i>Avaliação da qualidade metodológica dos estudo incluídos</i>	<i>47</i>
<i>Diferenças entre sexos na exposição biomecânica durante tarefas repetitivas e de baixa carga não fatigantes.....</i>	<i>50</i>
<i>Diferenças entre sexos na exposição biomecânica durante tarefas repetitivas de baixa carga e fatigantes.....</i>	<i>52</i>
<i>Síntese de evidência de acordo com a abordagem GRADE.....</i>	<i>55</i>

DISCUSSÃO.....	58
<i>Diferenças entre sexos na exposição biomecânica.....</i>	<i>58</i>
<i>Síntese de evidência por meio da abordagem GRADE.....</i>	<i>60</i>
CONCLUSÃO	62
ESTUDO 2	64
INTRODUÇÃO.....	65
MÉTODOS.....	67
<i>Participantes</i>	<i>67</i>
<i>Registro da sEMG</i>	<i>67</i>
<i>Tarefa Motora Sustentada.....</i>	<i>68</i>
ANÁLISE DE DADOS.....	69
<i>Processamento da sEMG</i>	<i>69</i>
<i>Análises Estatísticas.....</i>	<i>71</i>
RESULTADOS	71
DISCUSSÃO.....	78
CONCLUSÃO	82
ESTUDO 3	83
INTRODUÇÃO.....	84
MÉTODOS.....	86
<i>Participantes</i>	<i>86</i>
<i>Inclinometria</i>	<i>86</i>
<i>Tarefa repetitiva simulada.....</i>	<i>87</i>
ANÁLISE DE DADOS.....	88
<i>Análises Estatísticas.....</i>	<i>92</i>
RESULTADOS	92
<i>Efeitos de Tempo x Grupo na cinemática.....</i>	<i>92</i>
<i>Efeitos de Grupo na cinemática.....</i>	<i>97</i>
<i>Efeitos de Tempo na cinemática.....</i>	<i>97</i>
<i>Análises qualitativas – Elevação do membro superior</i>	<i>97</i>
DISCUSSÃO.....	100
CONCLUSÃO	103
ESTUDO 4	105
INTRODUÇÃO.....	106
MÉTODOS.....	109
<i>Sujeitos.....</i>	<i>109</i>

<i>sEMG</i>	109
<i>Tarefa repetitiva Simulada</i>	111
ANÁLISE DE DADOS	112
<i>sEMG</i>	112
<i>Análise Estatística</i>	113
RESULTADOS	113
<i>Efeitos de Tempo x Grupo na sEMG</i>	113
<i>Efeitos de Grupo na sEMG</i>	114
<i>Efeitos de Tempo na sEMG</i>	114
<i>Análises Qualitativas – sEMG</i>	118
DISCUSSÃO	125
CONCLUSÃO	129
CONCLUSÃO	130
CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
REFERÊNCIAS	133

Prefácio

Linha de pesquisa

Essa tese de doutorado foi realizada sob orientação da professora Ana Beatriz de Oliveira, docente do Programa de pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), que tem como linha de pesquisa: Função Motora e Análise Biomecânica do Movimento Humano. Essa tese foi desenvolvida no Laboratório de Cinesiologia Clínica e Ocupacional (LACO) do Departamento de Fisioterapia da UFSCar, e envolve a avaliação de diferenças entre sexos nos aspectos biológicos e fisiológicos na região de pescoço/ombro durante atividades repetitivas e fatigantes.

Parcerias internacionais

Desde o início do meu projeto de mestrado e ao longo do doutorado, tivemos parcerias internacionais com a Profa. Julie Côté, da Universidade McGill, Canadá e com o Prof. Pascal Max Madeleine, da Universidade de Aalborg, Dinamarca, que participaram ativamente desde a elaboração dos projetos e perguntas de pesquisa. Ambos os professores, principalmente a Profa Julie, são referências na temática envolvendo a avaliação das diferenças entre sexos nos aspectos fisiológicos e biológicos dentro do contexto ocupacional.

Estágio internacional

No período de 01/11/2018 a 30/04/2019 realizei um intercâmbio no *Department of Kinesiology and Physical Education*, na Universidade McGill, Canadá, sob orientação da Profa. Julie Côté. Nesse período, realizei o processamento e análise de dados de dois estudos que compõem essa tese e que já haviam sido coletados no Brasil e dei início à escrita dos manuscritos referentes a esses dois estudos. Durante o intercâmbio, tive participação ativa no laboratório, tanto em reuniões quanto em estudos que estavam em andamento - fiquei responsável pelo registro da eletromiografia de superfície de

músculos do ombro/pescoço e tronco de um estudo de doutorado que estava em fase de coleta no período.

Projeto de pesquisa (originalidade, ligação entre os estudos, contribuições dos resultados para avanço científico e relevância social)

Ao iniciar meu doutorado, foi possível identificar por meio de buscas científicas na literatura a necessidade de sintetizar evidência científica sobre diferenças entre sexos nos aspectos biológicos e fisiológicos no contexto ocupacional. Assim, demos início ao desenvolvimento de um estudo de revisão sistemática sobre diferenças entre sexos na exposição biomecânica de membros superiores durante a realização de tarefas repetitivas ocupacionais e de baixa carga, podendo estas serem fatigantes ou não. Trata-se do *Estudo 1* dessa tese de doutorado. Também no doutorado pude dar continuidade ao trabalho que já vinha sendo desenvolvido nos anos anteriores, por meio do processamento e análise de dados que haviam sido coletados no mestrado, e que deram origem ao estudo publicado no periódico *Journal of Electromyography and Kinesiology*, que teve como objetivo avaliar as diferenças entre sexos na coordenação muscular da cintura escapular durante uma tarefa repetitiva bastante representativa do contexto ocupacional realizada com o membro superior posicionado abaixo do nível do ombro. É importante destacar que até então, os principais estudos investigando esse tema consideravam em sua avaliação tarefas repetitivas que pouco se aproximavam do contexto real de trabalho. Sendo este, o *Estudo 2* da presente tese. A partir da realização do *Estudo 2*, foi possível identificar a necessidade de avaliação de diferenças entre sexos nos aspectos biológicos e fisiológicos na região de pescoço/ombro durante a realização de uma atividade repetitiva que fosse representativa do contexto ocupacional, e que ao mesmo tempo impusesse uma maior sobrecarga às estruturas musculoesqueléticas envolvidas. Desta forma, possivelmente identificaríamos de forma mais evidente as diferenças entre sexos na exposição biomecânica da região de pescoço/ombro, devido à alta sobrecarga musculoesquelética imposta pela tarefa. Para isso, uma nova coleta de dados foi realizada, desta vez com o objetivo de avaliar as diferenças entre sexos na

cinemática (*Estudo 3* – publicado no periódico *Journal of Biomechanics*) e padrão de ativação muscular (*Estudo 4*) da região de pescoço/ombro, durante uma atividade repetitiva fatigante realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro.

Essa pesquisa poderá trazer novos achados para que haja melhor compreensão a respeito das diferenças entre sexos nas estratégias motoras adotadas durante tarefas repetitivas e de baixa carga, sendo elas fatigantes ou não. Além disso, os achados trazidos pelos estudos dessa tese podem guiar futuras pesquisas que busquem propor estratégias preventivas ou de tratamento de acordo com as especificidades de estratégias motoras utilizadas por homens e mulheres durante a realização de tarefas repetitivas de baixa carga. Isso por sua vez, contribuirá para a melhora da qualidade de vida dos trabalhadores, especialmente aqueles que realizam em seus trabalhos tarefas manuais repetitivas e para a redução de custos relacionados à saúde ocupacional.

Lista de referências de artigos completos publicados em periódicos

1. CID, M.M.; CÔTÉ, J.N.; ZANCANARO, L.L.; OLIVEIRA, A.B. Sex differences in postures of the upper body during a simulated work task performed above shoulder level. **Journal of Biomechanics**, v.107, 2020.

2. CID, M.M.; JANUARIO, L.B.; MOREIRA, R.F.C.; CÔTÉ, J.N.; MADELEINE, P.; OLIVEIRA, A.B. Does sEMG normalization change results on sex differences in the activation of the shoulder girdle muscles during a simulated work task? **Applied Ergonomics**, v. 85, 2020.

3. CID, M.M.; OLIVEIRA, A.B.; JANUARIO, L.B.; CÔTÉ, J.N.; MOREIRA, R.F.C.; MADELEINE, P. 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.

4. REIS, I.M.M.; BASSO-VANELLI, R.P.; BELTRAME, T.; FRADE, M.C.M.; ABREU, R.M.; CID, M.M.; CATAI, A.M.; OLIVEIRA, A.B.; JAMAMI, M. Acute effects of the six-minute pegboard and ring test (6PBRT) in COPD. **Respiratory Care**, 2019.

5. JANUARIO, L.B.; MADELEINE, P.; CID, M.M.; SAMANI, A.; OLIVEIRA, A.B. Can exposure variation be promoted in the shoulder girdle muscles by

modifying work pace and inserting pauses during simulated assembly work? **Applied Ergonomics**, v. 66, p. 151-160, 2018.

6. CID, M.M.; JANUARIO, L.B.; ZANCA, G.G.; MATTIELLO, S.M.; OLIVEIRA, A.B. Normalization of the trapezius sEMG signal - a reliability study on women with and without neck-shoulder pain. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 22, p. 110-119, 2017.

7. JANUARIO, L.B.; OLIVEIRA, A.B.; CID, M.M.; MADELEINE, P.; SAMANI, A. The coordination of shoulder girdle muscles during repetitive arm movements at either slow or fast pace among women with or without neck-shoulder pain. **Human Movement Science**, v. 55, p. 287-295, 2017.

8. JANUARIO, L.B.; MOREIRA, R.F.C.; CID, M.M.; SAMANI, A.; MADELEINE, P.; OLIVEIRA, A.B. Effects of active pause pattern of surface electromyographic activity among subjects performing monotonous tasks: A systematic review. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 30, p. 196-208, 2016.

Lista de referências de artigos completos submetidos em periódicos

1. JANUARIO, L.B.; CID, M.M.; ZANCA, G.G.; MATTIELLO, S.M.; OLIVEIRA, A.B. Serratus anterior sEMG – sensor placement and test position for normalization purposes during maximal and submaximal exertions. **Medical Engineering and Physics**, 2021.

2. CARRER, H.C.N.; CID, M.M.; PETRILLI, L.T.; OLIVEIRA, A.B. Are there sex differences in muscle activation of sternocleidomastoid during the simulation of a repetitive industrial activity? **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 2021.

Resumos publicados em congressos nacionais/internacionais durante o doutorado

1. CID M.M.; CÔTÉ J.N.; ZANCANARO L.L.; OLIVEIRA A.B. Are there sex differences in the muscle activation and in the relationship between objective and subjective indicators of muscle fatigue in the neck/shoulder region during a repetitive task? In: 10th International Scientific Conference on the Prevention of

Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS 2019), Bologna - Itália, 2019.

2. CID M.M.; CÔTÉ J.N.; ZANCANARO L.L.; OLIVEIRA A.B. Are sex differences in neck/shoulder electromyographical changes induced by a fatiguing repetitive task affected by the choice of the fatigue criterion? In: 10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS 2019), Bologna - Itália, 2019.

3. ZANCANARO L.L.; CID M.M.; OLIVEIRA A.B. Are there sex differences in scaption torque steadiness? In: 10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS 2019), Bologna - Itália, 2019.

4. NOGUEIRA, H.C.; CID, M.M.; PETRILLI, L.T.; OLIVEIRA, A.B. If sternocleidomastoid muscle activation increased in women during the simulation of repetitive tasks could it predict greater risks of disorders? In: 10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS 2019), Bologna - Itália, 2019.

5. SOUSA, F.S.; CID, MARINA MACHADO; OLIVEIRA, A.B. Estudo de confiabilidade entre dias do teste de reposicionamento da cabeça em indivíduos com e sem disfunção cervical. In: XXV Congresso de Iniciação Científica e X Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2018, São Carlos. Anais do XXV Congresso de Iniciação Científica e X Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2018.

6. JANUARIO, L.B.; CID, M.M.; SAMANI, A.; MADELEINE, P.; OLIVEIRA, A.B. Can super-imposed muscle contractions increase the variation pattern of muscle activity during an assembly task? In: 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2017), 2017, Los Angeles. Annals of the 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2017), 2017.

7. JANUARIO, L.B.; CID, M.M.; OLIVEIRA, A.B. Efeito das pausas ativas na percepção de esforço e atividade muscular de mulheres sadias e com mialgia de trapézio durante atividade repetitiva. In: XIII Congresso Brasileiro de Dor, 2017, Natal. emas Livres XIII Congresso Brasileiro de Dor, 2017. v. 18. p. 72-73.

8. CID, M.M.; JANUARIO, L.B. ; PADOVEZ, R.F.C.M.; COTE, J.N.; MADELEINE, P.; OLIVEIRA, A.B. Sex difference in the muscle activity pattern,

functional connectivity and muscular fatigue of trapezius and serratus anterior muscles during performing a repetitive task.. In: 11th Annual Meeting of The Organization for The Study of Sex Differences? OSSD, 2017, Montreal. "Sex Differences Across the Lifespan", 2017.

9. SOUSA, F.S.; OLIVEIRA, A.B.; CID, M.M. Estudo de confiabilidade do teste de reposicionamento da cabeça em indivíduos saudáveis e com disfunção cervical. In: XXIV Congresso de Iniciação Científica (CIC) e IX Congresso de Iniciação ao Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CIDTI) da UFSCar, 2017, São Carlos. Anais do XXIV Congresso de Iniciação Científica (CIC) e IX Congresso de Iniciação ao Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CIDTI) da UFSCar, 2017.

10. SILVA, V.F.; OLIVEIRA, A.B. ; CID, M.M. ; MOREIRA, R.F.C; JANUARIO, L.B. Padrão de atividade muscular dos músculos trapézio e serrátil anterior em homens e mulheres saudáveis durante a realização de uma tarefa simulada repetitiva.. In: XXIV Congresso de Iniciação Científica (CIC) e IX Congresso de Iniciação ao Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CIDTI) da UFSCar, 2017, São Carlos. Anais do XXIV Congresso de Iniciação Científica (CIC) e IX Congresso de Iniciação ao Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CIDTI) da UFSCar, 2017.

Participação em eventos

1. Congresso internacional: 10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS 2019). Data: 2 a 5 de setembro de 2019. Local: Bolonha, Itália.

Atividades didáticas

Durante o doutorado, co-orientei projetos de Iniciação Científica, que também foram apresentados como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Fisioterapia da UFSCar. Um dos projetos foi realizado pela aluna Vanessa Fernanda da Silva, que teve como objetivo avaliar diferenças entre sexos no nível de ativação dos músculos trapézio e serrátil anterior, durante a realização de uma tarefa repetitiva. O outro projeto foi realizado pela aluna

Franciana Silva Sousa, que teve como objetivo avaliar a confiabilidade entre dias do teste de reposicionamento da cabeça em indivíduos com e sem disfunção cervical, considerando uma metodologia de fácil aplicabilidade e que correspondesse a realidade encontrada no ambiente clínico.

Durante o doutorado participei do Programa de Estágio Supervisionado em Capacitação Docente (PESCD) junto à disciplina de Cinesiologia do Curso de Graduação em Fisioterapia da UFSCar, onde tive a oportunidade de ministrar algumas aulas da disciplina utilizando metodologias ativas de ensino. Também tive a oportunidade de participar de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de curso.

Outras Atividades

Ao longo do doutorado participei também de outros projetos de pesquisa desenvolvidos no LACO e em outros laboratórios do departamento de Fisioterapia da UFSCar, o que me permitiu adquirir conhecimentos sobre outras linhas de pesquisa, bem como ser co-autora de artigos científicos desenvolvidos por meio desses projetos (alguns já publicados e outros ainda em fase de desenvolvimento).

Em Outubro de 2019, participei da *10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS 2019)*, realizada em Bolonha, Itália. Nesse congresso, apresentei estudos referentes a resultados coletados no meu doutorado. Um dos resumos apresentados oralmente na PREMUS 2019, deu origem a um manuscrito que tem como objetivo avaliar se a utilização de diferentes critérios de interrupção de uma tarefa repetitiva fatigante (1. taxa de percepção de esforço maior ou igual a 8 na Escala de Borg CR10 e 2. interrupção voluntária) muda os resultados de diferenças entre sexos no padrão de ativação muscular da região de pescoço/ombro. Esse estudo não faz parte da presente tese de doutorado e está em fase final de desenvolvimento.

No período de junho de 2017 a junho de 2018 fui membro da Comissão Discente do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar. No período de dezembro de 2019 a dezembro de 2020, participei do Conselho Universitário da UFSCar como representante discente de pós-graduação

(membro efetivo). Participar dessas atividades permitiram que eu tivesse contato com questões administrativas desenvolvidas para que haja o funcionamento adequado do departamento e da universidade. Essas experiências foram de grande crescimento profissional e pessoal para mim, fazendo com que eu pudesse representar a classe dos estudantes dentro da comunidade universitária.

Link do currículo Lattes e ORCID do aluno

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0495767500325838>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6964-4945>

Descrição da tese para público leigo

Essa tese buscou investigar se a atividade dos músculos, posturas e movimentos adotados nas regiões dos braços, cabeça e pescoço durante tarefas repetitivas é diferente entre homens e mulheres. Essa questão deve ser melhor compreendida porque é possível que tais diferenças possam explicar a maior ocorrência de dor e sintomas relacionados ao trabalho nas mulheres.

Revisão da literatura

O desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas pode estar associado à interação de diversos fatores biomecânicos, psicosociais e individuais (KUMAR, 2001). No contexto ocupacional, as desordens na região de pescoço/ombro podem afetar de forma significativa a qualidade de vida dos trabalhadores e causar prejuízos, como por exemplo, pedidos de afastamento (MAYER; KRAUS; OCHSMANN, 2012). Considerando que atividades ocupacionais envolvendo a realização de movimentos repetitivos podem estar relacionadas ao desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas na região de pescoço/ombro (LARSSON; SØGAARD; ROSENDAL, 2007), diversos estudos têm avaliado esse tipo de atividade, especialmente ao considerar o padrão de ativação muscular dessas regiões corporais (BOSCH et al., 2012; SAMANI et al., 2017; SRINIVASAN et al., 2016). Nesse contexto, a avaliação de

músculos escapulotorácicos como o trapézio e serrátil anterior merecem destaque, uma vez que estes músculos são responsáveis pela rotação e estabilização da escápula (PHADKE; CAMARGO; LUDEWIG, 2009). Além disso, mobilizadores do ombro, como o músculo deltóide anterior também têm recebido atenção (MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016), sendo que a importância de sua avaliação é justificada por sua atuação como um motor primário durante a realização de tarefas repetitivas realizadas com o membro superior.

Considerando a avaliação da atividade muscular, a ferramenta mais frequentemente utilizada para este fim é a eletromiografia de superfície (sEMG). Nesse contexto, diversas características dos sinais eletromiográficos de superfície têm sido exploradas, incluindo a amplitude de ativação muscular (BOUFFARD et al., 2019; CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018, 2019; SRINIVASAN et al., 2016), variabilidade da atividade muscular (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; SRINIVASAN et al., 2016) e indicadores de conectividade funcional entre os músculos (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). A variabilidade motora reflete estratégias de controle motor, ou seja, os graus de liberdade usados em uma tarefa motora padronizada (LATASH; SCHOLZ; SCHÖNER, 2002). Têm sido sugerido que uma falta de variabilidade na atividade muscular desempenha um papel no desenvolvimento de LER/DORT (MADELEINE, 2010; SRINIVASAN; MATHIASSEN, 2012). Além do nível de ativação e da variabilidade da sEMG, outro aspecto importante do controle motor está relacionado a ação sinérgica dos músculos. Nesse sentido, a informação mútua que detecta dependências lineares e não lineares (JEONG; GORE; PETERSON, 2001) tem sido aplicada em sinais de sEMG (MADELEINE et al., 2011). A informação mútua normalizada (*Normalized mutual information* - NMI) pode ser usada como um índice de conectividade funcional entre pares de músculos (MADELEINE et al., 2011), refletindo a ação sinérgica entre eles.

Além dos fatores de risco físicos e psicossociais para o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho (LER/DORT), aspectos individuais também devem ser considerados. Devido à maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres quando comparado aos homens,

especialmente para a região de pescoço/ombro (NORDANDER et al., 2016), as diferenças biológicas e fisiológicas entre os sexos merecem especial atenção. Considerando os músculos dos membros superiores avaliados por meio da eletromiografia de superfície (sEMG), tem sido demonstrado que homens e mulheres apresentam diferentes padrões de ativação muscular durante a realização de atividade repetitiva, em que as mulheres apresentam um maior nível de ativação (JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; NORDANDER et al., 2008). Esses achados puderam ser evidenciados quando o sinal eletromiográfico foi normalizado a partir de contrações voluntárias máximas, indicando assim que as mulheres realizam a atividade de interesse, com um nível de ativação muscular mais próximo de sua capacidade máxima quando comparado aos homens. Esse achado pode representar uma maior sobrecarga musculoesquelética imposta pela atividade. Além disso, estudo realizado anteriormente mostrou que as mulheres podem desempenhar diferentes estratégias motoras comparado aos homens, por apresentarem maior conectividade funcional entre o par muscular trapézio superior e trapézio médio durante a realização de uma tarefa dinâmica e repetitiva (JOHANSEN et al., 2013).

Em condições de sobrecarga musculoesquelética, como por exemplo quando ocorrem situações de fadiga muscular, também tem sido verificado diferenças biológicas e fisiológicas entre os sexos. A fadiga muscular pode ser definida como a diminuição da capacidade funcional dos músculos devido à uma ação prolongada dos mesmos (COTE et al., 2008). O uso sustentado de determinados músculos para a realização de movimentos repetitivos, frequentemente ocorre em diversas atividades diárias, inclusive em atividades ocupacionais (COTE et al., 2008). Considerando a região de membros superiores, estudos presentes na literatura têm demonstrado que mulheres são menos fatigáveis quando comparado aos homens considerando contrações musculares estáticas (HUNTER, 2009). Entretanto, essas diferenças parecem ser menos evidentes durante a realização de contrações dinâmicas (HUNTER, 2009).

Considerando o contexto ocupacional, alguns estudos têm demonstrado que homens e mulheres podem apresentar diferentes estratégias motoras em resposta à fadiga (FEDOROWICH et al., 2013; SRINIVASAN et al., 2016). Nesse

aspecto, a avaliação das diferenças entre sexos tem sido realizada considerando o padrão de ativação muscular, a variabilidade motora e a conectividade funcional entre os pares musculares avaliados em resposta a fadiga na região de pescoço/ombro e membros superiores, durante a realização de atividade repetitiva (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). Entretanto, os resultados referentes à essa temática ainda são pouco conclusivos, uma vez que alguns estudos mostram diferenças entre sexos para determinadas variáveis relacionadas ao padrão de ativação muscular em resposta à fadiga, enquanto outros não evidenciam tais diferenças (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). Por exemplo, considerando a variabilidade motora, expressa pelo coeficiente de variação e desvio padrão dos sinais eletromiográficos, Srinivasan et al. (2016), mostraram que os homens apresentaram maior aumento da variabilidade motora do trapézio superior após a indução de fadiga, quando comparado às mulheres. Além disso, o mesmo estudo demonstrou que para o músculo bíceps braquial, houve um aumento da variabilidade motora após a indução de fadiga para as mulheres e uma diminuição para os homens. Por outro lado, em outros estudos realizados anteriormente, nenhuma diferença entre sexos foi encontrada na variabilidade motora em resposta à fadiga muscular induzida pela atividade ocupacional de interesse (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). Considerando ainda a conectividade funcional entre os pares musculares, Fedorowich et al. (2013) demonstraram que houve uma diminuição na conectividade de quatro pares musculares avaliados em resposta à fadiga muscular, mas apenas em homens. Por outro lado, em outro estudo realizado recentemente, nenhuma diferença entre os sexos em resposta à fadiga foi encontrada para essa variável (MINN; CÔTÉ, 2018).

Além disso, é importante destacar que embora as diferenças entre sexos no padrão de ativação muscular venham sendo estudadas por diversos estudos, pouco se sabe sobre esse tema em relação às possíveis diferenças entre homens e mulheres na cinemática da região de pescoço/ombro durante a realização de tarefas repetitivas. Foi demonstrado que nessas condições, as mulheres apresentam menor flexão de cabeça/pescoço (YANG; CHO, 2012) e de ombro (O'SULLIVAN; GALLWEY, 2002; YANG; CHO, 2012) comparado aos homens. Além disso, em estudo realizado por Bouffard et al. (2018), foi

demonstrado que após a indução de fadiga muscular por meio de uma tarefa repetitiva, os homens apresentaram uma maior diminuição da elevação do membro superior, em comparação com as mulheres, o que segundo os autores poderia indicar mais fadiga nos músculos do ombro presente nos homens. Ainda que esses achados contribuam para uma melhor compreensão sobre as diferenças entre sexos nas posturas da região de pescoço/ombro, mais estudos são necessários para fornecer um embasamento científico consolidado acerca deste tema.

É importante destacar também que apesar dos recentes achados relacionados às diferenças entre os sexos considerando os mecanismos fisiológicos e biológicos que ocorrem durante tarefas repetitivas e em condições de fadiga muscular, a Autoridade do Ambiente de Trabalho Suéco (*Swedish Work Environment Authority*), em 2013 desenvolveu um relatório, que aborda os principais aspectos relacionados às diferenças entre sexos em tarefas ocupacionais, cargas físicas e aspectos fisiológicos, bem como analisa até que ponto elas podem explicar a diferença entre homens e mulheres na ocorrência de desordens (LEWIS; MATHIASSEN, 2013). Nesse relatório, a relação entre as possíveis diferenças nas respostas fisiológicas entre homens e mulheres quando expostos às mesmas cargas físicas e a maior prevalência de desordens musculoesqueléticas entre as mulheres foi questionada. Em contrapartida, os autores apontaram que outros fatores como por exemplo o fato de que muitas vezes homens e mulheres realizam diferentes tarefas ainda que tenham a mesma ocupação ou ainda a diferente exposição física imposta pela mesma tarefa (uma vez que mulheres são mais fracas e tem medidas antropométricas menores), possam ser os principais fatores relacionados à essa questão (LEWIS; MATHIASSEN, 2013).

A partir do contexto apresentado, é possível identificar diversas lacunas presentes na literatura. Embora estudos de revisão crítica tenham trazido informações relevantes sobre as diferenças entre sexos nos mecanismos fisiológicos considerando especialmente o contexto ocupacional (CÔTÉ, 2012) e condições de fadiga muscular (HUNTER, 2009, 2016), pelo nosso conhecimento, até o momento não existem estudos de revisão sistemática acerca desse tema, especialmente ao considerar a exposição biomecânica dos membros superiores durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga.

Dessa forma verifica-se a necessidade de sistematização dos resultados disponíveis na literatura sobre esta questão. A partir disso, será possível obter uma melhor compreensão a respeito das diferenças entre homens e mulheres considerando fatores biológicos e fisiológicos no contexto ocupacional bem como apontar possíveis lacunas na literatura, que ainda devem ser investigadas por futuras pesquisas (Estudo 1).

Apesar das diferenças entre sexos nos mecanismos fisiológicos e biológicos poderem estar diretamente relacionadas à maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres quando comparado aos homens, os mecanismos relacionados a essa questão, considerando o padrão de ativação muscular da região de pescoço/ombro durante tarefas dinâmicas e repetitivas representativas do contexto ocupacional, ainda precisam ser melhor compreendidos. Essa questão foi abordada de forma específica no Estudo 2. Além disso, a maioria dos estudos que avaliam as diferenças entre sexos na exposição biomecânica (padrão de ativação muscular ou cinemática) consideraram em sua avaliação, atividades repetitivas realizadas com o membro superior posicionado ao nível do ombro (BOUFFARD et al., 2018; FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). Apesar dos importantes achados trazidos por esses estudos, pode-se perguntar se a avaliação de uma tarefa repetitiva realizada acima do nível do ombro poderia evidenciar de forma mais clara as diferenças entre sexos na exposição biomecânica da região de pescoço/ombro, especialmente em condições de fadiga muscular, devido à alta sobrecarga musculoesquelética imposta por esse tipo de tarefa. Assim essa questão foi abordada nos Estudos 3 e 4, considerando a avaliação cinemática da parte superior do corpo e o padrão de ativação muscular da região de pescoço/ombro, respectivamente. Outro ponto a ser destacado é que a maioria dos estudos que avaliam as diferenças entre sexos na ativação muscular e cinemática consideraram em sua avaliação apenas o período inicial e final da tarefa (BOUFFARD et al., 2018; FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). A realização de análises adicionais, que avaliem essas variáveis ao longo de toda a tarefa, possivelmente irão permitir identificar se as diferenças entre sexos nos aspectos fisiológicos ocorrem ao longo de todo o período da tarefa ou apenas após a indução de fadiga muscular. Considerando que no ambiente real de trabalho, essas tarefas geralmente são realizadas por

muitas horas, é importante compreender como as estratégias motoras adotadas durante sua realização ocorrem durante todo o seu período e não apenas ao final dela. A melhor compreensão dessa questão ao longo de toda a tarefa, poderá contribuir para guiar futuras estratégias de prevenção e tratamento dentro do contexto ocupacional, de acordo com as diferentes estratégias motoras adotadas por homens e mulheres. Essa questão também foi abordada nos Estudos 3 e 4.

Os resultados obtidos a partir da realização dos Estudos 2, 3 e 4 podem contribuir para elucidar se de fato existem diferenças entre os sexos considerando os aspectos fisiológicos e biológicos e se tais diferenças podem de alguma forma justificar a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres. Caso essas diferenças sejam identificadas e essa relação seja confirmada pelos nossos resultados, a realização desses estudos poderá guiar futuras pesquisas que busquem propor estratégias preventivas ou de tratamento de acordo com as especificidades das estratégias motoras utilizadas por homens e mulheres durante a realização de tarefas repetitivas. Por exemplo, estudos recentes têm sugerido que as diferenças entre sexos na ativação dos músculos do ombro (BOUFFARD et al., 2019) e padrões de cinemática do membro superior (MARTINEZ et al., 2019) durante tarefas de manuseio de cargas devem ser considerados em intervenções ergonômicas. Por outro lado, caso os resultados encontrados não evidenciem diferenças entre sexos nas estratégias motoras adotadas em condições de fadiga muscular, bem como não contribuam para justificar a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres, nossos resultados poderão encorajar e direcionar o planejamento de intervenções voltadas principalmente aos fatores de risco físicos e psicossociais presentes no ambiente de trabalho. Essas intervenções poderiam ser voltadas por exemplo, à realização de ajustes dos locais e equipamentos de trabalho para que estes se adequem às medidas antropométricas das mulheres; ou ainda à realização de estratégias que busquem uma redução na segregação de tarefas dentro do mercado de trabalho, visto que tal segregação possivelmente expõe as mulheres à uma maior sobrecarga musculoesquelética e conseqüentemente à um maior risco de desenvolver LER/DORT.

Assim a presente tese buscou responder a seguinte pergunta de pesquisa: As diferenças entre homens e mulheres nas estratégias motoras

adotadas em membros superiores durante tarefas repetitivas e de baixa carga podem estar relacionadas ou explicar a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres?

Objetivos gerais

Essa tese de doutorado teve como objetivos principais: Sintetizar evidência a respeito das diferenças entre sexos nas estratégias motoras adotadas em membros superiores durante tarefas repetitivas, sendo elas fatigantes ou não; Investigar as diferenças entre sexos no padrão de ativação muscular da região escapulotorácia durante a realização de uma tarefa repetitiva bastante representativa do contexto ocupacional; Investigar as diferenças nas estratégias motoras adotadas (padrão de ativação muscular e cinemática) por homens e mulheres durante uma tarefa repetitiva realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro, bem como avaliar se essas diferenças se tornam evidentes apenas após a indução de fadiga muscular, ou antes que ela se instale. Assim, os quatro estudos que compõem essa tese de Doutorado são apresentados na sequência, a seguir.

ESTUDO 1

**Existem diferenças entre sexos na exposição biomecânica dos membros superiores durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga?
Uma revisão sistemática**

Marina Machado Cid, Lucas Leonardo Zancanaro, Roberta de Fátima Carreira
Moreira, Ana Beatriz de Oliveira

Introdução

As desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho (LER/DORT), especialmente na região de pescoço/ombro, podem trazer diversos impactos negativos, como serem causa de afastamentos ou pedidos de indenizações e trazer prejuízos à qualidade de vida dos trabalhadores (MAYER; KRAUS; OCHSMANN, 2012). Sabe-se também que o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas pode estar associado à fatores biomecânicos, psicosociais e individuais (KUMAR, 2001). Dentre os fatores de risco individuais, as diferenças biológicas e fisiológicas entre os sexos vem sendo amplamente investigadas, uma vez que a literatura evidencia maior prevalência de LER/DORT, principalmente na região de pescoço/ombro, entre as mulheres (NORDANDER et al., 2016). Desta forma, as diferenças entre sexos na exposição biomecânica, principalmente ao considerar análises do padrão de ativação muscular (FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016), bem como análises cinemáticas (BOUFFARD et al., 2018; YANG; CHO, 2012), vem sendo investigadas durante a realização de tarefas repetitivas de baixa carga, sendo elas fatigantes ou não. É importante destacar que a avaliação deste tema durante tarefas que envolvam movimentos repetitivos prolongados e condições de fadiga muscular é extremamente importante, sendo que tais condições podem estar associados com o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas (CÔTÉ, 2014; KUMAR, 2001).

Nesse contexto, algumas diferenças entre sexos têm sido evidenciadas. Por exemplo, estudos têm demonstrado maior ativação dos músculos da região de pescoço/ombro e membro superior presente nas mulheres em comparação aos homens durante a realização de tarefas repetitivas de baixa carga (MEYLAND et al., 2014; MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018). Além disso, estudos recentes evidenciaram alterações cinemáticas em resposta à fadiga muscular no membro superior, ocorrendo em maior extensão nos homens do que nas mulheres durante a realização do mesmo tipo de atividade (BOUFFARD et al., 2018; CID et al., 2020b). Embora estudos acerca deste tema tragam uma importante contribuição para que seja possível compreender se as diferenças entre sexos na exposição biomecânica durante tarefas repetitivas

está de fato relacionado a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres, os resultados ainda são controversos. Alguns estudos evidenciam diferenças entre sexos nesse contexto, alguns não evidenciam tais diferenças ou ainda apontam para resultados contrários.

Em uma revisão crítica realizada anteriormente, os principais achados disponíveis na literatura sobre como as diferenças entre sexos nos aspectos fisiológicos e biológicos podem estar associados ao desenvolvimento de LER/DORT na região de pescoço/ombro foram apontados (CÔTÉ, 2012). Dentre os principais fatores discutidos estão as diferenças entre sexos na capacidade de produção de força, possíveis diferenças na proporção dos tipos de fibras musculares presente em homens e mulheres, ou ainda diferenças nas estratégias motoras adotadas e na percepção de dor e stress (CÔTÉ, 2012). Em outro estudo de revisão, as diferenças entre sexos em resposta à fadiga muscular foram discutidas (HUNTER, 2009). Nesse estudo foi evidenciado que as mulheres são menos fatigáveis do que os homens durante contrações estáticas. Entretanto, quando as características da tarefa mudam, por exemplo, por meio do aumento da intensidade, aumento da demanda cognitiva ou exigindo a realização de contrações dinâmicas, a magnitude das diferenças entre homens e mulheres diminui (HUNTER, 2009).

Ambos os estudos de revisão citados anteriormente mostram que as diferenças entre sexos nos fatores biológicos e fisiológicos, especialmente no que se refere à estratégias motoras adotadas, podem influenciar a forma como homens e mulheres realizam atividades ocupacionais, especialmente as tarefas repetitivas e de baixa carga e como reagem à condições adversas, como a fadiga muscular. Apesar desses importantes achados, até o presente momento, pelo nosso conhecimento não existem revisões sistemáticas acerca deste tema. Tal revisão pode contribuir para que haja uma melhor compreensão sobre como as diferenças entre sexos nos fatores fisiológicos e biológicos podem estar associadas à maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres, bem como para que as lacunas presentes na literatura sobre esse tema sejam identificadas. Isto por sua vez, poderia contribuir para guiar novos estudos a respeito do tema. Além disso, se esta relação for de fato confirmada, os achados de tal revisão sistemática podem futuramente guiar o desenvolvimento de estratégias de prevenção e intervenção voltadas ao contexto ocupacional, que considerem as

especificidades biológicas e fisiológicas presentes em homens e mulheres. Assim, esse estudo de revisão sistemática tem como objetivo sintetizar evidência sobre as diferenças entre sexos na exposição biomecânica (ativação muscular, posturas e movimentos) dos membros superiores durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga.

Métodos

Essa revisão sistemática foi realizada de acordo com as diretrizes da Cochrane (HIGGINS et al., 2019) e reportada de acordo com as recomendações do Prisma (MOHER et al., 2009). O protocolo desta revisão sistemática foi registrado prospectivamente no PROSPERO (CRD42018086366).

Crítérios de inclusão

Esta revisão sistemática incluiu estudos transversais que (1) investigaram diferenças entre sexos na exposição biomecânica de membros superiores; (2) avaliaram sujeitos jovens (com idade entre 18 e 45 anos), com ou sem distúrbios musculoesqueléticos; (3) avaliaram tarefas ocupacionais repetitivas de baixa carga; e (4) avaliaram as exposições biomecânicas, considerando variáveis como ativação muscular, posturas e movimentos de membros superiores.

Estatégias de busca

A busca eletrônica foi realizada nas seguintes bases de dados: PubMed-MEDLINE, Embase, Web of Science e Lilacs, com as seguintes combinações de palavras-chave: (gender OR sex OR sex difference OR gender difference) AND (repetitive movement OR repetitive task OR repetitive work OR static work OR low level activity OR repetitive OR work) AND (upper limb OR upper extremity OR shoulder OR elbow OR wrist OR hand OR arm OR neck) AND (fatigue OR muscle fatigue OR muscle activity OR motor strategies OR EMG OR electromyography OR electromyographic OR sEMG OR kinematics OR biomechanical phenomena OR posture OR movement). A base de dados MeSH (*Medical Subjects Headings*) de vocabulário controlado foi previamente

consultada para definir os termos de busca, e a busca eletrônica incluiu publicações desde o início até agosto de 2020.

Processo de seleção

O processo de seleção dos estudos foi realizado por meio do software START (*State of the Art through Systematic Review*, v. 3.0.) (HERNANDES et al., 2012). Dois revisores independentes (M.M.C. e L.L.Z.) selecionaram os estudos com base nos títulos relevantes para a pesquisa. Em seguida, todos os títulos selecionados tiveram seus resumos analisados para identificar aqueles que atendiam aos critérios de inclusão. Por fim, os textos completos de estudos potencialmente relevantes foram considerados para avaliação final. Todo o processo de seleção baseou-se nos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos e realizado com base no consenso entre os dois revisores. Em casos de discordância, um terceiro revisor foi consultado (R.F.C.M.).

Além disso, uma busca manual foi realizada por meio da verificação das listas de referência dos estudos primários incluídos. O processo de seleção manual foi realizado de forma independente pelos mesmos revisores, a fim de identificar estudos com potencial relevância que não foram encontrados na busca eletrônica.

Coleta de dados

Os revisores trabalharam de forma independente, utilizando um formulário padronizado adaptado do modelo proposto pela Colaboração Cochrane para extração de dados, que engloba: (1) aspectos da população avaliada como idade, peso e altura, presença ou ausência de distúrbios musculoesqueléticos; (2) o protocolo de avaliação para comparar diferenças entre sexos, incluindo o tipo de tarefa repetitiva de baixa carga realizada e se tal tarefa induziu fadiga muscular ou não; (3) os métodos de avaliação, como o uso de medidas qualitativas e quantitativas para avaliar as diferenças entre sexos na exposição biomecânica dos membros superiores; (4) os resultados, incluindo os principais achados obtidos na avaliação. Os formulários preenchidos por cada um dos revisores foram comparados entre si, para garantir a qualidade das informações descritas.

Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos

Os estudos incluídos tiveram sua qualidade metodológica avaliada pelo *checklist* proposto pelo Instituto Joanna Briggs (JBI) para estudos transversais (MOOLA et al., 2017). Por meio desse *checklist*, foi possível identificar o risco de viés e as potencialidades e limitações dos estudos. A ferramenta de avaliação contém oito itens, que devem ser classificados como: “Sim”, “Não”, “Não está claro” ou “Não aplicável”. Quando o critério de qualidade esteve presente (“Sim”), o item recebeu um ponto. Por outro lado, quando o critério de qualidade não esteve presente (“Não”, “Não está claro” ou “Não se aplica”) o item não recebeu nenhum ponto. Em estudos que avaliaram apenas sujeitos assintomáticos, o item 4 do *checklist* (que considera a forma de avaliação da condição investigada) recebeu pontuação (“Sim”), uma vez que nesses casos, o viés metodológico não esteve presente. Dois revisores (M.M.C. e L.L.Z.) trabalharam de forma independente na avaliação da qualidade metodológica e, em casos de discordância, um terceiro revisor (R.F.C.M.) foi consultado para a decisão final. Uma pontuação final igual a 5 pontos (mais de 50%) foi classificada nesse estudo como uma qualidade metodológica razoável, enquanto uma pontuação final igual ou maior que 7 (mais de 80%) foi classificada como uma alta qualidade metodológica (DRIUSSO et al., 2020).

Análise dos dados e qualidade de evidência

Os estudos selecionados foram agrupados de acordo com os resultados avaliados. Além disso, a síntese geral do corpo de evidências foi realizada por meio da abordagem GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) (SCHÜNEMANN et al., 2013). O GRADE é composto por cinco domínios: limitações do desenho do estudo devido ao risco de viés, inconsistência, evidência indireta, imprecisão e viés de publicação (FURLAN et al., 2009; RICHARDS et al., 2013). O nível de evidência foi classificado por meio do GRADE podendo ser: muito baixo, baixo, moderado ou alto (FALAVIGNA et al., 2014; FURLAN et al., 2009).

Resultados

A busca eletrônica retornou um total de 2157 estudos. Ao final do processo de seleção, 24 estudos foram incluídos nessa revisão sistemática, e um total de 856 participantes foram avaliados. Detalhes sobre o processo de seleção são apresentados na Figura 1. As principais características dos estudos primários incluídos nessa revisão são apresentados na Tabela 1.

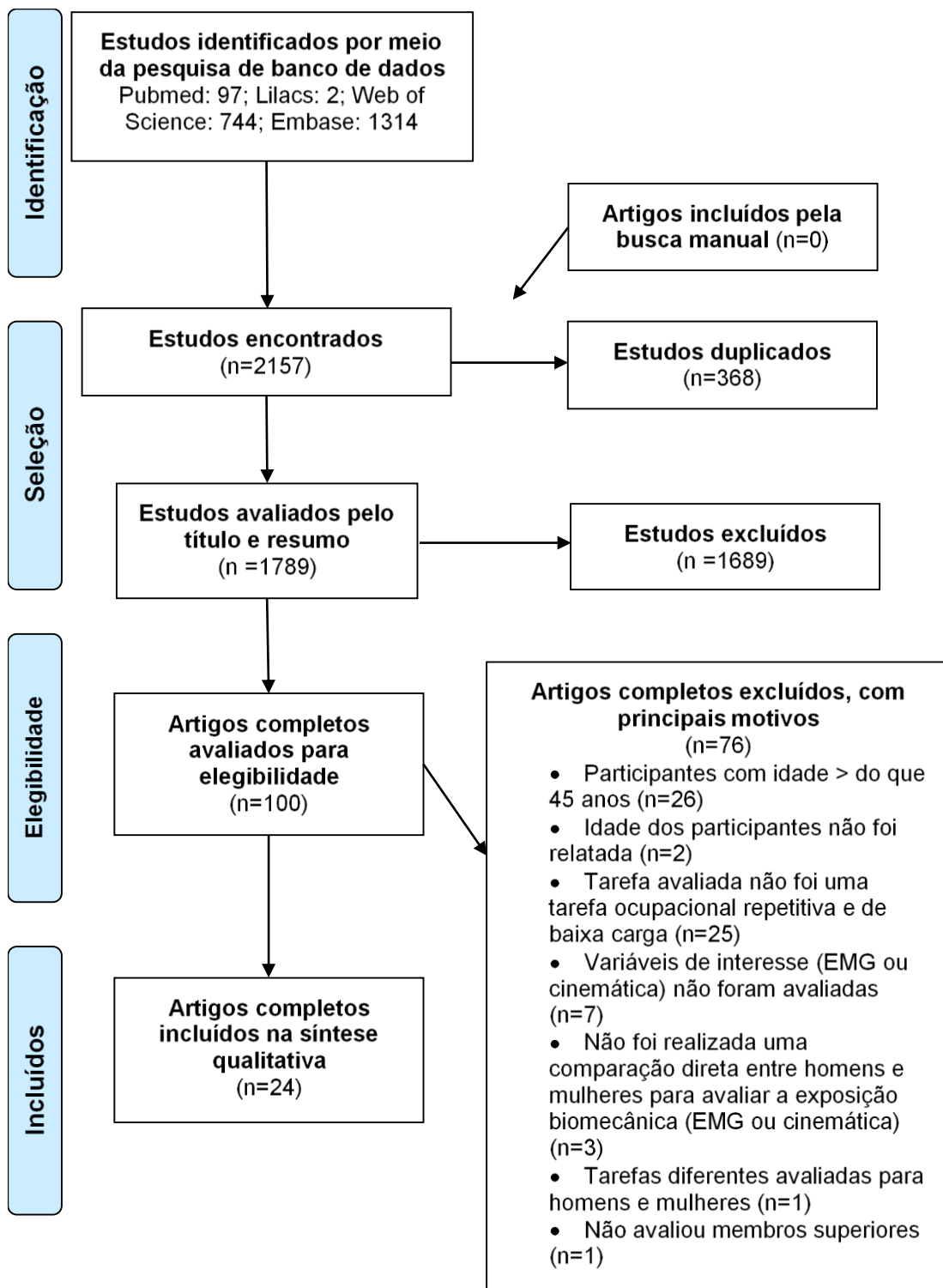


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção

Tabela 1. Principais características metodológicas dos estudos primários incluídos. As linhas dos estudos que avaliaram tarefas repetitivas faticantes e de baixa carga estão destacadas na cor cinza.

Estudo	Participantes/ Sintomas	Tarefa repetitiva e de baixa carga Tipo	Duração/ Fadiga Muscular	Critério de Interrupção	Exposição Biomecânica	Variáveis de interesse
Nussbaum et al. (2001)	8M 8H/ AS	Simulada: Tarefa exigindo tocar dois alvos posicionados acima do nível da cabeças	3 h/ Sim	↓ do EVM do ombro; TPE > 7/10; participante não podia continuar	Carga muscular (DM, trapézio, DA, INFRA)	sEMG: RMS
O'Sullivan and Galloway (2002)	5M 5H/ NR	Simulada: Montagem de dispositivos elétricos exigindo o alcance com o MS em diferentes distâncias	NR/ Não	NA	Cinemática (cotovelo e ombro)	Ângulos articulares e CV dos ângulos articulares
Arvidsson et al. (2006)	7M 7H/ AS e SI	Ambiente real: Controle de tráfego aéreo	59 (56-65) min/ Não	NA	Carga muscular e repouso muscular (trapézio, ERC) Cinemática (cabeça, PSC, MS, punho)	sEMG: percentis 50 e 90 ; repouso muscular Percentil 50 (ângulos articulares); percentis 50 e 90 (velocidade angular) sEMG: RMS
Wang et al. (2006)	10M 10H/ AS	Simulada: Tarefa envolvendo aparafusar parafusos em uma placa, usando diferentes chaves de fenda	NA/ Não	NA	Carga muscular (BIC, flexor dos dedos)	sEMG: RMS
Grieshaber and Armstrong (2007)	6M 6H/ NR	Simulada: Tarefa envolvendo a instalação de mangueiras flexíveis em flanges em diferentes condições	NA/ Não	NA	Carga muscular (flexor extrínseco dos dedos)	sEMG: RMS (pico)
Strøm et al. (2009)	30M 22H/ AS e SI	Simulada: Trabalho de escritório envolvendo o uso de computador	90 min/ Não	NA	Carga muscular (TS, ECD)	sEMG: RMS
Won et al. (2009)	15M 15H/ NR	Simulada: Tarefas padronizadas envolvendo o uso de computador em uma estação de trabalho ajustável, variando a posição do mouse	≅ 5 min para cada tarefa/ Não	NA	Carga muscular (FRC, FUC, EUC, ERC, DA, DM, TS) Cinemática (punho e MS)	sEMG: percentis 10, 50 e 90 do RMS Percentis 10, 50 e 90, ADM (percentil 90 – percentil 10I)
Chen et al. (2010)	10M 11H/ AS e SI	Simulada: Tarefa padronizada de corte de cabelo, envolvendo corte, lavagem e secagem do cabelo	NA/ Não	NA	Carga muscular (FSD e ECD) Cinemática (punho)	sEMG: percentis 10, 50 e 90 Percentis 10, 50 e 90 dos ângulos articulares; velocidade angular média; MPF
Gustafsson et al. (2010)	31M 25H/ AS e SI	Simulada: Diversas tarefas relacionadas ao uso de um celular, envolvendo fazer uma chamada e enviar mensagens de texto	NA/ Não	NA	Carga muscular (ED, PID, ALP, ACP, TS) Cinemática (polegar)	sEMG: percentis 10, 50 e 90 da atividade muscular Percentil 50, VM, MPF, % de pausas, duração das pausas, pausas/min sEMG: RMS
Yang and Cho (2012)	20M 20H/ SI	Simulada: tarefas envolvendo o uso de computador - tarefa de digitação em diferentes velocidades e tarefa envolvendo o uso repetitivo do mouse	Cada bloco de tarefas - 8 min/ Não	NA	Carga muscular (TS, flexores e extensores dos dedos) Cinemática (cabeça, pescoço, ombro, cotovelo e punho)	Ângulos articulares médios e amplitude dos ângulos articulares entre os percentis 5 e 95 sEMG: RMS
Fedorowich et al. (2013)	13M 13H/ AS	Simulada: Tarefa realizada ao nível do ombro, exigindo movimentos do MS no plano horizontal para tocar dois alvos	NA/ Sim	Incapacidade de manter o MS elevado ou de manter o ritmo de trabalho; pontuação ≥8 na escala de Borg CR-10 (TPE)	Carga muscular (TS, TM, TI, SUPRA, DM, BIC)	sEMG: RMS, CV do RMS, NMI
Meyland et al. (2014)	16M 16H/ AS	Simulada: Nove tarefas de trabalho comumente executadas na pintura de casas	NA/ Não	NA	Carga muscular (TS, SUPRA, flexor e extensor radial)	sEMG/iEMG: percentis 10, 50 e 90 do RMS

Rosati et al. (2014)	5M 5H/ AS	Simulada: Pintura de parede usando a técnica de zig-zag, variando a altura de trabalho e o tipo de ferramenta para pintura	NA/ Não	NA	Carga muscular (DA, DM, DeP, BIC, TS)	sEMG: Envelope linear - EMG médio total e EMG integrado total
Marker et al. (2016)	58M 15H/ AS	Ambiente real: Trabalho de escritório exigindo o uso de computador	Em média 6,65 h (4–8 h)/ Não	NA	Carga muscular (TS)	sEMG: RMS, frequência de gap, repouso muscular e análises de APDF tradicional e ativo (percentis 10, 50 e 90 do RMS)
Srinivasan et al. (2016)	58M 55H/ AS	Simulada: Tarefa realizada ao nível do ombro exigindo movimentos repetitivos com o MS para tocar dois alvos	NA/ Sim	Incapacidade de manter o MS elevado ou de manter o ritmo de trabalho; pontuação ≥ 8 na escala de Borg CR-10 (TPE)	Carga muscular (TS, DA, BIC, TRI- cabeça longa)	sEMG: RMS, DP e CV ciclo-a-ciclo das amplitudes eletromiográficas
Lang and Dickerson (2017)	15M 15H/ AS	Simulada: Tarefa realizada acima do nível da cabeça envolvendo a manipulação de porcas e parafusos	15 min/ Não	Quando o participante não conseguia mais manter a postura necessária	Cinemática (ombro, cotovelo e punho)	Ângulos articulares e velocidades lineares
Maciukiewicz et al. (2017)	15M 10H/ AS	Simulada: Tarefa envolvendo o empacotamento de produtos de supermercado realizada em diferentes condições	NA/ Não	NA	Carga muscular (TS, TM, SA, DA, DM)	sEMG: Envelope linear - EMG integrado
Zuniga and Côté (2017)	14M 13H/ AS	Simulada: Trabalho envolvendo o uso de computador em uma estação de trabalho com dois monitores ou com um notebook	90 min/ Não	NA	Carga muscular (EEC, ECM, TS, TM, TI, DA)	sEMG: RMS, CV do RMS, NMI
Bouffard et al. (2018)	41M 40H/ AS	Simulada: Tarefa exigindo movimentos com o MS para tocar dois alvos posicionados na altura do ombro	NA/ Sim	Pontuação ≥ 8 na escala de Borg CR-10 (TPE)	Cinemática (parte superior do corpo)	Ângulos articulares, ADM, erro de movimento, altura do cotovelo, variabilidade movimento-a-movimento (DP)
Minn and Côté (2018)	14M 15H/ AS	Simulada: Tarefa realizada ao nível do ombro, envolvendo o aparafusar/desparafusar porcas de parafusos de uma placa vertical	NA/ Sim	Pontuação ≥ 8 na escala de Borg CR-10 Scale (TPE)	Carga muscular (TS, TM, TI, DA, BIC, TRI, EUC, FRC)	sEMG: RMS, MPF, CV do RMS, NMI
Otto et al. (2018)	14M 14H/ AS	Simulada: Tarefa que requer apertar porcas em parafusos de uma placa, com membro superior posicionado na altura do ombro	NA/ Sim	Pontuação ≥ 8 na escala de Borg CR-10 (TPE); quando o participante não podia mais realizar a tarefa	Carga muscular (TS, DA, BIC)	sEMG: RMS e median power frequency
Cid et al. (2019)	17M 21H/ AS	Simulada: Tarefa exigindo encaixar peças em uma placa de madeira horizontal, com o MS posicionado abaixo do nível do ombro	60 min/ Não	Incapacidade de manter o MS abduzido ou de manter o ritmo de trabalho; pontuação ≥ 8 na escala de Borg CR-10 (TPE)	Carga muscular (TS – fibras acromiais e claviculares, TM, TI, SA)	sEMG: RMS, DP e CV do RMS, NMI
Cid et al. (2020a)	17M 19H/ AS	Simulada: Tarefa exigindo encaixar peças em uma placa de madeira vertical, com o MS posicionado acima do nível do ombro	4 min/ Não	NA	Carga muscular (TS – fibras acromiais e claviculares, TM, TI, SA)	sEMG: percentis 10, 50 e 90 do RMS
Cid et al. (2020b)	19M 18H/ AS	Simulada: Tarefa exigindo encaixar peças em uma placa de madeira vertical, com o MS posicionado acima do nível do ombro	NA/ Sim	Interrupção voluntária	Cinemática (MS, PSC, cabeça e pescoço)	Percentis 10, 50 e 90 dos ângulos articulares e range entre os percentis 5 e 95

ACP: abdutor curto do polegar; ADM: amplitude de movimento; ALP: abdutor longo do polegar; AS: assintomáticos; BIC: bíceps braquial; CV: coeficiente de variação; DA: deltóide anterior; DeP: deltóide posterior; DM: deltóide médio; DP: desvio padrão; ECD: extensor comum dos dedos; ECM: esternocleidomastóideo; ED: extensor dos dedos; EEC: eretor da espinha cervical; ERC: extensor radial do carpo; EUC: extensor ulnar do carpo; EVM: esforço voluntário máximo; FRC: flexor radial do carpo; FSD: flexor superficial dos dedos; FUC: flexor ulnar do carpo; H: homens; iEMG: eletromiografia intramuscular; INFRA: infraespinhal; M: mulheres; MPF: mean power frequency; MS: membro superior; NA: não aplicável; NMI: informação mútua normalizada; NR: não relatado; PID: primeiro interosseo dorsal; PSC: parte superior das costas; RMS: root mean square; sEMG: eletromiografia de superfície; SI: sintomáticos; SUPRA: supraespinhal; TI: trapézio inferior; TM: trapézio médio; TPE: taxa percepção de esforço; TRI: tríceps; TS: trapézio superior; VM: velocidade mediana.

Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos

Os resultados da avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos são apresentados na Tabela 2. A pontuação final média da avaliação foi 6,92. Três estudos receberam uma pontuação final abaixo de 5 (GRIESHABER; ARMSTRONG, 2007; O'SULLIVAN; GALLWEY, 2002; WON et al., 2009). Três estudos apresentaram uma qualidade metodológica razoável (pontuação final entre 5 e 6) (CHEN et al., 2010; MACIUKIEWICZ et al., 2017; MARKER et al., 2016). Os demais estudos apresentaram uma alta qualidade metodológica (pontuação final igual ou maior que 7). Além disso, destaca-se que o item 2 do *checklist*, que se refere à descrição do ambiente avaliado e das características do participantes, foi um dos critérios menos frequentemente atendidos. O item 6 do *checklist*, que se refere às estratégias usadas para lidar com possíveis fatores confundidores, também foi um dos critérios menos frequentemente atendidos.

Tabela 2. Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos por meio do checklist proposto pelo Instituto Joanna Briggs (JBI) para estudos transversais. Para cada um dos itens, quando o critério de qualidade esteve presente, estes são destacados em verde. Quando o critério de qualidade não esteve presente, estes são destacados em vermelho.

Estudo	1				2				3				4				5				6				7				8				PF								
	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA	Sim	Não	NC	NA		Sim	Não	NC	NA				
Nussbaum et al. (2001)	X				X				X				X				X						X		X				X												7
O'Sullivan and Gallwey (2002)		X				X			X						X		X						X				X								X						2
Arvidsson et al. (2006)	X				X				X				X				X				X								X												8
Wang et al. (2006)	X				X				X				X				X						X		X				X												7
Grieshaber and Armstrong (2007)		X				X			X						X		X						X		X				X												4
Strøm et al. (2009)	X				X				X				X				X				X				X				X												8
Won et al. (2009)		X			X				X						X			X					X		X				X												4
Chen et al. (2010)	X				X				X						X								X		X				X												6
Gustafsson et al. (2010)	X					X			X				X				X				X				X				X												7
Yang and Cho (2012)	X				X				X				X				X				X				X				X							X					7
Fedorowich et al. (2013)	X				X				X				X				X				X				X				X												8
Meyland et al. (2014)	X				X				X				X				X				X				X				X												8
Rosati et al. (2014)	X				X				X				X				X				X				X				X												8
Marker et al. (2016)	X				X					X			X				X				X				X				X						X						6
Srinivasan et al. (2016)	X					X			X				X				X				X				X				X												7

Lang and Dickerson (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	7
Maciukiewicz et al. (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	6
Zuniga and Côté (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Bouffard et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Minn and Côté (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Otto et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Cid et al. (2019)	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Cid et al. (2020a)	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Cid et al. (2020b)	X	X	X	X	X	X	X	X	8

1. Os critérios de inclusão da amostra foram claramente definidos? 2. Os sujeitos do estudo e o ambiente foram descritos em detalhes? 3. A exposição foi medida de forma válida e confiável? 4. Foram usados critérios padronizados e objetivos para a avaliar a condição? 5. Fatores confundidores foram identificados? 6. Foram estabelecidas estratégias para lidar com os fatores confundidores? 7. Os resultados foram medidos de forma válida e confiável? 8. Foi usada uma análise estatística apropriada? Não está claro (NC); Não aplicável (NA); Pontuação Final (PF).

Diferenças entre sexos na exposição biomecânica durante tarefas repetitivas e de baixa carga não fatigantes

Carga muscular

Quinze estudos avaliaram a carga muscular durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga não fatigantes. A maioria dos estudos mostrou que as mulheres tiveram maior carga muscular (nível de ativação muscular) do que os homens durante a tarefa avaliada (CHEN et al., 2010; CID et al., 2019, 2020a; GRIESHABER; ARMSTRONG, 2007; GUSTAFSSON; JOHNSON; HAGBERG, 2010; MACIUKIEWICZ et al., 2017; MARKER et al., 2016; MEYLAND et al., 2014; ROSATI; CHOPP; DICKERSON, 2014; WANG et al., 2006; WON et al., 2009; YANG; CHO, 2012), com exceção de um estudo que não encontrou nenhuma diferença significativa entre sexos para a ativação muscular (músculos trapézio e extensor radial do carpo) (ARVIDSSON et al., 2006). A maior ativação muscular nas mulheres comparado aos homens foi relatada para os músculos de pescoço/ombro por seis estudos (CID et al., 2019, 2020a; MACIUKIEWICZ et al., 2017; MARKER et al., 2016; MEYLAND et al., 2014; WON et al., 2009), para o bíceps braquial por um estudo (WANG et al., 2006) e para os músculos de mão/antebraço por seis estudos (CHEN et al., 2010; GRIESHABER; ARMSTRONG, 2007; GUSTAFSSON; JOHNSON; HAGBERG, 2010; MEYLAND et al., 2014; WON et al., 2009; YANG; CHO, 2012). O repouso muscular foi avaliado apenas por dois estudos (ARVIDSSON et al., 2006; MARKER et al., 2016). Marker et al. (2016) mostrou que as mulheres tiveram menos repouso muscular (músculo trapézio superior) comparado aos homens, enquanto Arvidsson et al. (2006) não encontrou nenhuma diferença significativa entre sexos para essa variável para nenhuma músculo avaliado. Além disso, a frequência de *gap* foi avaliada apenas em um estudo (MARKER et al., 2016), em que nenhuma diferença entre sexos foi encontrada (músculo trapézio superior). Finalmente, em estudo realizado por Cid et al. (2019), não houve diferenças significativas entre sexos na variabilidade da atividade muscular, avaliada por meio do desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos valores RMS e nas análises de informação mútua normalizada (*normalized mutual information* - NMI) para nenhum dos músculos avaliados.

Quando a carga muscular foi avaliada ao longo do tempo durante a tarefa investigada e as análises separadas por sexo, Zuniga and Côté (2017) mostraram que apenas os homens tiveram um aumento na ativação muscular (músculos trapézio superior e deltóide anterior). Por outro lado, nenhuma diferença entre sexos foi encontrada ao longo do tempo para ativação muscular (músculos trapézio superior e extensor comum dos dedos) em estudo realizado por Strøm et al. (2009). Além disso, Zuniga and Côté (2017) relataram que quando as análises da variabilidade da atividade muscular, expressa pelo CV do RMS do trapézio médio, foram analisadas ao longo do tempo e separadas por sexo, apenas os homens apresentaram aumento nesta variável, enquanto nenhum efeito temporal significativo foi encontrado para as mulheres. No mesmo estudo, houve um aumento no NMI para dois pares de músculos (trapézio superior- trapézio médio e deltóide anterior- eretor da espinha cervical) ao longo do tempo, mas apenas nos homens (ZUNIGA; CÔTÉ, 2017).

Cinemática

Sete estudos avaliaram a cinemática durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga não fatigantes. Para as angulações articulares, as diferenças entre sexos são controversas para algumas regiões corporais. Foi demonstrado que as mulheres apresentaram menor flexão da cabeça/pescoço (YANG; CHO, 2012) e do ombro (O'SULLIVAN; GALLWEY, 2002; YANG; CHO, 2012) comparado aos homens. Além disso, o estudo realizado por Won et al. (2009), mostrou que as mulheres tiveram maior rotação externa e flexão de ombro do que os homens. Para a articulação do cotovelo, O'sullivan and Gallwey (2002) mostraram maior ângulos de flexão para as mulheres, enquanto Yang and Cho (2012) relataram resultados contrários (maior flexão para os homens). Para a articulação do punho, foi mostrado que as mulheres tiveram maior extensão (ARVIDSSON et al., 2006) e flexão (CHEN et al., 2010), enquanto que em estudo realizado por Won et al. (2009), as mulheres apresentaram menor extensão do que os homens. Apenas um estudo avaliou os ângulos articulares do polegar e nenhuma diferença significativa entre sexos foi encontrada (GUSTAFSSON; JOHNSON; HAGBERG, 2010). Finalmente, Lang e Dickerson (2017) avaliaram os ângulos articulares e velocidades lineares de diversas articulações (ombro, cotovelo e punho). Os autores apontaram que embora

algumas diferenças entre sexos tenham sido encontradas, o número de resultados significativos foi muito baixo comparado ao número de testes realizados, e por isso, esses resultados não foram apresentados.

Apenas dois estudos avaliaram a ADM (amplitude de movimento) (WON et al., 2009; YANG; CHO, 2012). Em estudo realizado por Yang e Cho (2012), as diferenças entre sexos foram influenciadas pelo tipo de tarefa avaliada. As mulheres apresentaram menor ADM para a flexão de pescoço comparado aos homens durante a realização de uma tarefa de digitação, enquanto que o resultado oposto (maior ADM para as mulheres) foi encontrado durante uma tarefa envolvendo a utilização do mouse. Finalmente, Won et al. (2009) mostrou maior ADM para a flexão de ombro e flexão/extensão de punho para as mulheres em comparação aos homens. Apenas um estudo avaliou o CV dos ângulos articulares, que mostrou maiores valores de CV para a flexão de ombro e menores valores para a flexão de cotovelo nas mulheres comparado aos homens (O'SULLIVAN; GALLWEY, 2002). Entretanto, uma vez que as análises estatísticas não foram claramente descritas no estudo, não fica claro se essas diferenças entre sexos foram significativas ou não. Considerando as velocidades angulares, um estudo mostrou maiores velocidades para as mulheres do que para os homens (CHEN et al., 2010), enquanto que nenhuma diferença entre sexos foi relatada para os dois outros estudos que também avaliaram esta variável (ARVIDSSON et al., 2006; GUSTAFSSON; JOHNSON; HAGBERG, 2010). Finalmente, nenhuma diferença significativa entre sexos foi encontrada para o *mean power frequency* (MPF) (CHEN et al., 2010; GUSTAFSSON; JOHNSON; HAGBERG, 2010) e para fatores relacionados à pausas durante a tarefa avaliada (GUSTAFSSON; JOHNSON; HAGBERG, 2010).

Diferenças entre sexos na exposição biomecânica durante tarefas repetitivas de baixa carga e fatigantes

Carga muscular

Cinco estudos avaliaram diferenças entre sexos na carga muscular durante tarefas repetitivas de baixa carga e fatigantes. Considerando a ativação muscular, nenhuma diferença significativa entre sexos foi encontrada em

resposta à fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016).

Minn and Côté (2018) (músculos trapézio superior, deltóide anterior, trapézio inferior, tríceps, extensor ulnar do carpo e flexor radial do carpo) e Otto et al. (2018) (músculos trapézio superior, deltóide anterior e bíceps braquial) mostraram maior ativação muscular para as mulheres comparado aos homens, independentemente do período da tarefa avaliado (períodos pré e pós fadiga). Além disso, foi mostrado que as mulheres tiveram menor MPF (MINN; CÔTÉ, 2018) e median power frequency (OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018) do que os homens para os músculos deltóide anterior e bíceps braquial, assim como para o MPF do tríceps (MINN; CÔTÉ, 2018), independentemente do período da tarefa avaliado (períodos pré e pós-fadiga). Entretanto, para os resultados reportados por Otto et al. (2018) não foi possível verificar se houve diferenças entre sexos em resposta à fadiga muscular (interação entre os fatores sexo e tempo) devido aos testes não paramétricos aplicados nas análises estatísticas. Finalmente, embora Nussbaum et al. (2001) tenha avaliado uma tarefa repetitiva de baixa carga e fatigante, nenhuma diferença entre sexos foi reportada para a ativação muscular.

Três estudos avaliaram a variabilidade da atividade muscular em resposta à fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). Srinivasan et al. (2016) encontraram que para o trapézio superior, houve aumento dos valores de DP e CV após a fadiga muscular para ambos os sexos, porém esse aumento foi significativamente menor nas mulheres em comparação aos homens. Além disso, para o músculo bíceps, tanto o CV quanto o DP aumentaram após a fadiga muscular nas mulheres, enquanto o padrão oposto foi mostrado para os homens (diminuição dos valores após a fadiga). Por outro lado, os outros dois estudos não encontraram nenhuma diferença significativa entre sexos para o CV para nenhum dos músculos avaliados (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). Além disso, Srinivasan et al. (2016) também avaliou o CV registrado na condição pré-fadiga (linha de base) e não encontrou nenhuma diferença entre sexos para esse resultado para nenhum dos músculos avaliados.

Dois estudos avaliaram diferenças entre sexos em resposta à fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018) por meio das

análises de NMI. Fedorowich et al. (2013) encontraram que houve uma diminuição nos valores de NMI para quatro de todos os pares musculares avaliados (trapézio superior-trapézio inferior; trapézio médio-bíceps braquial; trapézio inferior-supraespinhal e trapézio inferior-bíceps braquial) depois da fadiga muscular, mas apenas nos homens. Além disso, as mulheres mostraram menores valores de NMI do que os homens para um par muscular (trapézio inferior-deltóide médio), independentemente do período da tarefa avaliado. Minn and Côté (2018) não encontraram nenhuma diferença entre sexos para as análises de NMI em resposta à fadiga muscular, mas mostraram que as mulheres tiveram maiores valores de NMI, independentemente do período da tarefa (períodos pré e pós-fadiga) para os seguintes pares musculares: deltóide anterior-bíceps braquial; extensor ulnar do carpo-flexor radial do carpo; trapézio médio-trapézio superior).

Cinemática

Apenas dois estudos avaliaram as diferenças entre sexos na cinemática durante tarefas repetitivas de baixa carga e fatigantes (BOUFFARD et al., 2018; CID et al., 2020b). Cid et al. (2020b) mostrou que a ADM da flexão de cabeça e pescoço foi maior nas mulheres comparado aos homens, independentemente do período da tarefa avaliado (períodos pré e pós fadiga). Ambos os estudos (BOUFFARD et al., 2018; CID et al., 2020b) encontraram uma diminuição na elevação do membro superior depois da fadiga em ambos os sexos, mas com uma maior diminuição no homens. Além disso, houve uma aumento na ADM da elevação do membro superior com a fadiga em ambos os sexos, com um maior aumento nos homens (CID et al., 2020b). Finalmente, Bouffard et al. (2018) mostrou que a altura do cotovelo para os homens foi maior do que para as mulheres, independentemente do período da tarefa (períodos pré e pós-fadiga).

Bouffard et al. (2018) também avaliaram a variabilidade movimento a movimento expressa pelo DP dos ângulos articulares e da ADM. Foi mostrado que a variabilidade movimento a movimento da elevação do membro superior foi maior com a fadiga muscular, mas apenas nas mulheres. Além disso, a variabilidade da flexão do cotovelo, para ambos angulação média e ADM foi maior nas mulheres comparado aos homens, independentemente do período da tarefa (BOUFFARD et al., 2018). Finalmente, nenhuma diferença significativa

entre sexos foi encontrada para o erro do movimento, variabilidade do erro do movimento e duração do movimento (BOUFFARD et al., 2018).

Síntese de evidência de acordo com a abordagem GRADE

Os resultados das sínteses de evidências realizadas por meio da abordagem GRADE para as diferenças entre sexos, são apresentados na Tabela 3 e Tabela 4, considerando a exposição biomecânica durante tarefas repetitivas de baixa carga não fatigantes e alterações das variáveis de interesse em resposta à fadiga muscular induzida por tarefas repetitivas fatigantes, respectivamente. A síntese de evidência foi realizada para as variáveis de exposição biomecânica mais frequentemente avaliadas nos estudos primários incluídos, que foram nível de ativação muscular e ângulos articulares. Para a síntese de evidência referente a ativação muscular, os estudos que avaliaram os músculos da região de pescoço/ombro (1) e das regiões de cotovelo e punho/mão (2) foram avaliados separadamente. Da mesma forma, para a síntese de evidência referente aos ângulos articulares, os estudos que avaliaram as regiões de cabeça/pescoço, parte superior das costas e ombro (1) e as regiões de cotovelo e punho/mão (2) também foram avaliados separadamente. De maneira geral, a síntese de evidência considerando as diferenças entre sexos foi classificada como muito baixa para todas as variáveis avaliadas.

Tabela 3. Abordagem GRADE para sintetizar e identificar o nível de evidência para as diferenças entre sexos na exposição biomecânica (ativação muscular e ângulos articulares) durante tarefas repetitivas de baixa carga e não fatigantes.

Nº dos estudos	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Viés de publicação	Estudos	Nível de evidência
Ativação Muscular (pescoço/ombro)							
10	grave ^a	grave ^b	muito grave ^c	grave ^d	não detectado	Arvidsson et al. (2006) Won et al. (2009) Gustafsson et al. (2010) Yang and Cho (2012) Meyland et al. (2014) Rosati et al. (2014) Marker et al. (2016) Maciukiewicz et al. (2017) Cid et al. (2019) Cid et al. (2020a)	Muito baixo
Ativação Muscular (cotovelo e punho/mão)							
9	grave ^a	grave ^b	muito grave ^c	grave ^d	não detectado	Arvidsson et al. (2006) Wang et al. (2006) Grieshaber e Armstrong (2007) Won et al. (2009) Chen et al. (2010) Gustafsson et al. (2010) Yang and Cho (2012) Meyland et al. (2014) Rosati et al. (2014)	Muito baixo
Ângulos articulares (cabeça/pescoço, parte superior das costas e ombro)							
5	grave ^a	muito grave ^b	grave ^c	grave ^d	não detectado	O'Sullivan and Gallwey (2002) Arvidsson et al. (2006) Won et al. (2009) Yang and Cho (2012) Lang and Dickerson (2017)	Muito baixo
Ângulação articular (cotovelo e punho/mão)							
7	grave ^a	muito grave ^b	grave ^c	grave ^d	não detectado	O'Sullivan and Gallwey (2002) Arvidsson et al. (2006) Won et al. (2009) Chen et al. (2010) Gustafsson et al. (2010) Yang and Cho (2012) Lang and Dickerson (2017)	Muito baixo

a. <75% dos estudos apresentaram alta qualidade metodológica

b. Resultados apontam para direções diferentes

c. Diferentes populações e/ou condição avaliada e/ou análises do desfecho de interesse

d. Dados insuficientes para realização de uma metanálise

Tabela 4. Abordagem GRADE para sintetizar e identificar o nível de evidência para as diferenças entre sexos nas alterações da ativação muscular e ângulos articulares em resposta à fadiga muscular, induzida por tarefas repetitivas e de baixa carga.

Nº dos estudos	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Viés de publicação	Estudos	Nível de evidência
Ativação muscular (pescoço/ombro)							
3	não grave	não grave	não grave	grave ^a	não detectado	Fedorowich et al. (2013) Srinivasan et al. (2016) Minn e Côté (2018)	Muito baixo
Ativação muscular (cotovelo e punho)							
3	não grave	não grave	não grave	grave ^a	não detectado	Fedorowich et al. (2013) Srinivasan et al. (2016) Minn e Côté (2018)	Muito baixo
Ângulos articulares (cabeça/pescoço, parte superior das costas e ombro)							
2	não grave	grave ^b	não grave	grave ^a	não detectado	Bouffard et al. (2018) Cid et al., 2020b	Muito baixo
Ângulos articulares (cotovelo)							
1	não grave	não grave	não grave	muito grave ^{a,c}	não detectado	Bouffard et al. (2018)	Muito baixo

a. Dados insuficientes para realização de uma metanálise

b. Resultados apontam para direções diferentes

c. Apenas um estudo avaliado

Discussão

Diferenças entre sexos na exposição biomecânica

Essa revisão sistemática teve como objetivo sintetizar evidência a respeito das diferenças entre sexos na exposição biomecânica (padrão de atividade muscular, posturas e movimentos) da região de membro superior durante a realização de tarefas repetitivas ocupacionais e de baixa carga, podendo estas serem fatigantes ou não. A revisão sistemática incluiu 24 estudos dos anos de 2001 a 2020. Foi identificada uma grande heterogeneidade entre os estudos em relação às variáveis de interesse investigadas e análises realizadas. As variáveis de interesse mais frequentemente avaliadas pelos estudos primários incluídos foram os níveis de ativação muscular e ângulos articulares. Esses resultados serão portanto, discutidos a seguir. Os resultados referentes à carga muscular durante a realização de tarefas não fatigantes, mostraram de modo geral que as mulheres apresentaram maiores níveis de ativação muscular comparado aos homens. Considerando os achados referentes à análises cinemáticas, os resultados foram controversos, uma vez que as diferenças entre sexos nas posturas adotadas durante a realização de tarefas repetitivas não fatigantes, quando presentes, variaram de acordo com a articulação e tarefa avaliada. Estudos que investigaram as alterações nos níveis de ativação muscular em resposta à fadiga induzida por uma tarefa repetitiva fatigante, não encontraram diferenças entre homens e mulheres. Por fim, ao considerar a avaliação dos ângulos articulares que ocorrem em resposta à fadiga muscular induzida por uma tarefa repetitiva, diferenças entre sexos foram evidenciadas para a postura de elevação do membro superior. Esta alteração ocorreu em maior magnitude para os homens do que para as mulheres.

Ao considerar a avaliação das diferenças entre sexos nos níveis de ativação muscular durante a realização de tarefas repetitivas não fatigantes, foi possível identificar uma grande heterogeneidade nas formas de análises realizadas. De modo geral, quando as diferenças entre sexos estiveram presentes, os estudos evidenciaram maior ativação muscular presente nas mulheres quando comparado aos homens para todas as regiões do membro superior (pescoço/ombro, cotovelo e punho/mão). O instrumento de avaliação predominantemente utilizado para essa investigação foi a eletromiografia de

superfície, sendo que a maioria dos estudos realizou a normalização do sinal eletromiográfico por meio de contrações voluntárias máximas (CHEN et al., 2010; CID et al., 2019; GRIESHABER; ARMSTRONG, 2007; MACIUKIEWICZ et al., 2017; MEYLAND et al., 2014; ROSATI; CHOPP; DICKERSON, 2014; WANG et al., 2006; WON et al., 2009; YANG; CHO, 2012). Dessa forma, a maior ativação muscular evidenciada pelas mulheres indica que elas trabalharam mais próximas de sua capacidade máxima em termos de esforço muscular. Isso por sua vez pode representar um maior risco para o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas nessa população.

Considerando os resultados referentes aos ângulos articulares obtidos durante tarefas repetitivas não fatigantes, os achados foram controversos para as diferenças entre sexos. Alguns estudos encontraram maiores ângulos articulares presente nas mulheres, enquanto outros encontraram resultados opostos, ou seja, maiores ângulações presentes nos homens. Ainda, em alguns casos nenhuma diferença entre sexos foi evidenciada para essa variável. Poucos estudos (apenas sete dos 24 estudos incluídos), consideraram análises cinemáticas em suas investigações durante tarefas repetitivas não fatigantes. A adoção de posturas não neutras durante tarefas ocupacionais pode representar um fator de risco importante para o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas (PUNNETT; WEGMAN, 2004). Assim, avaliar as posturas e movimentos nessas condições pode contribuir para uma melhor compreensão de como as diferenças entre sexos nas estratégias motoras adotadas podem estar relacionadas à maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres. Embora essa revisão sistemática tenha considerado a avaliação apenas de tarefas ocupacionais repetitivas e de baixa carga, possivelmente houve uma grande heterogeneidade nas exigências motoras impostas por essas tarefas, principalmente no que se refere às posturas e movimentos exigidos para a execução de cada uma delas. Acreditamos que isto por sua vez pode ter contribuído para que as diferenças entre sexos para tais variáveis apontassem para direções opostas entre os estudos.

Ao considerar a exposição biomecânica em termos de alterações nos níveis de ativação muscular que ocorrem em resposta à fadiga induzida por tarefas repetitivas de baixa carga, nenhuma diferença entre sexos foi encontrada

em nenhum dos estudos incluídos. Para dois dos cinco estudos considerados, ainda que tenham sido avaliadas tarefas fatigantes, o tipo de análises realizadas para a ativação muscular nesses estudos não permitiu indentificar se houve diferenças entre os sexos em resposta à fadiga, pois eles não reportaram se houve interação entre esses dois fatores (períodos pré/pós-fadiga e homens/mulheres) (NUSSBAUM et al., 2001; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018). Ainda que em alguns casos as mulheres tenham apresentado maior ativação muscular do que os homens durante a realização da tarefa fatigante, esse resultado foi independente do período da tarefa avaliado (período pré- e pós-fadiga). Assim, da mesma forma como foi descrito anteriormente para as tarefas não fatigantes, os resultados indicam uma maior sobrecarga musculoesquelética imposta pela tarefa presente nas mulheres. Isso por sua vez pode predispor ao desenvolvimento de desordens, ainda que esse resultado pareça não estar associado à presença de fadiga muscular.

Poucos estudos investigaram as diferenças entre sexos nas alterações cinemáticas que ocorrem em resposta à fadiga muscular induzida por um tarefa repetitiva de baixa carga. Os dois estudos considerados nesse tipo de investigação, identificaram uma diminuição da elevação do membro superior em resposta à fadiga muscular em ambos os sexos, porém com uma maior diminuição presente nos homens do que nas mulheres. Esses achados podem indicar uma maior fadiga muscular na região do ombro para os homens (BOUFFARD et al., 2018). Considerando que para nenhum dos dois estudos houve diferenças entre sexos no desempenho da tarefa após a fadiga, esse achado pode indicar uma adaptação motora ótima presente nos homens para lidar com condições adversas (CID et al., 2020b). Uma menor capacidade de se adaptar às tarefas fatigantes possivelmente apresentada pelas mulheres, pode também aumentar o risco de desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas nessa população.

Síntese de evidência por meio da abordagem GRADE

Devido à grande quantidade de variáveis avaliadas e formas diferentes de análises presentes nos estudos incluídos nessa revisão sistemática, a síntese de evidências por meio da abordagem GRADE para investigar as diferenças

entre sexos na exposição biomecânica foi aplicada apenas para as variáveis mais frequentemente avaliadas, tanto ao considerar tarefas repetitivas de baixa carga fatigantes e não fatigantes. Além disso, o GRADE foi aplicado separadamente para as regiões proximais e distais do membro superior, para que dessa forma fosse possível sintetizar evidência para regiões corporais que desempenham um papel semelhante na realização das tarefas repetitivas. A grande heterogeneidade nas formas de avaliação e variáveis utilizadas, especialmente nas investigações realizadas por meio da eletromiografia de superfície, pode estar relacionada aos grandes avanços tecnológicos no processamento de sinais biológicos que vem ocorrendo ao longo dos anos (JANUARIO et al., 2016).

O nível de evidência foi classificado como muito baixo para todas as análises realizadas. Esses resultados podem ser atribuídos em partes ao desenho dos estudos incluídos nessa revisão sistemática. De acordo com a abordagem GRADE, a síntese de evidência baseada em estudos observacionais não pode ser inicialmente classificada como qualidade metodológica alta ou moderada (JANUARIO et al., 2016). Considerando o domínio risco de viés, ainda que muitos estudos tenham apresentado alta qualidade metodológica, para as análises considerando tarefas repetitivas não fatigantes, a alta qualidade metodológica esteve presente para menos do que 75% dos estudos primários incluídos nessas análises, o que por sua vez contribuiu para diminuição do nível de evidência.

Ao analisar o domínio de inconsistência, um fator que certamente contribuiu para a baixa classificação do nível de evidência foram os resultados controversos apresentados pelos estudos, especialmente para as análises dos ângulos articulares obtidos durante tarefas não fatigantes. Ainda, ao considerar as análises de ativação muscular em tarefas não fatigantes ou ainda os ângulos articulares em tarefas fatigantes, mesmo que as diferenças entre sexos tenham apontado sempre para a mesma direção quando presentes, em muitos casos nenhuma diferença entre sexos foi encontrada.

Por meio do domínio de evidência indireta, foi possível identificar uma grande heterogeneidade na amostra avaliada, uma vez que alguns estudos avaliaram apenas pessoas assintomáticas ou sintomáticas, outros avaliaram

peças sintomáticas e assintomáticas e em alguns estudos essa informação não é nem mesmo relatada. Como já citado anteriormente, outro ponto importante foi a heterogeneidade identificada nas formas de análises das variáveis de interesse, especialmente ao se considerar o nível de ativação muscular.

Ao considerar o domínio de imprecisão, destaca-se o fato de que a síntese de evidência para diferenças entre sexos considerando os ângulos articulares do cotovelo foi realizada com base em apenas um estudo (BOUFFARD et al., 2018), o que por sua vez influenciou consideravelmente a avaliação desse domínio para esse caso. Por fim, é importante destacar que embora a abordagem GRADE seja uma ferramenta importante para a síntese de evidências, sua aplicação é mais apropriada ao se considerar estudos randomizados controlados (JANUARIO et al., 2016). Desta forma, uma vez que apenas estudos observacionais foram incluídos nessa revisão sistemática, a síntese de evidência apresentada deve ser considerada com cautela.

Conclusão

Essa revisão sistemática sintetizou evidências sobre as diferenças entre sexos na exposição biomecânica dos membros superiores durante a realização de tarefas ocupacionais repetitivas e de baixa carga, podendo estas serem fatigantes ou não. Os resultados mostraram uma grande heterogeneidade nas variáveis de interesse, bem como nas formas de análises realizadas. Ainda assim foi possível identificar que o nível de ativação muscular, bem como os ângulos articulares obtidos durante a realização da atividade de interesse foram as variáveis mais frequentemente avaliadas pelos estudos primários incluídos. De modo geral, as mulheres apresentaram maiores níveis de ativação muscular no membro superior quando comparado aos homens, independentemente da presença ou ausência de fadiga muscular. Além disso, foi verificado que as mulheres podem apresentar uma menor capacidade de se adaptarem à tarefa após a indução de fadiga muscular do que os homens. Isto pôde ser evidenciado pelas maiores alterações cinemáticas da postura de elevação do membro superior em resposta à fadiga muscular identificadas nos homens em

comparação as mulheres. A síntese de evidência dessa revisão sistemática foi limitada e por isso, os achados devem ser considerados com cautela. Recomenda-se que mais estudos sejam realizados para investigar as diferenças entre sexos na exposição biomecânica do membro superior durante a realização de tarefas repetitivas de baixa carga, especialmente ao se considerar análises cinemáticas e condições de fadiga muscular. Acredita-se que se a possível relação entre diferenças biológicas/fisiológicas entre os sexos e a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres for de fato evidenciada e melhor compreendida, futuras estratégias de intervenção e prevenção poderão ser desenvolvidas de acordo com esta questão dentro do contexto ocupacional.

ESTUDO 2

Existem diferenças entre sexos na coordenação muscular da região escapulotorácica durante a realização de uma tarefa motora sustentada?

Marina Machado Cid, Ana Beatriz Oliveira, Leticia Bergamin Januario, Julie N. Côté, Roberta de Fátima Carreira Moreira, Pascal Madeleine

Artigo publicado no periódico **Journal of Electromyography and Kinesiology**

DOI: 10.1016/j.jelekin.2019.01.003

Introdução

Estudos que avaliam como as diferenças biológicas entre homens e mulheres afetam o comportamento motor têm se concentrado amplamente nas diferenças antropométricas e hormonais. Diferenças entre os sexos também têm sido relatadas em várias situações considerando o nível e padrão de atividade muscular avaliados por meio da eletromiografia de superfície (sEMG). Além disso, é importante destacar que a influência das mudanças hormonais durante o ciclo menstrual na sEMG ainda não é claramente compreendida (TENAN et al., 2013, 2016). Investigar as diferenças entre os sexos em um contexto ocupacional é interessante considerando a maior prevalência de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (LER/DORT) na região de pescoço-ombro apresentada por mulheres em comparação com homens (CÔTÉ, 2012). Diferenças entre os sexos têm sido mostradas em termos de estratégias motoras, ou seja, nível de ativação da sEMG, tamanho da variabilidade motora e conectividade funcional em resposta à fadiga dos músculos do pescoço/ombro durante a realização de tarefas repetitivas (EMERY; CÔTÉ, 2012; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; SRINIVASAN et al., 2016).

Para tarefas de intensidades comparáveis, tem sido demonstrado que as mulheres apresentam maiores níveis de ativação muscular (valores de sEMG normalizados) em comparação ao seus níveis máximos de ativação (JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; NORDANDER et al., 2008) durante a realização de tarefas dinâmicas e repetitivas. Isso é interpretado como uma carga muscular mais alta para as mulheres em comparação aos homens ao executar a tarefa em questão (GE et al., 2005).

A variabilidade motora reflete estratégias de controle motor, ou seja, os graus de liberdade usados em uma tarefa motora padronizada (LATASH; SCHOLZ; SCHÖNER, 2002). A variabilidade pode mudar em resposta à fadiga muscular (FULLER; FUNG; CÔTÉ, 2011). Além disso, têm sido sugerido que uma falta de variabilidade na atividade muscular desempenha um papel no desenvolvimento de LER/DORT (MADELEINE, 2010; SRINIVASAN; MATHIASSEN, 2012). Diferenças entre os sexos nos padrões de variabilidade motora têm sido reportadas (FEDOROWICH et al., 2013). No entanto, as diferenças entre os sexos nas mudanças que ocorrem na variabilidade motora

durante uma tarefa motora repetitiva sustentada não são completamente elucidadas.

Além do nível de ativação e da variabilidade da sEMG, outro aspecto importante do controle motor está relacionado a ação sinérgica dos músculos. Abordagens baseadas na fatoração de matriz não negativa, análise de componentes principais e coerência têm sido aplicadas para estudar a coordenação dos músculos (FARINA; MERLETTI; ENOKA, 2014; MUCELLI; FALLA; FARINA, 2014; STEELE; TRESCH; PERREAULT, 2015). Outro método, ou seja, a informação mútua que detecta dependências lineares e não lineares (JEONG; GORE; PETERSON, 2001) tem sido aplicado em sinais de sEMG (MADELEINE et al., 2011). A informação mútua normalizada (*Normalized mutual information* - NMI) pode ser usada como um índice de conectividade funcional entre pares de músculos (MADELEINE et al., 2011). As análises de NMI têm sido utilizadas, por exemplo para avaliar diferenças entre os sexos em uma tarefa repetitiva (FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; ZUNIGA et al., 2017) e no desenvolvimento de fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; KAWCZYŃSKI et al., 2015). Mudanças nos valores de NMI são interpretadas como interação muscular alterada (MADELEINE et al., 2016). No entanto, não existem resultados claros em termos de diferenças entre os sexos nas análises de NMI. Em suma, é possível que homens e mulheres não explorem seus repertórios de estratégias motoras na mesma extensão, exemplificados por diferenças no nível de ativação e variabilidade da sEMG, bem como na NMI durante uma tarefa motora repetitiva sustentada.

Está bem estabelecido na literatura que as mulheres são menos fatigáveis do que os homens, considerando contrações estáticas (HUNTER, 2009), o que pode refletir diferenças entre os sexos na coordenação muscular. No entanto, este cenário não é tão claro durante a realização de contrações dinâmicas (HUNTER, 2009). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as diferenças entre os sexos na coordenação muscular da região escapulotorácica durante a realização de uma tarefa motora repetitiva sustentada. Maiores níveis de ativação muscular (MEYLAND et al., 2014) assim como menor variabilidade motora (LOMOND; CÔTÉ, 2010, 2011; MADELEINE; MATHIASSEN; ARENDT-NIELSEN, 2008) podem estar associados com LER/DORT e considerando a alta prevalência dessas desordens entre as mulheres, foi hipotetizado que as

mulheres apresentariam maior ativação muscular e menor variabilidade motora do que os homens.

Métodos

Participantes

Dezessete mulheres (idade: $22,6 \pm 2,6$ anos, massa corporal: $59,2 \pm 10,6$ kg e altura: $164,8 \pm 7,1$ cm) e 21 homens (idade: $24,4 \pm 3,8$ anos, massa corporal: $76,8 \pm 11,7$ kg e altura: $178,2 \pm 7,0$ cm) foram incluídos no estudo. O Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares (QNSO) e a Escala Visual Analógica (EVA) foram aplicadas para avaliar a possível presença de sintomas musculoesqueléticos na região de pescoço/ombro e a intensidade da dor. Os critérios de inclusão do estudo foram: ter idade entre 18 e 35 anos; ter índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 e 24,9 kg/m²; ausência de sintomas musculoesqueléticos na região de pescoço/ombro de acordo com o QNSO e ausência de dor no pescoço/ombro nos últimos sete dias, avaliada pela EVA. Além disso, foram excluídos os voluntários com autorrelato de doenças circulatórias, reumáticas ou inflamatórias; que praticassem esportes de arremesso ou que tivessem experiência em trabalhos manuais repetitivos. Esse estudo foi aprovado pelo comitê de ética local (Protocolo #49259215.9.0000.5504) e conduzido de acordo com a declaração de Helsinki. Todos os participantes incluídos nesse estudo deram seu consentimento por escrito.

Registro da sEMG

Todas as porções do músculo trapézio: superior – fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A), médio (TM) e inferior (TI), bem como o músculo serrátil anterior (SA) foram avaliados por meio da sEMG. Um dispositivo portátil foi utilizado (Myomonitor IV, Delsys, Boston, USA). Eletrodos ativos simples diferencial (Modelo #DE -2.3, DelSys, Boston, USA) foram fixados à pele com adesivo dupla-face (Delsys). Antes da colocação dos eletrodos, a pele foi tricotomizada e limpa com álcool etílico 70% para diminuir a impedância do eletrodo de superfície e eliminar possíveis interferências. Os eletrodos para

avaliação de todas as porções do trapézio e do músculo SA foram posicionados de acordo com estudo realizado por Januario et al. (2017). Um eletrodo de referência (autoadesivo quadrado - 5x5cm) foi fixado no manúbrio do esterno. Os sinais foram amplificados 2000 vezes para todas as porções do músculo trapézio e 6000 para o músculo SA e amostrados a 2000 Hz utilizando um conversor A/D (conversor A/D de 16 bits, Myomonitor IV, Delsys, Boston, USA).

Os sinais da sEMG obtidos durante a tarefa motora sustentada foram normalizados em relação à amplitude da sEMG obtida durante contrações voluntárias máximas (CVM) realizadas em condições isométricas. Para isso, cada músculo foi avaliado individualmente por meio de três CVMs com duração de 5 segundos, com intervalo de 1 minuto entre elas para minimizar eventual desenvolvimento de fadiga. Durante as CVMs, a resistência foi aplicada por meio de uma faixa conectada a uma plataforma de ferro fixada ao chão. A força produzida foi medida por meio de um dinamômetro digital (DDK, Kratos, São Paulo, Brasil). Os participantes receberam incentivo verbal durante as CVMs. A ordem de avaliação de todos os músculos foi randomizada e contrabalançada entre os dois grupos. As posições de normalização foram realizadas de acordo com estudo realizado por (JANUARIO et al., 2017).

Tarefa Motora Sustentada

Uma tarefa motora sustentada exigindo a apreensão e manipulação de peças leves foi realizada (JANUARIO et al., 2017, 2018). Durante a tarefa, os participantes ficaram sentados em frente a uma mesa ajustável. O braço dominante foi posicionado a 60° de abdução e um cordão foi ajustado abaixo do cotovelo a fim de garantir a manutenção do membro superior nesta posição durante toda a tarefa motora sustentada (Figura 2).

Sobre a mesa foram colocados uma placa de madeira com seis orifícios diferentes para encaixe de peças (posicionada horizontalmente), um recipiente com as peças correspondentes para serem encaixadas na placa e outro recipiente para colocar as peças não encaixáveis descartadas (Figura 2b). Cada peça tinha uma cor diferente, de acordo com seu formato. Cada peça pesava aproximadamente 2g e tinha um tamanho de aproximadamente 2 cm². As peças não encaixáveis corresponderam a 30% do total de peças e eram um pouco maiores que os orifícios de encaixe da placa. A tarefa consistia em escolher e

encaixar as peças na placa de madeira (em ordem vertical) e descartar as peças que não encaixavam. O ritmo da tarefa foi previamente determinado em 21 encaixes por minuto, o que pode ser considerado uma tarefa altamente repetitiva de acordo com Ohlsson et al. (1989). Todos os participantes realizaram uma sessão de familiarização da tarefa antes da coleta de dados para garantir que fossem capazes de manter o ritmo predeterminado.

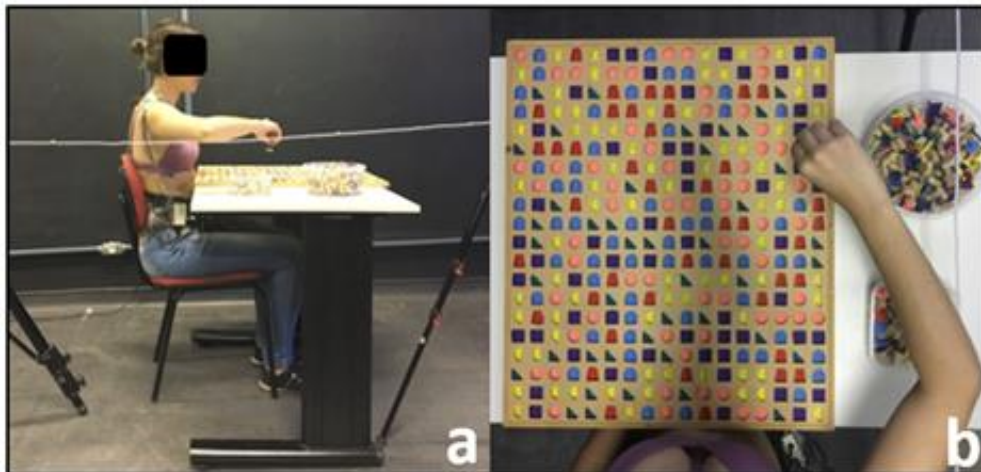


Figura 2. Posicionamento do voluntário durante a tarefa motora sustentada (a); placa de madeira e recipientes com as peças usados para a realização da tarefa motora sustentada (b).

A tarefa motora sustentada foi realizada continuamente por uma hora. A tarefa foi interrompida se o participante não conseguisse manter o ritmo predeterminado ou não conseguisse manter o membro superior dominante abduzido a 60° ou se relatasse uma pontuação maior ou igual a 8 na Escala de Borg CR-10 (COTE et al., 2008; FEDOROWICH et al., 2013).

Análise de Dados

Processamento da sEMG

Todos os sinais da sEMG foram processados usando o software Matlab (versão 8.0, The Mathworks Inc., Natick, MA, USA), corrigidos em relação ao *offset* e filtrados com filtro Butterworth de quarta ordem, passa-banda de 30 a 450 Hz e atraso de fase zero.

Os sinais eletromiográficos obtidos a partir das CVMs foram convertidos em valores RMS (*Root Mean Square*) a partir de janelas móveis com duração de 100 ms, sem sobreposição (ATTEBRANT; MATHIASSEN; WINKEL, 1995; MATHIASSEN; WINKEL; HÄGG, 1995b). Os valores RMS máximos obtidos durante as MVCs foram utilizados para a normalização do sinal eletromiográfico obtido durante a tarefa motora sustentada. Além disso, o sinal eletromiográfico registrado durante a tarefa foi convertido em valores RMS a partir de janelas com duração de 1 seg. A Figura 3 mostra os sinais absolutos (mV) e normalizados (% CVM) de um homem e uma mulher obtidos durante a tarefa motora sustentada. Para estas análises, a média do sinal eletromiográfico obtido para para os primeiros e últimos 30 seg da tarefa foram considerados para análise, representando os períodos inicial e final da tarefa, respectivamente (FEDOROWICH et al., 2013).

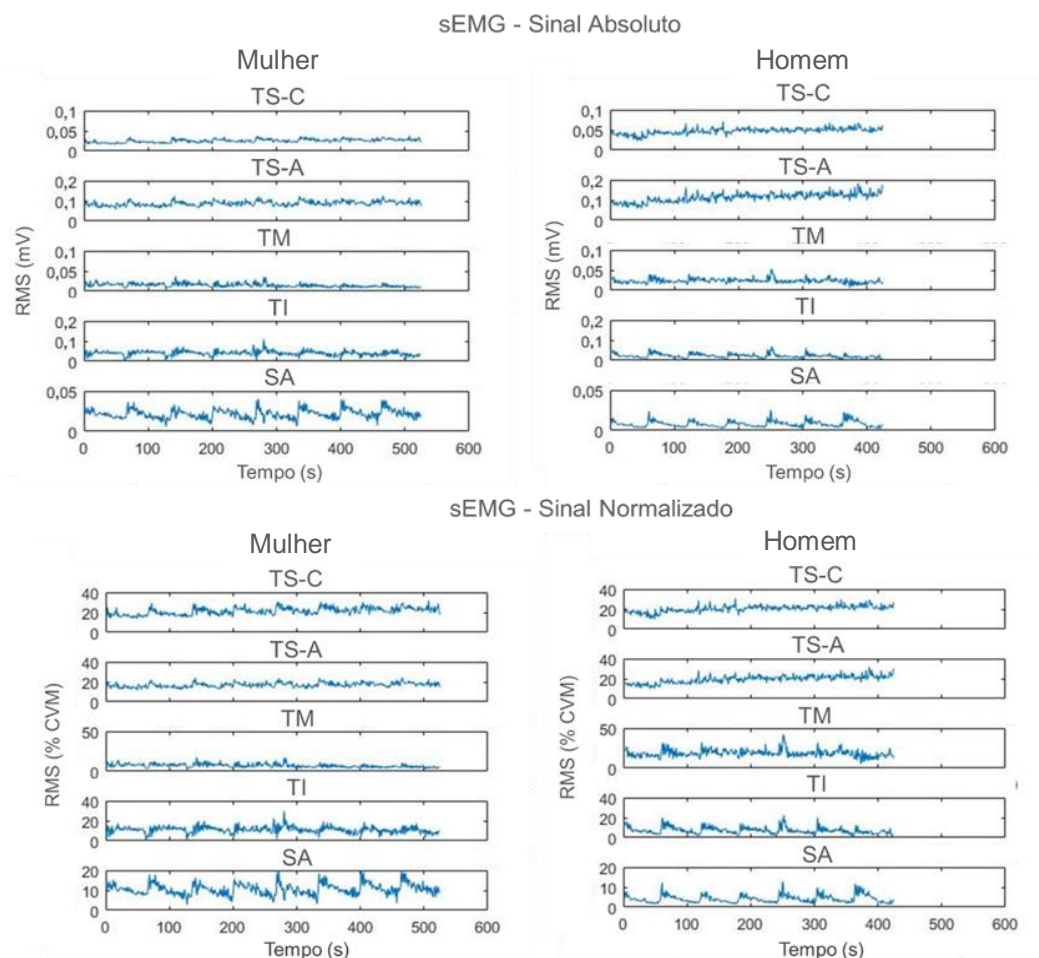


Figura 3. Sinal eletromiográfico absoluto (mV) e normalizado (%CVM) de um homem e de uma mulher obtidos durante a tarefa motora sustentada para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA).

A variabilidade absoluta e relativa da sEMG foram expressas calculando o desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos valores RMS obtidos durante os 10 encaixes de peças centrais do primeiro minuto e os 10 encaixes finais da tarefa, representando, os períodos inicial e final da tarefa para os dados de variabilidade, de acordo com Fedorowich et al. (2013).

A NMI foi calculada para avaliar a conectividade funcional entre as quatro porções do trapézio e do músculo serrátil anterior. Os valores médios do NMI foram calculados a partir de janelas de 500 ms de sinais eletromiográficos normalizados. A NMI não tem unidade e varia entre 0, indicando nenhuma conectividade funcional e 1, indicando conectividade completa dentro do par de músculos (MADELEINE et al., 2011).

Análises Estatísticas

O teste de Shapiro-Wilk foi usado para testar a normalidade de todos os dados. Os dados foram distribuídos normalmente. Assim, uma análise de variância de medidas repetidas foi aplicada para os valores absolutos e normalizados de RMS, DP e CV, bem como para os valores de NMI. Tempo (períodos iniciais e finais da tarefa) e Grupo (homens / mulheres) foram considerados como fatores intra e inter-sujeitos, respectivamente. Um teste post-hoc com a correção de Bonferroni foi realizado em caso de interações significativas. O tamanho do efeito estimado foi relatado usando o *partial eta squared* (η^2), e a seguinte classificação foi considerada: efeito pequeno corresponde à $\eta^2 = 0,0099$, efeito médio à $\eta^2 = 0,0588$, e efeito grande à $\eta^2 = 0,1379$ (Cohen 1969). Todos os testes foram realizados no software SPSS (Statistical Package for Social Science, v. 17) e o nível de significância foi estabelecido em 0,05.

Resultados

Considerando o tempo da tarefa, apenas dois participantes (ambos do sexo masculino) realizaram a tarefa por uma hora, enquanto a maioria dos participantes interrompeu a tarefa motora sustentada ao atingir pontuação maior

ou igual a 8 na Escala de Borg CR-10. Três sujeitos (uma mulher e dois homens) interromperam a tarefa porque não conseguiram manter o ritmo predeterminado. Finalmente, dois homens interromperam por não conseguirem manter o membro superior dominante em 60° de abdução. Não houve diferença no tempo de interrupção da tarefa entre homens e mulheres ($P = 0,44$). Além disso, os homens mostraram maior capacidade de produção de força durante as CVMs do que as mulheres para todos os músculos avaliados ($P < 0,01$).

Os gráficos de barras apresentando a média e desvio padrão dos valores RMS, DP e CV são mostrados na Figura 4 e Figura 5 e as análises estatísticas são apresentadas na Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente. As mulheres apresentaram valores RMS normalizados mais elevados para TS-A e SA, quando comparado aos homens. Os valores RMS absolutos e normalizados do LT e SA diminuíram no final da tarefa em comparação com o período inicial, independentemente do grupo avaliado. Além disso, uma diminuição semelhante foi observada para o RMS normalizado do TS-A. Os valores de DP e CV do TM, TI e SA aumentaram no final da tarefa em comparação com o início, independentemente do grupo avaliado.

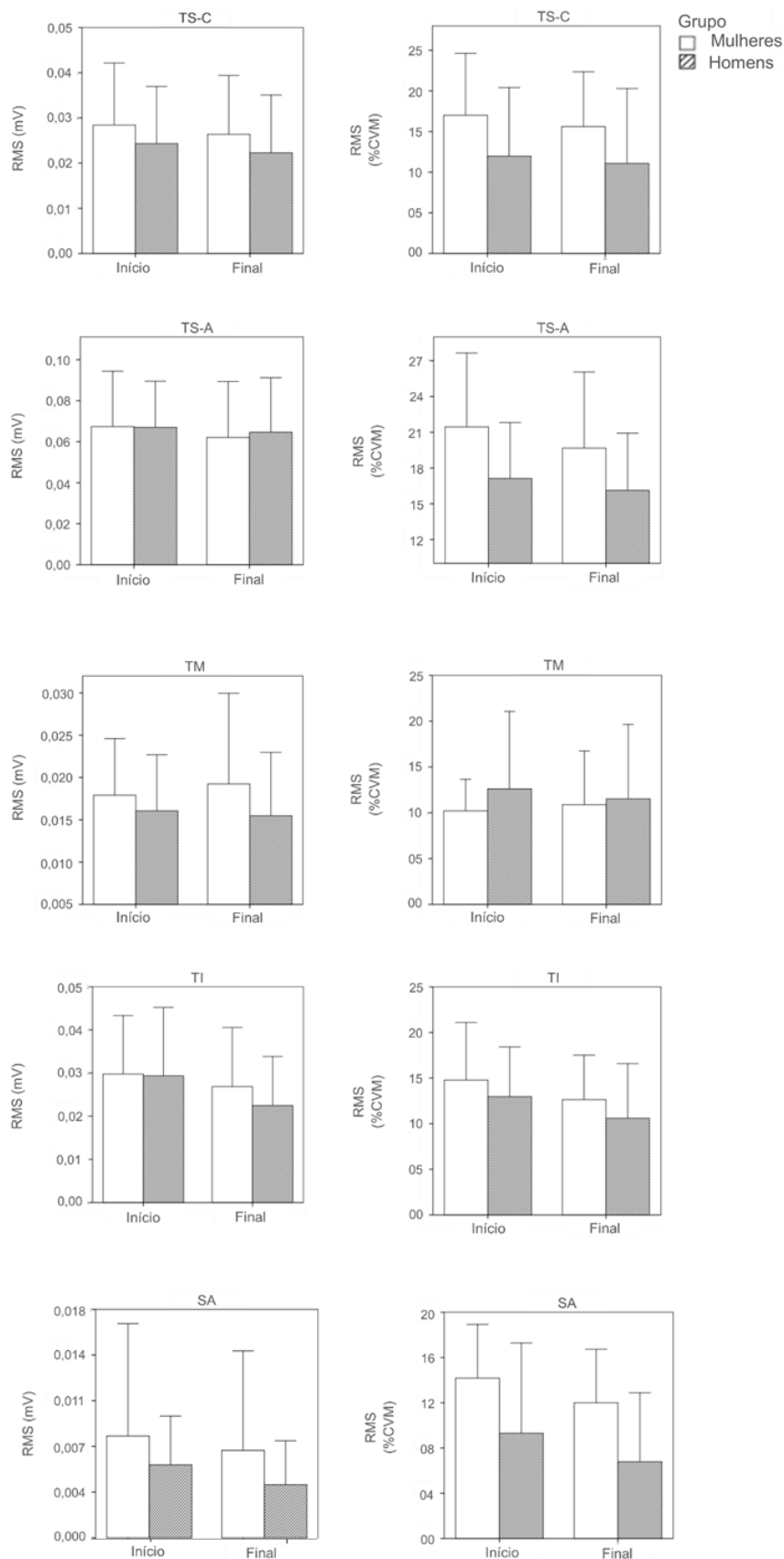


Figura 4. Gráfico de barras apresentando a média e o desvio padrão dos valores root mean square (RMS) absolutos (mV) e normalizados (%CVM) obtidos durante a tarefa motora sustentada para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA), nos períodos inicial e final da tarefa.

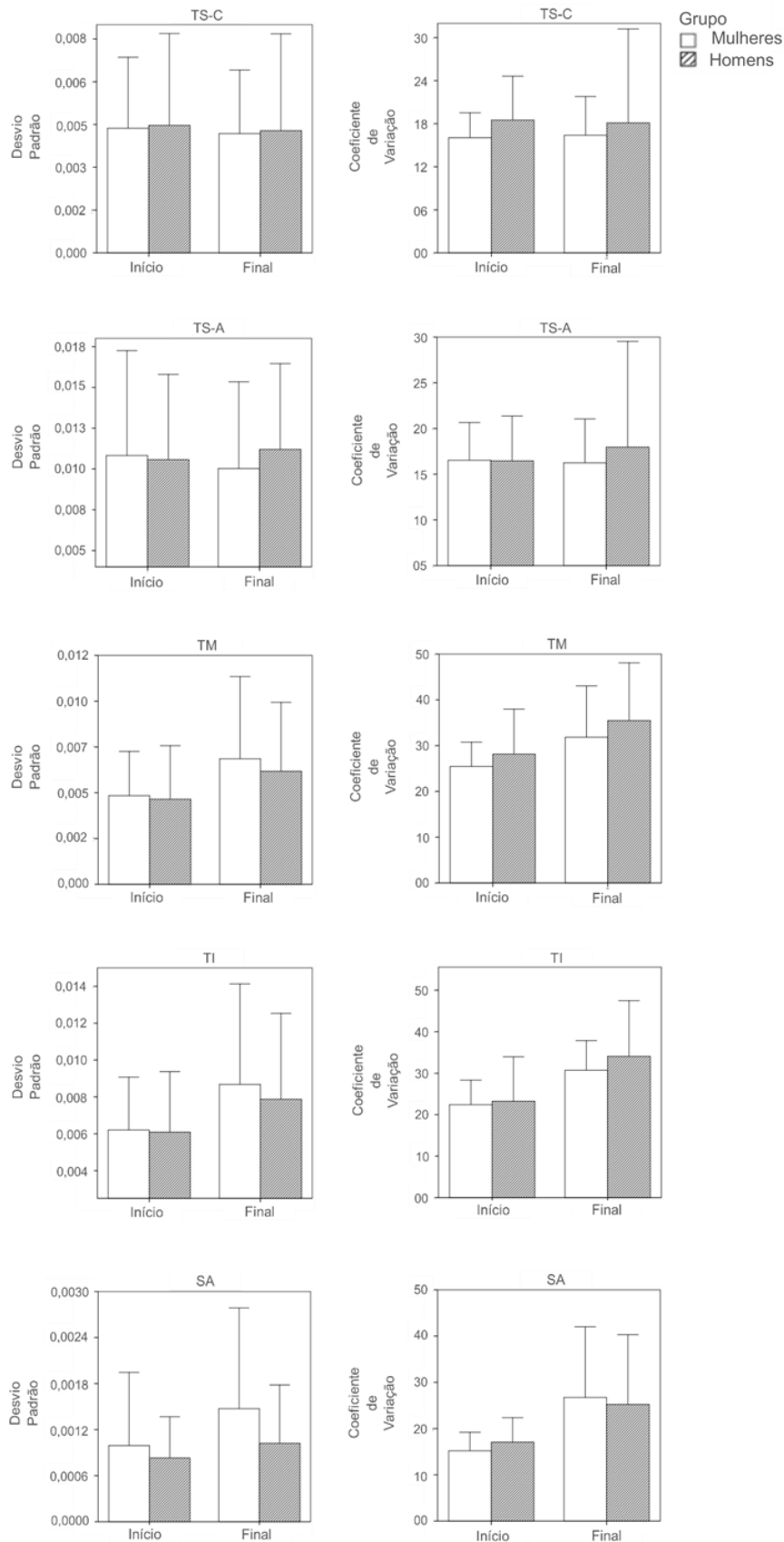


Figura 5. Gráfico de barras apresentando a média e o desvio padrão do desvio padrão e coeficiente de variação dos valores root mean square (RMS) obtidos durante a tarefa motora sustentada, considerando o sinal eletromiográfico absoluto, para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA), nos períodos inicial e final da tarefa.

Tabela 5. Análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2) das comparações entre Tempo (períodos inicial/final da tarefa), Grupo (homens/mulheres) e interação entre Tempo e Grupo considerando os valores root mean square (RMS) absolutos e normalizados obtidos durante a tarefa motora sustentada para os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA). Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.

	Tempo			Grupo			Tempo x Grupo		
	F	P	η^2	F	P	η^2	F	P	η^2
<i>RMS Absoluto (mV)</i>									
TS-C	3,29	0,08	0,08	1,00	0,32	0,03	<0,01	0,99	<0,01
TS-A	2,29	0,14	0,06	0,02	0,89	<0,01	0,34	0,56	0,01
TM	0,13	0,72	<0,01	1,39	0,25	0,04	0,86	0,36	0,02
TI	11,23	<0,01	0,24	0,32	0,57	0,01	1,84	0,18	0,05
SA	26,71	<0,01	0,43	1,53	0,22	0,04	0,70	0,41	0,02
<i>RMS Normalizado (%CVM)</i>									
TS-C	3,24	0,08	0,08	3,42	0,07	0,09	0,15	0,70	<0,01
TS-A	4,21	0,05	0,10	5,64	0,02	0,14	0,33	0,57	0,01
TM	0,06	0,80	<0,01	0,51	0,48	0,01	1,17	0,29	0,03
TI	10,30	<0,01	0,22	1,25	0,27	0,03	0,02	0,88	<0,01
SA	23,50	<0,01	0,39	6,69	0,01	0,16	0,12	0,73	<0,01

Tabela 6. Análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2) das comparações entre Tempo (períodos inicial/final da tarefa), Grupo (homens/mulheres) e interação entre Tempo e Grupo considerando o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores root mean square (RMS) obtidos durante a tarefa motora simulada, considerando o sinal eletromiográfico absoluto dos músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA). Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.

	Tempo			Grupo			Tempo x Grupo		
	F	P	η^2	F	P	η^2	F	P	η^2
<i>Desvio Padrão do RMS</i>									
TS-C	0,15	0,70	<0,01	0,02	0,90	<0,01	<0,01	0,99	<0,01
TS-A	0,01	0,93	<0,01	0,09	0,77	<0,01	0,55	0,46	0,01
TM	15,36	<0,01	0,30	0,18	0,68	<0,01	0,30	0,59	0,01
TI	14,50	<0,01	0,29	0,14	0,71	<0,01	0,39	0,54	0,01
SA	13,04	<0,01	0,27	1,18	0,28	0,03	2,45	0,13	0,06
<i>Coefficiente de Variação do RMS</i>									
TS-C	<0,01	0,99	<0,01	1,06	0,31	0,03	0,05	0,83	<0,01
TS-A	0,16	0,69	<0,01	0,21	0,65	0,01	0,34	0,56	0,01
TM	14,84	<0,01	0,29	1,25	0,27	0,03	0,07	0,79	<0,01
TI	20,56	<0,01	0,36	0,69	0,41	0,02	0,35	0,56	0,01
SA	17,24	<0,01	0,32	<0,01	0,95	<0,01	0,52	0,48	0,01

Além disso, os gráficos de barras com média e desvio padrão dos valores de NMI são mostrados na Figura 6. As análises estatísticas mostraram que os valores de NMI foram menores para quase todos os pares de músculos no final em comparação com o período inicial da tarefa, exceto para o par TS-A e TI, bem como para o par TS-A e SA (Tabela 7), independentemente do grupo avaliado. Nenhuma interação significativa Grupo \times Tempo foi observada para nenhum dos resultados avaliados.

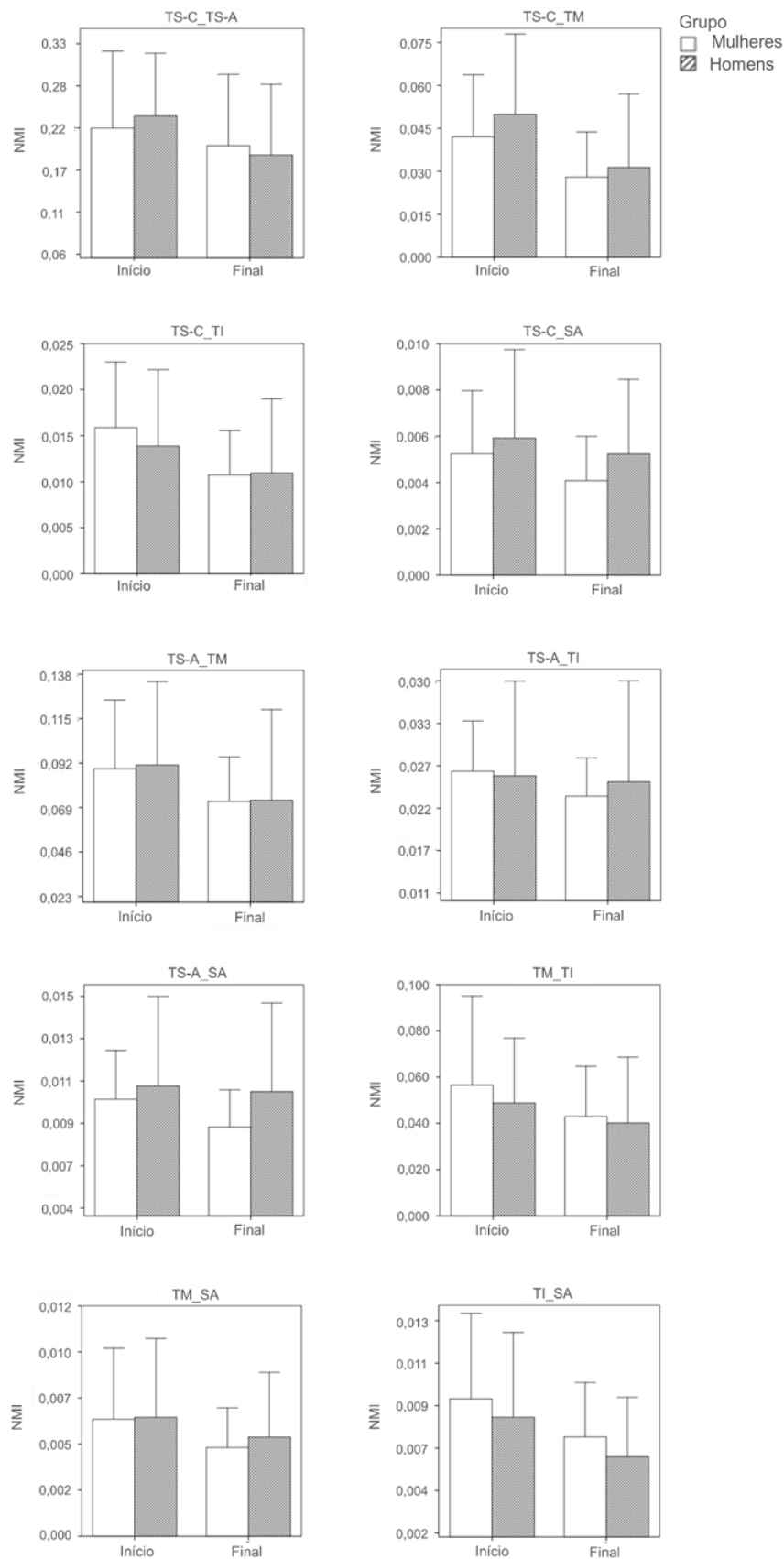


Figura 6. Gráfico de barras apresentando a média e o desvio padrão da informação mútua normalizada (NMI), obtidas durante a tarefa motora sustentada, para todos os pares musculares considerando os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e o serrátil anterior (SA), nos períodos inicial e final da tarefa.

Tabela 7. Análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2) das comparações entre Tempo (períodos inicial/final da tarefa), Grupo (homens/mulheres) e interação entre Tempo e Grupo considerando os dados de informação mútua normalizada (NMI), obtidos durante a tarefa motora sustentada, para todos os pares musculares considerando os músculos trapézio superior: fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A); trapézio médio (TM); trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA). Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.

	Tempo			Grupo			Tempo x Grupo		
	F	P	η^2	F	P	η^2	F	P	η^2
TS-C_TS-A	26,54	<0,01	0,42	<0,01	0,95	<0,01	3,79	0,06	0,10
TS-C_TM	31,79	<0,01	0,47	0,61	0,44	0,02	0,58	0,45	0,02
TS-C_TI	21,02	<0,01	0,37	0,16	0,69	<0,01	1,60	0,21	0,04
TS-C_SA	4,12	0,05	0,10	1,06	0,31	0,03	0,27	0,60	0,01
TS-A_TM	15,52	<0,01	0,30	0,01	0,92	<0,01	0,02	0,89	<0,01
TS-A_TI	3,32	0,08	0,08	0,04	0,84	<0,01	1,25	0,27	0,03
TS-A_SA	2,93	0,10	0,08	1,27	0,27	0,03	1,29	0,26	0,03
TM_TI	13,09	<0,01	0,27	0,33	0,57	0,01	0,62	0,44	0,02
TM_SA	9,71	<0,01	0,21	0,09	0,76	<0,01	0,31	0,58	0,01
TI_SA	16,44	<0,01	0,31	0,78	0,38	0,02	0,01	0,94	<0,01

Discussão

Em contraste com nossa hipótese, encontramos poucas diferenças entre os sexos nas estratégias motoras durante a realização de uma tarefa motora sustentada, realizada abaixo do nível do ombro, que exige a apreensão e manipulação de peças leves. Exceto pelos valores RMS normalizados dos músculos TS-A e SA, a ativação muscular (RMS absoluto e normalizado), o tamanho da variabilidade motora (DP e CV) e a conectividade funcional (NMI) não foram diferentes entre homens e mulheres. No entanto, mudanças foram observadas ao longo do tempo, sendo que o nível de ativação muscular diminuiu e o tamanho da variabilidade motora (valores de DP e CV) aumentou. Além disso, os valores de NMI diminuíram para quase todos os pares de músculos no final da tarefa em comparação com o período inicial.

Martinez-Valdes et al. (2018) demonstraram recentemente que a amplitude da sEMG não permite extrair informações precisas sobre o *drive* neural para músculos sinérgicos. No presente estudo, encontramos poucas

diferenças entre os sexos na amplitude da sEMG. Nesse sentido, nossos resultados são contrários a estudos anteriores (ANDERS et al., 2004; GE et al., 2005) mas de acordo com outros (FEDOROWICH et al., 2013; SRINIVASAN et al., 2016). Nossos achados mostraram que as mulheres apresentaram maiores valores RMS normalizados para os músculos TS-A e SA do que os homens. Isso está de acordo com um estudo realizado por Johansen et al. (2013). Na verdade, os níveis de ativação foram de 3 a 5% das CVMs mais elevados para mulheres do que para homens, representando um maior risco de desenvolver LER/DORT (MADELEINE et al., 2003; VEIERSTED; WESTGAARD; ANDERSEN, 1993).

Considerando o tamanho da variabilidade da sEMG, não encontramos diferenças entre os sexos no DP e CV. Esses resultados estão parcialmente em desacordo com um estudo recente realizado por Srinivasan et al. (2016). Semelhante aos nossos achados, nenhuma diferença entre os sexos foi relatada na variabilidade motora considerando o início da tarefa. Entretanto, Srinivasan et al. (2016) relataram um maior aumento no tamanho da variabilidade motora do trapézio superior ao final da tarefa repetitiva nos homens em comparação às mulheres. Essas diferenças entre os sexos na variabilidade motora são geralmente interpretadas como prejudiciais, considerando a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres (CÔTÉ, 2012). Essa diferença entre nossos resultados e aqueles apresentados por Srinivasan et al. (2016), podem ser atribuídos às diferenças metodológicas entre os dois estudos (tipo de tarefa repetitiva, ritmo e duração da tarefa).

Nenhuma diferença entre os sexos foi encontrada para a NMI dos pares de músculos avaliados. Fedorowich et al. (2013) relataram valores de NMI mais baixos para o par de músculos deltoide médio e trapézio inferior para mulheres em comparação aos homens. Ao contrário, Johansen et al. (2013) relataram valores de NMI mais altos para o par de músculos trapézio superior e trapézio médio para as mulheres em comparação aos homens durante uma tarefa repetitiva. A discordância entre nossos resultados e os relatados anteriormente com relação às diferenças entre os sexos também pode ser atribuída a diferenças metodológicas relacionadas às características da tarefa. Esses estudos avaliaram uma tarefa repetitiva exigindo a sustentação do membro superior elevado na altura do ombro e um ritmo diferente (FEDOROWICH et al., 2013; SRINIVASAN et al., 2016). Por outro lado, a tarefa motora sustentada

avaliada no presente estudo não impôs tal restrição (elevação do membro superior na altura do ombro). É possível que as exigências da tarefa motora, que afetaram a carga muscular foram muito baixas para produzir uma diferença significativa entre os sexos em termos de variabilidade motora ou coordenação de pares de musculares.

Independentemente do grupo, os valores RMS da sEMG diminuíram no final da tarefa motora sustentada em comparação com o período inicial. Essas diminuições foram significativas para o RMS absoluto e normalizado do TI e SA e para o RMS normalizado do TS-A. Esses achados estão de acordo com estudos anteriores, que também relataram diminuição da ativação muscular durante atividades dinâmicas sustentadas (BENNIE et al., 2002; HOSTENS; RAMON, 2005) mas também contrário à vários estudos que relataram aumento da ativação muscular durante tarefas repetitivas sustentadas (FEDOROWICH et al., 2013; SAMANI et al., 2017; SRINIVASAN et al., 2016).

Tem sido relatado que a forma de avaliar a fadiga após a realização de uma tarefa repetitiva sustentada produz resultados variáveis para homens e mulheres (SENEFELD et al., 2013). Valores RMS aumentados durante contrações estáticas sustentadas são atribuídos a mecanismos neuromusculares, incluindo recrutamento de unidades motoras adicionais, mudanças nas taxas de disparo de unidades motoras, substituição de unidades motoras, diminuição da velocidade de condução da fibra muscular, bem como aumento da duração e diminuição da amplitude do potencial de ação extracelular (FARINA et al., 2008). Mesmo que aumentos semelhantes nos valores RMS tenham sido relatados durante contrações sustentadas dinâmicas, também existem estudos relatando resultados opostos. A diminuição da ativação muscular durante contrações dinâmicas sustentadas tem sido atribuída a um mecanismo de proteção em resposta à fadiga muscular (BENNIE et al., 2002; HOSTENS; RAMON, 2005). Esta diminuição na ativação muscular tem sido explicada pelos mecanismos de potenciação das fibras musculares ativas (GARNER; HICKS; MCCOMAS, 1989) e diminuição do drive neural (Vernillo et al. 2018). Ainda assim, a interpretação das alterações nos valores RMS da sEMG deve ser feita com cautela (FARINA et al., 2014; MARTINEZ-VALDES et al., 2018). Da mesma forma, as discrepâncias nos protocolos experimentais podem

explicar as diferenças das mudanças dos valores RMS durante contrações sustentadas.

Em relação ao tamanho da variabilidade da sEMG, os valores de DP e CV do TM, TI e SA aumentaram no final da tarefa motora sustentada em comparação com o início, independentemente do grupo. Nossos resultados estão de acordo com Srinivasan et al. (2016). Tem sido sugerido que a variabilidade motora desempenha um importante papel no desenvolvimento de LER/DORT (MADELEINE, 2010). Em um estudo de revisão realizado por Srinivasan e Mathiassen (2012), foi apontado que o aumento da variabilidade motora durante o desenvolvimento da fadiga muscular, pode representar um mecanismo adaptativo para manter o desempenho da tarefa mesmo na presença de sobrecarga musculoesquelética (SRINIVASAN e MATHIASSEN, 2012).

Nossos resultados também mostraram que os valores de NMI diminuíram ao longo do tempo, independentemente do sexo, para quase todos os pares musculares avaliados, exceto para o par TS-A e TI, bem como para o par TS-A e SA. Esses achados estão de acordo com os encontrados por Fedorowich et al. (2013) mas são contrários aos apresentados por Kawczyński et al. (2015) que relataram aumentos nos valores de NMI durante uma tarefa repetitiva e estática realizada até a falha da tarefa. Valores mais baixos de NMI podem representar uma estratégia motora para reduzir os riscos impostos pela tarefa motora sustentada (FEDOROWICH et al., 2013; ZUNIGA et al., 2017) enquanto que maiores valores de NMI podem indicar aumento da estabilidade da cintura escapular (KAWCZYŃSKI et al., 2015). Mais estudos são necessários para avaliar as vantagens e desvantagens de se utilizar a NMI em relação a outros tipos de análises, como por exemplo, a análise de coerência.

Por fim, é importante considerar que avaliamos adultos jovens e assintomáticos. Assim, a interpretação dos resultados deve ser feita com cautela ao considerar outros grupos, como pacientes com LER/DORT. Além disso, embora tenhamos controlado o IMC dos participantes, as pregas cutâneas não foram avaliadas, levando a alguma variação interindividual no sinal eletromiográfico (NORDANDER, 2003). Além disso, é possível que o padrão de carga muscular imposto pela tarefa motora sustentada avaliada neste estudo não tenha atingido o limiar biológico que pode ser necessário para evidenciar

diferenças significativas entre os sexos durante contrações dinâmicas sustentadas. Outros estudos, com diferentes protocolos controlando as alterações hormonais durante o ciclo menstrual, devem ser realizados para fornecer melhor compreensão das diferenças entre os sexos e padrão de atividade muscular durante tarefas dinâmicas e repetitivas. É possível que uma tarefa motora sustentada, que exija a elevação do membro superior posicionado acima do nível do ombro, possa evidenciar de forma mais clara as diferenças entre os sexos nas estratégias motoras adotadas durante a tarefa, devido à maior demanda imposta aos músculos da cintura escapular.

Conclusão

Até onde sabemos, nenhum estudo anterior investigou diferenças entre os sexos no padrão de ativação muscular e nas estratégias motoras adotadas em resposta a uma tarefa motora repetitiva sustentada, bastante representativa do contexto industrial. O presente estudo mostrou poucas diferenças entre os sexos no nível de ativação muscular e nenhuma diferença na variabilidade motora e conectividade funcional dos músculos trapézio e serrátil anterior durante a execução de uma tarefa motora sustentada. Foram encontradas diminuições nos valores RMS, aumentos no tamanho da variabilidade motora, bem como diminuições nos valores de NMI para quase todos os pares musculares avaliados no final da tarefa motora sustentada. Mais estudos avaliando diferenças entre os sexos e padrão de atividade muscular durante tarefas dinâmicas e repetitivas são necessários.

ESTUDO 3

Diferenças entre sexos nas posturas da parte superior do corpo durante uma tarefa repetitiva simulada realizada acima do nível do ombro

Marina Machado Cid, Julie N. Côté, Lucas Leonardo Zancanaro, Ana Beatriz Oliveira

Artigo publicado no periódico **Journal of Biomechanics**

DOI: 10.1016/j.jbiomech.2020.109855

Introdução

A literatura mostra alta prevalência de desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho (LER/DORT) entre as mulheres, principalmente na região de pescoço/ombro (NORDANDER et al., 2016). NORDANDER et al., (2016) reportaram que mesmo sob as mesmas condições de trabalho (exposição física e psicossocial), as mulheres tiveram maior prevalência de queixas na região de pescoço/ombro e diagnósticos de síndrome de tensão cervical comparado aos homens. Fatores de risco individuais para o desenvolvimento de LER/DORT, como as diferenças entre sexos nos aspectos biológicos e fisiológicos, têm atraído muito interesse para explicar como tais diferenças podem estar relacionadas à maior prevalência dessas desordens entre as mulheres (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018). Dentro deste cenário, mecanismos específicos relacionados ao sexo, relevantes para a fadiga muscular na região de pescoço/ombro têm sido investigados. A literatura mostra que as mulheres são menos suscetíveis à fadiga muscular do que os homens em contrações estáticas (HUNTER, 2009). Durante contrações submáximas e fatigantes, as mulheres demoram mais para atingir a falha da tarefa. Além disso, durante contrações máximas sustentadas ou intermitentes, as mulheres têm menos redução na força máxima em comparação aos homens (HUNTER, 2009). Esses achados indicam possíveis diferenças entre sexos nos mecanismos fisiológicos que ocorrem em resposta à fadiga muscular.

Tem sido demonstrado que as mulheres apresentam maior ativação dos músculos trapézio superior e serrátil anterior do que os homens durante tarefas repetitivas realizadas com o membro superior (CID et al., 2019; JOHANSEN et al., 2013). Além disso, diferenças entre sexos têm sido relatadas na conectividade funcional entre pares musculares da região de pescoço/ombro durante tarefas repetitivas (FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013). Embora existam informações importantes sobre as diferenças entre sexos em relação à ativação muscular, pouco se sabe sobre como tais diferenças podem impactar a cinemática durante a realização da tarefa. Em conjunto, esse conhecimento pode contribuir para uma melhor compreensão dos mecanismos relacionados à alta prevalência de LER/DORT entre as mulheres.

A cinemática durante tarefas ocupacionais repetitivas, realizadas com o membro superior tem sido amplamente avaliada (BOUFFARD et al., 2018; COWLEY; GATES, 2017; FULLER et al., 2009; GATES; DINGWELL, 2011; LOMOND; CÔTÉ, 2010; MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019; YANG et al., 2018). Estudos presentes na literatura têm mostrado alterações cinemáticas na região de pescoço/ombro em resposta à fadiga, como por exemplo, diminuição da elevação do braço (BOUFFARD et al., 2018; COWLEY; GATES, 2017; FULLER et al., 2009; MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019) e aumento da amplitude de movimento de articulações secundárias (LOMOND; CÔTÉ, 2010). Entretanto, poucos desses estudos avaliaram diferenças entre sexos. Um estudo realizado por Bouffard et al. (2018) mostraram que após indução de fadiga por meio de uma tarefa repetitiva de apontar, realizada com o braço elevado ao nível do ombro, houve uma maior diminuição na elevação do braço para os homens em comparação com as mulheres, sugerindo que os homens apresentaram maior fadiga nos músculos do ombro (BOUFFARD et al., 2018). Além disso, diferenças entre sexos também foram encontradas na localização percebida do dedo no alvo e no movimento do dedo em direção ao alvo, durante a mesma tarefa repetitiva de apontar, sugerindo que as diferenças entre sexos podem se originar de diferenças no controle sensoriomotor (EMERY; CÔTÉ, 2012). Embora esses achados contribuam para uma melhor compreensão sobre as diferenças entre sexos na postura dos membros superiores, ainda não está claro como homens e mulheres adaptam sua posição articular em resposta à fadiga muscular durante uma tarefa repetitiva.

Se as diferenças entre sexos nas adaptações cinemáticas que ocorrem em resposta à fadiga fossem mais bem compreendidas, novas intervenções ergonômicas poderiam ser propostas de acordo com as especificidades dos padrões de movimento observados em homens e mulheres. Estudos recentes têm sugerido que as diferenças entre sexos na ativação dos músculos do ombro (BOUFFARD et al., 2019) e padrões de cinemática do membro superior (MARTINEZ et al., 2019) durante tarefas de manuseio de cargas devem ser considerados em intervenções ergonômicas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar se existem diferenças entre sexos nas posturas do membro superior, parte superior das costas, cabeça e pescoço após fadiga muscular induzida por uma tarefa repetitiva simulada, exigindo movimentos do membro superior

realizados acima do nível do ombro. Considerando que a adoção de posturas não neutras pode estar associada ao desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos (PUNNETT; WEGMAN, 2004), nós hipotetizamos que as mulheres apresentariam posturas menos neutras (ou seja, maiores desvios angulares da postura neutra) após a fadiga do que os homens. Além disso, após a fadiga muscular, os homens apresentariam uma maior diminuição na elevação do membro superior do que as mulheres (BOUFFARD et al., 2018).

Métodos

Participantes

Dezenove mulheres (idade: $24,9 \pm 3,4$ anos, massa corporal: $57,2 \pm 7,4$ kg, altura: $163,5 \pm 6,9$ cm and índice de massa corporal [IMC] $21,4 \pm 2,2$ kg/m²) and 18 homens (idade: $24,2 \pm 4,6$ anos, massa corporal: $79,4 \pm 7,9$ kg, altura: $176,8 \pm 4,2$ cm and IMC $25,4 \pm 2,4$ kg/m²) foram avaliados. Desses participantes, 35 eram destros e dois (um homem e uma mulher) eram canhotos. Participantes com idade entre 18 e 35 anos; IMC entre 18,5 and 28 kg/m²; ausência de sintomas musculoesqueléticos na região de pescoço/ombro de acordo com o Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares e ausência de dor no pescoço/ombro nos últimos sete dias, avaliada pela Escala Visual Analógica foram incluídos no estudo. Além disso, voluntários com autorrelato de doenças circulatórias, reumáticas ou inflamatórias; que praticassem esportes de arremesso ou que tivessem experiência em trabalhos manuais repetitivos, não foram incluídos. Esse estudo foi aprovado pelo comitê de ética local (Protocolo #84515618.0.0000.5504) e conduzido de acordo com a declaração de Helsinki. Todos os participantes incluídos nesse estudo deram seu consentimento por escrito antes da coleta de dados.

Inclinometria

As posturas de elevação do membro superior, bem como a flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço foram registradas por meio de inclinômetros baseados em acelerômetros triaxiais (Logger Teknologi HB, Åkarp, Sweden). Os inclinômetros registram o ângulo articular em relação à linha da

gravidade e têm uma acurácia e reprodutibilidade de 1,3° e 0,2°, respectivamente. Os inclinômetros podem ser usados para registrar posturas durante tarefas ocupacionais (HANSSON et al., 2001). Ângulos articulares iguais a zero representam posturas em posição anatômica para todos os segmentos corporais avaliados, as quais foram consideradas como posturas neutras. Os sinais foram amostrados em 20 Hz. A colocação dos sensores foi realizada de acordo com Hansson and coworkers (2006). Os sensores foram fixados na pele por meio de fita adesiva dupla-face colocada na testa, do lado direito dos processos espinhosos de C7/T1 e na inserção distal do músculo deltoide, no braço dominante. Antes da tarefa de trabalho simulada, a calibração do sistema foi realizada para especificar as posições de referência (para definir 0° de inclinação) e as direções dos movimentos (HANSSON et al., 2006). A posição de referência do membro superior foi realizada com o participante sentado, segurando um *halter* de 2 kg, com o membro superior perpendicular ao chão. A posição de referência para a parte superior das costas e cabeça foi realizada com o sujeito em pé, olhando para frente, na altura dos olhos. A posição de flexão anterior para a parte superior das costas e da cabeça foi realizada com o participante sentado, inclinando o tronco e a cabeça para frente, olhando para o chão (HANSSON et al., 2006). Além disso, a flexão anterior do pescoço foi calculada como a diferença entre as medidas da cabeça e da parte superior das costas (HANSSON et al., 2006).

Tarefa repetitiva simulada

Uma tarefa repetitiva simulada, adaptada de uma tarefa reportada por Januario et al. (2018, 2017), exigindo a realização de movimentos repetitivos com o membro superior foi realizada. Durante a tarefa, o participante permaneceu em pé em frente à uma placa de madeira (com diferentes formatos de orifícios para encaixe das peças) com altura ajustável, posicionada na parede (Figura 7). A distância horizontal entre a placa de madeira e o participante foi de 48 cm. A altura da placa de madeira foi ajustada de forma que sua base de apoio ficasse na altura dos ombros de cada voluntário. Um recipiente com as peças e outro para descartar as peças não encaixáveis foram colocados em uma superfície posicionada ao lado do participante, na altura de seu ombro. As peças não encaixáveis corresponderam a 30% do total de peças e eram um pouco

maiores que os orifícios da placa de madeira. O objetivo de utilizar diferentes formatos e peças não encaixáveis foi de incluir alguma demanda mental à tarefa, aproximando-a do contexto industrial real. Para realizar a tarefa repetitiva simulada, o voluntário foi orientado a não movimentar os pés, mas podia movimentar livremente o membro superior, o tronco e a cabeça. O voluntário foi convidado a completar a placa de madeira de cima para baixo. Os voluntários destros começaram a completar a placa de madeira, da direita para a esquerda, e os canhotos começaram a completá-la da esquerda para a direita. O ritmo foi determinado à 21 encaixes por minuto. Uma breve familiarização da tarefa foi realizada antes da coleta de dados para garantir que os voluntários conseguissem manter o ritmo predeterminado. Antes da coleta de dados, o participante foi informado de que, caso precisasse interromper a tarefa por falta de força no membro superior ou cansaço na região de pescoço/ombro, essa informação deveria ser comunicada imediatamente ao avaliador. Assim, a tarefa repetitiva foi realizada até que o participante relatasse verbalmente que não era mais capaz de continuá-la – interrupção voluntária (MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019). Além disso, o participante foi convidado a relatar seu esforço autopercebido na região de pescoço/ombro por meio da Escala de Borg CR-10, ao final de cada minuto da tarefa.



Figura 7. Posicionamento dos voluntários durante a tarefa repetitiva simulada (a e b).

Análise de Dados

Todos os sinais foram processados no software Matlab (versão 9.2, The Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Um filtro Butterworth de segunda ordem,

passa-baixa com frequência de corte de 3,3 Hz foi utilizado (NOGUEIRA et al., 2017). A frequência de corte foi determinada a partir de uma análise residual, realizada de acordo com Winter (1990). O preenchimento completo de cada coluna da placa de madeira foi considerado como um ciclo de tarefa completo. A Figura 8 e Figura 9 mostram os sinais registrados de um voluntária representativa durante toda a tarefa e durante os primeiros 10 segundos da tarefa, respectivamente, para todos os segmentos corporais avaliados. O primeiro e o último ciclo da tarefa foram considerados como períodos pré e pós-fadiga, respectivamente. Para ambos os períodos, a função de distribuição de probabilidade de amplitude (*Amplitude Probability Distribution Function* - APDF) foi calculada para os percentis 10 (P10), 50 (P50) e 90 (P90). A análise APDF em um determinado nível representa uma porção do período total da tarefa em que o sinal foi menor ou igual a este nível (JONNISON, 1982). Para análises APDF considerando as posturas de flexão, os valores positivos representam flexão e os negativos representam a postura de extensão. Intervalos angulares entre os percentis 5 e 95 (*range* APDF₅₋₉₅) também foram calculados para avaliar as posturas adotadas durante a tarefa repetitiva simulada, excluindo posturas extremas (ângulos mais altos e mais baixos). Por fim, uma análise qualitativa das variáveis avaliadas (*range* APDF₅₋₉₅ e percentis APDF) foi realizada para a elevação do membro superior ao longo de todo o período da tarefa (normalizada pelo tempo). A progressão de tais variáveis também foi calculada, ou seja, a diferença entre o primeiro ciclo da tarefa e os ciclos subsequentes (OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018). Essas análises foram realizadas com o objetivo de avaliar se as possíveis diferenças entre sexos na cinemática poderiam ser evidenciadas ao longo de toda a tarefa ou apenas ao final dela.

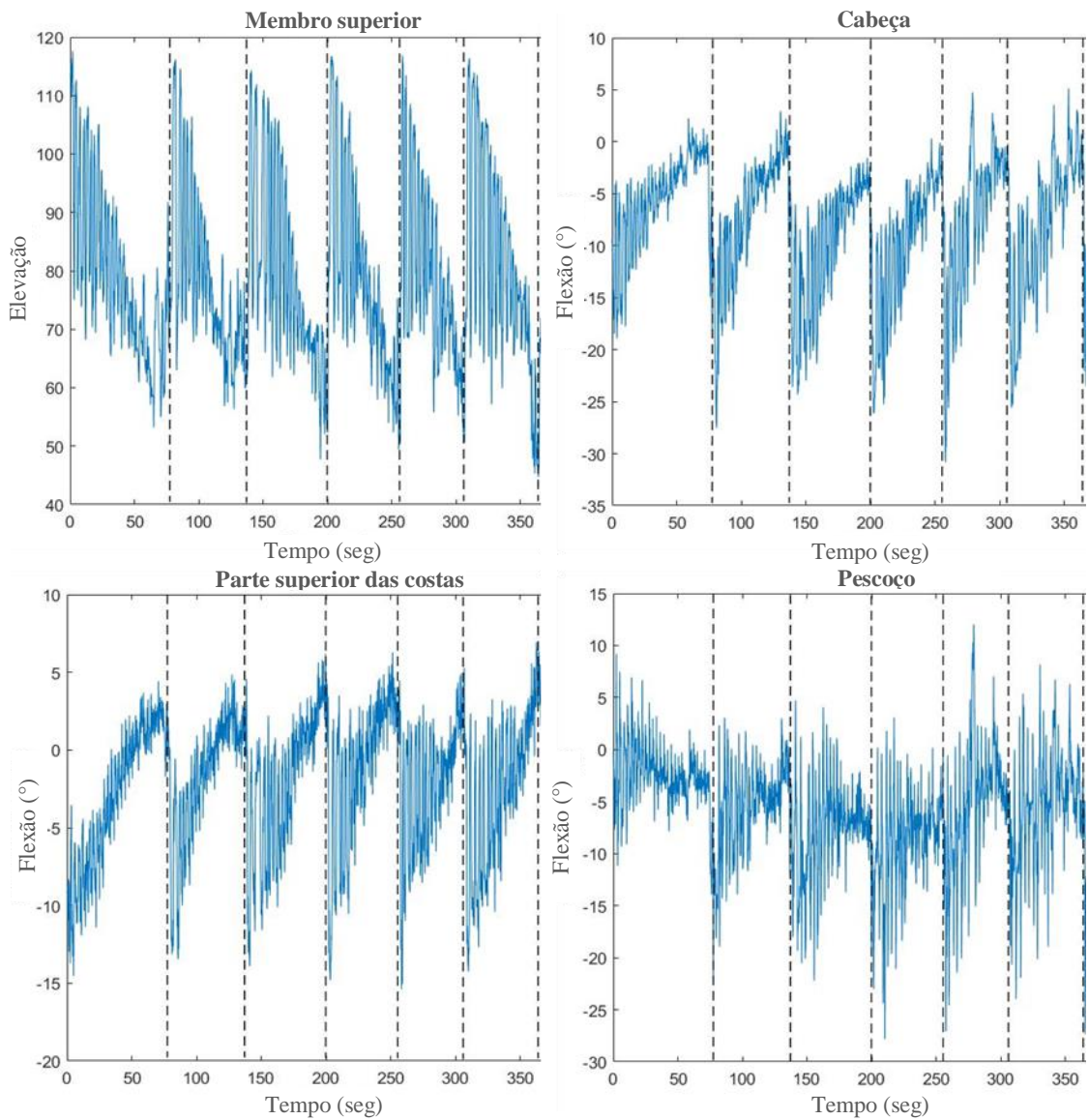


Figura 8. Posturas de elevação do membro superior e de flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço (em graus) de uma voluntária representativa registradas durante toda a tarefa. Nesses sinais é possível identificar seis ciclos da tarefa (delimitados pelas linhas pontilhadas) para cada segmento corporal avaliado.

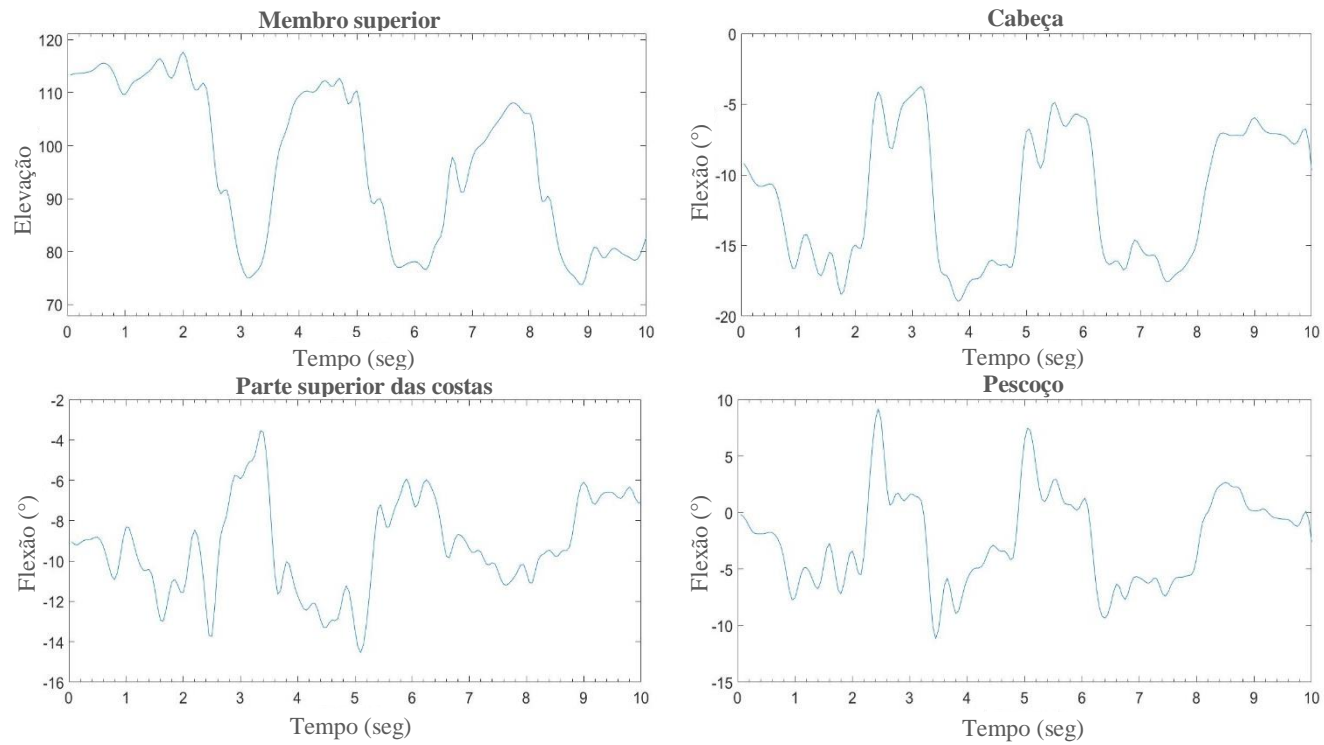


Figura 9. Posturas de elevação do membro superior e de flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço (em graus) de uma voluntária representativa registradas durante os primeiros 10 segundos da tarefa repetitiva simulada.

Análises Estatísticas

Equações de Estimação Generalizadas (*Generalized Estimating Equations* - GEE) foram aplicadas para os *ranges* APDF₅₋₉₅, para os percentis APDF e para a duração do primeiro e último ciclos da tarefa (segundos). Para essas análises, *Tempo* (períodos pré e pós-fadiga) e *Grupo* (mulheres/homens) foram considerados como fatores intra e entre-sujeitos, respectivamente. A função de ligação identidade e uma estrutura de correlação permutável foram usadas. Quando encontrado efeito significativo para *Tempo* x *Grupo*, o teste post-hoc com a correção de Bonferroni foi realizado. Além disso, as diferenças entre sexos para o tempo de interrupção da tarefa e para a pontuação obtida na Escala de Borg CR-10 ao final da tarefa foram avaliadas por meio de testes t para amostras independentes. Todos os testes foram realizados no software SPSS (Statistical Package for Social Science, v. 20) e o nível de significância foi estabelecido em 0,05.

Resultados

Não houve diferença entre sexos ($P= 0,93$) para o tempo de interrupção da tarefa (Mulheres: $16,5\pm 14,2$ min; Homens: $16,1\pm 11,9$ min). Não houve diferença entre sexos ($P= 0,24$) para a pontuação obtida na Escala de Borg CR-10 no final da tarefa repetitiva simulada (Mulheres: $9,6\pm 0,7$; Homens: $9,3\pm 0,8$). Para a duração do ciclo de trabalho, ou seja o tempo (seg) para preencher uma coluna inteira da placa de madeira, os resultados mostraram um efeito principal para *Tempo* (Estimativa de contraste - CE= 10,19; Erro padrão - SE= 4,31; Wald Qui-quadrado - WCS= 5,58; $P= 0,02$), em que a duração do último ciclo foi maior (Mulheres: $74,3\pm 13,6$ sec; Homens: $80,6\pm 25,7$ sec) do que a duração do primeiro ciclo (Mulheres: $70,5\pm 11,8$ seg; Homens: $64,0\pm 15,8$ seg), independentemente do grupo.

Efeitos de Tempo x Grupo na cinemática

A Tabela 8 mostra os valores de média (desvio padrão) para os *ranges* APDF₅₋₉₅ e percentis APDF obtidos durante a tarefa repetitiva simulada. Houve um efeito significativo para *Tempo* x *Grupo* para o *range* APDF₅₋₉₅ de elevação

do membro superior ($P= 0,05$). As comparações por pares mostraram um aumento do *range* APDF₅₋₉₅ para mulheres [CE= 6,02; SE= 1,79; WCS= 11,37; $P<0,01$] e homens [CE= 11,43; SE= 2,03; WCS= 31,77; $P<0,01$] no período pós-fadiga comparado ao período pré-fadiga, com maior aumento nos homens.

Tabela 8. Média (desvio padrão) e valores de P para os efeitos de interação Tempo e Grupo e comparações entre Tempo (períodos pré e pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) do range APDF5-95 e dos percentis 10, 50 e 90 (análises APDF), obtidos para a elevação do membro superior (Elevação-MS), flexão da parte superior das costas (Flexão-PSC), da cabeça (Flexão-Cabeça) e do pescoço (Flexão-Pescoço) durante a tarefa repetitiva simulada, em graus. Para as posturas de flexão, valores positivos representam flexão e valores negativos representam extensão.

	Pré-fadiga		Pós-fadiga		Tempo x Grupo P	Tempo P	Grupo P
	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens			
<i>Range APDF₅₋₉₅</i>							
Elevação-MS	46,4 (7,5)	43,5 (5,6)	52,4 (10,1)	55,0 (10,9)	0,05	<0,01	0,95
Flexão-PSC	10,5 (4,2)	8,2 (1,9)	14,9 (4,2)	13,7 (5,1)	0,41	<0,01	0,12
Flexão-Cabeça	21,5 (5,0)	17,9 (3,7)	27,5 (5,4)	23,8 (5,0)	0,96	<0,01	0,01
Flexão-Pescoço	16,4 (5,6)	13,4 (4,4)	23,4 (5,5)	20,3 (6,7)	0,96	<0,01	0,04
<i>Percentil 10</i>							
Elevação-MS	65,0 (11,2)	68,8 (7,1)	58,8 (13,9)	54,9 (12,6)	0,01	<0,01	0,99
Flexão-PSC	-8,8 (5,8)	-8,2 (6,5)	-11,5 (4,9)	-12,8 (8,2)	0,16	<0,01	0,87
Flexão-Cabeça	-14,9 (4,9)	-11,9 (5,8)	-17,4 (5,1)	-14,5 (5,7)	0,89	<0,01	0,07
Flexão-Pescoço	-8,1 (8,0)	-4,6 (8,2)	-9,8 (7,6)	-5,2 (10,8)	0,53	0,22	0,13
<i>Percentil 50</i>							
Elevação-MS	78,9 (10,5)	81,7 (5,8)	74,1 (11,6)	72,1 (9,8)	0,01	<0,01	0,91
Flexão-PSC	-3,5 (4,6)	-4,1 (5,9)	-4,4 (4,2)	-6,2 (7,4)	0,40	0,04	0,48
Flexão-Cabeça	-4,0 (4,9)	-1,5 (4,7)	-4,0 (5,3)	-1,7 (3,8)	0,82	0,81	0,09
Flexão-Pescoço	-0,5 (7,1)	2,5 (6,5)	0,3 (7,2)	4,5 (8,8)	0,42	0,06	0,11
<i>Percentil 90</i>							
Elevação-MS	102,1 (12,1)	102,4 (5,6)	99,6 (10,7)	98,7 (7,9)	0,46	<0,01	0,92
Flexão-PSC	-0,7 (4,8)	-1,7 (5,8)	0,5 (4,4)	-1,7 (7,2)	0,46	0,40	0,34
Flexão-Cabeça	1,6 (4,7)	3,1 (4,8)	3,7 (5,7)	4,7 (4,0)	0,65	<0,01	0,38
Flexão-Pescoço	4,5 (6,8)	6,3 (6,4)	7,9 (6,9)	10,3 (8,6)	0,67	<0,01	0,34

Houve também efeitos significativos para *Tempo x Grupo* na elevação do membro superior para o P10 e P50 ($P= 0,01$). As comparações por pares mostraram uma diminuição na elevação do membro superior no período pós-fadiga comparado ao período pré-fadiga em ambos mulheres (P10 [CE= -6,19; SE= 1,55; WCS= 15,85; $P<0,01$]; P50 [CE= -4,81; SE= 0,80; WCS= 36,45; $P<0,01$]) e homens (P10 [CE= -13,91; SE= 2,33; WCS= 35,70; $P<0,01$]; P50 [CE= -9,61; SE= 1,55; WCS= 38,20; $P<0,01$]), mas com uma maior diminuição nos homens. A Figura 10 mostra o sinal da elevação do membro superior de dois voluntários representativos (uma mulher e um homem) registrado durante toda a tarefa bem como durante o primeiro e o último ciclos da tarefa.

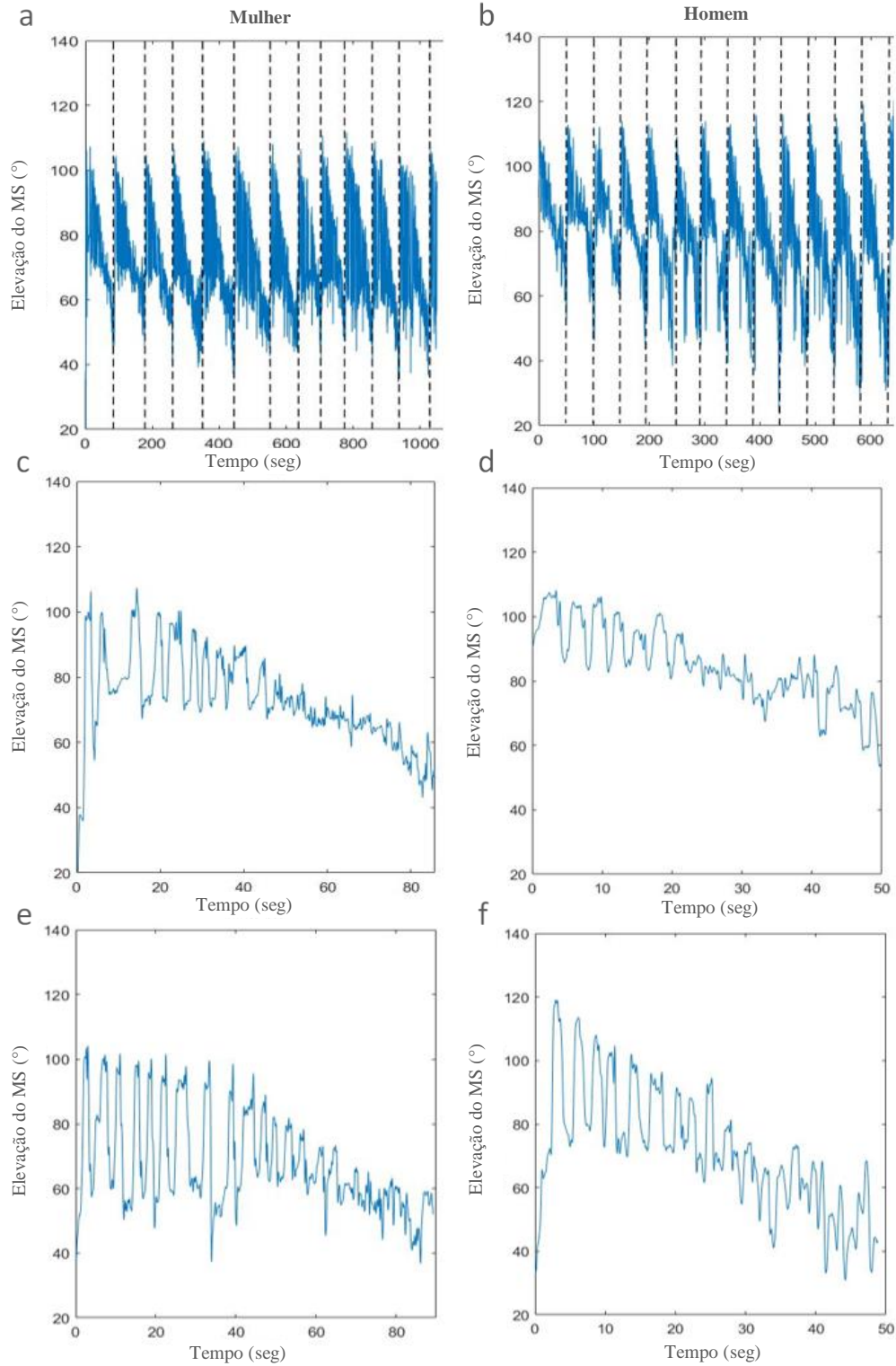


Figura 10. Elevação do membro superior - MS (em graus) de dois voluntários representativos (uma mulher e um homem) registrados durante toda a tarefa (a e b - os ciclos da tarefa são delimitados por linhas pontilhadas); o primeiro (c e d) e o último ciclo da tarefa (e e f).

Efeitos de Grupo na cinemática

Para os *ranges* APDF₅₋₉₅ de flexão da cabeça (CE= -3,67; SE= 1,42; WCS= 6,65; P= 0,01) e do pescoço (CE= -3,12; SE= 1,55; WCS= 4,04; P= 0,04), houve efeitos significativos para Grupo, com as mulheres apresentando maiores *ranges* APDF₅₋₉₅ do que os homens, independentemente do tempo.

Efeitos de Tempo na cinemática

Para os *ranges* APDF₅₋₉₅, houve efeitos principais para *Tempo*, para a flexão da parte superior das costas [CE= 4,93; SE= 0,63; WCS= 60,76; P<0,01]; da cabeça [CE= 5,96; SE= 0,61; WCS= 96,54; P<0,01] e do pescoço [CE= 6,95; SE= 0,91; WCS= 58,62; P<0,01], com um aumento dos *ranges* APDF₅₋₉₅ no período pós-fadiga comparado ao período pré-fadiga, independentemente do grupo.

Além disso, houve também efeitos principais significativos de *Tempo* para o P10, P50 e P90. Para o percentile 90, houve uma diminuição na elevação do membro superior no período pós-fadiga comparado ao período pré-fadiga, independentemente do grupo (CE= -3,11; SE= 0,89; WCS= 12,22; P<0,01). A flexão da parte superior das costas para o P10 (CE= -3,65; SE= 0,71; WCS= 26,74; P<0,01) e P50 (CE= -1,42; SE= 0,70; WCS= 4,09; P= 0,04), e a flexão de cabeça para o P10 (CE= -2,53; SE= 0,61; WCS= 17,01; P<0,01) foi menor, ou seja, houve um aumento da postura de extensão no período pós-fadiga comparado ao período pré-fadiga, independentemente do grupo. Para o P90, a flexão de cabeça (CE= 1,87; SE= 0,55; WCS= 11,40; P<0,01) e de pescoço (CE= 3,75; SE= 0,74; WCS= 25,55; P<0,01) foi maior no período pós-fadiga comparado ao período pré-fadiga, independentemente do grupo.

Análises qualitativas – Elevação do membro superior

As análises qualitativas do *range* APDF₅₋₉₅ e dos percentis APDF da elevação do membro superior ao longo de todo o período da tarefa e a progressão dessas variáveis são mostradas na Figura 11. O maior aumento no *range* APDF₅₋₉₅ e a maior diminuição no P10 para os homens comparado à mulheres são evidenciadas apenas no final da tarefa – nos 100% e a partir dos 90% do período total da tarefa, respectivamente (Figuras 11A e 11C). A maior diminuição do P50 nos homens comparado às mulheres é observada a partir dos

70% do período total da tarefa (Figura 11E). A análises de progressão mostraram que as diferenças entre sexos nas alterações cinemáticas foram mais pronunciadas ao final da tarefa (Figura 11B, 11D, 11F e 11H).

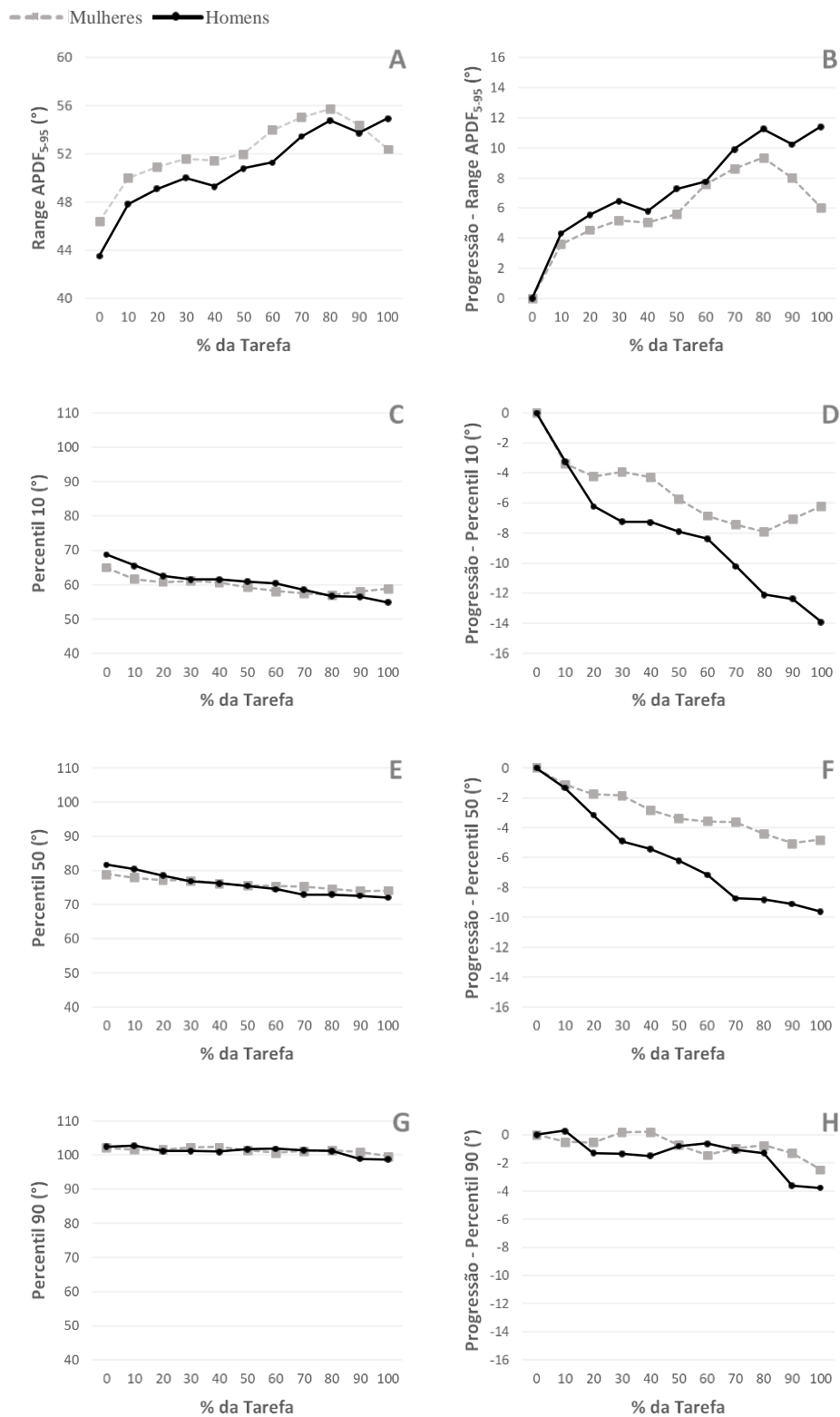


Figura 11. Média do Range APDF₅₋₉₅ (A), percentis 10 (C), 50 (E) e 90 (G) da elevação do membro superior (°) registrados em homens e mulheres durante a tarefa, e a média da progressão (a diferença entre o primeiro ciclo e os ciclos subsequentes da tarefa) para as mesmas variáveis, respectivamente (B, D, F and H). Como os sinais foram normalizados pelo tempo, eles são apresentados como a porcentagem do período total da tarefa.

Discussão

Nossa hipótese foi parcialmente suportada, uma vez que encontramos diferenças entre sexos na elevação do membro superior em resposta à fadiga muscular durante a tarefa repetitiva simulada, com os homens adotando posturas mais neutras quando comparado às mulheres. Para a cabeça e o pescoço, as mulheres mostraram posturas menos neutras do que os homens, independentemente do período da tarefa. No geral, a tarefa repetitiva simulada causou alterações posturais em todos os segmentos corporais avaliados, em ambos homens e mulheres.

Depois da fadiga muscular, houve um maior aumento no *range* APDF₅₋₉₅ da elevação do membro superior nos homens, provavelmente associado a maior diminuição dessa postura nos homens comparado as mulheres no P10 e P50. Considerando as análises qualitativas, nós podemos concluir que no geral, as diferenças entre sexos encontradas, de fato, representam uma adaptação motora em resposta à fadiga, uma vez que o maior aumento no *range* APDF₅₋₉₅ e a maior diminuição no P10 para os homens comparado às mulheres são evidenciadas apenas no final da tarefa. Da mesma forma, a maior diminuição do P50 nos homens comparado às mulheres é observada a partir dos 70% do período total da tarefa. Nós acreditamos que a este ponto, ambos os grupos já começavam a apresentar sinais de fadiga muscular, uma vez que em média, mulheres e homens reportaram uma pontuação igual ou maior que 8 na Escala de Borg CR-10 a 56% e 46% do período total da tarefa, respectivamente. De acordo com esses achados, as análises de progressão mostraram que embora houvessem diferenças entre sexos nas adaptações cinemáticas ao longo de toda a tarefa, tais diferenças foram mais pronunciadas ao final da tarefa, ou seja, na presença de fadiga muscular. A diminuição da elevação do membro superior após a indução de fadiga está de acordo com estudos realizados anteriormente (BOUFFARD et al., 2018; COWLEY; GATES, 2017; FULLER et al., 2009; MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019), e pode refletir um efeito primário da fadiga muscular (BOUFFARD et al., 2018). Semelhante aos nossos resultados, Bouffard et al. (2018) também encontraram uma maior diminuição da elevação do membro superior depois da fadiga em homens, o que de acordo com os autores pode indicar que os homens apresentaram maior fadiga nos músculos

dos ombro comparado às mulheres. Entretanto, apesar desse resultado, não houve diferenças entre sexos no tempo de interrupção da tarefa ou na duração do último ciclo da tarefa, indicando que não houve nenhuma diferença entre os grupos no desempenho da tarefa. Assim, nossos resultados podem indicar que os homens foram capazes de realizar uma adaptação motora ótima em resposta à fadiga para reduzir a sobrecarga musculoesquelética e manter o desempenho da tarefa, em uma maior extensão do que as mulheres, evidenciado pela maior diminuição da elevação do membro superior (adoção de posturas mais neutras), com consequente aumento do *range* APDF₅₋₉₅ desta postura.

As mulheres apresentaram maiores *ranges* APDF₅₋₉₅ para cabeça e pescoço do que os homens, independentemente do período da tarefa. Esse achado pode indicar que embora o posto de trabalho tenha sido ajustado de acordo com as medidas antropométricas de cada voluntário, as mulheres utilizaram posturas menos neutras para cabeça e pescoço durante a tarefa repetitiva simulada. Posturas não neutras têm sido apontadas como um importante fator de risco para o desenvolvimento de LER/DORT (PUNNETT; WEGMAN, 2004). Esse achado pode ser consequência da menor força muscular de extensão do ombro nas mulheres, o que pode desencadear mais compensações na cabeça e no pescoço, aos quais o músculo trapézio está conectado. Isso pode predispor as mulheres a um risco maior de desenvolver LER/DORT na região da cabeça e pescoço. Estudos que investiguem tarefas realizadas acima do nível do ombro são relevantes para a saúde ocupacional, especialmente para mulheres que, por serem geralmente mais baixas, estão mais expostas a superfícies de trabalho proporcionalmente mais altas, o que por si só pode explicar parcialmente o porquê das LER/DORT na região de pescoço/ombro serem mais prevalentes nas mulheres. Todos os participantes foram convidados a iniciar a tarefa repetitiva simulada, encaixando as peças na placa de madeira a partir do mesmo local (no topo da placa). Assim, a menos que o comprimento do membro superior das mulheres fosse maior ou menor em relação à sua altura comparado a essa proporção para os homens, não era necessário que elas estendessem mais ou menos a cabeça e o pescoço para olhar o local de encaixe das peças durante a execução da tarefa. No entanto, a literatura tem mostrado que, em geral, o comprimento do membro superior é proporcional à altura do sujeito (KWOK; WHITELOW, 1991; OFLUOGLU; UNLU;

AKYUZ, 2008). Assim, embora a altura da placa de madeira não tenha sido ajustada de acordo com o comprimento do membro superior de cada participante, acreditamos que os maiores *ranges* APDF₅₋₉₅ para cabeça e pescoço nas mulheres não foram causados por sua menor altura em comparação aos homens.

Mulheres e homens apresentaram *ranges* APDF₅₋₉₅ mais elevados no período pós-fadiga em comparação com o período pré-fadiga, para a flexão da parte superior das costas, da cabeça e do pescoço. De acordo com esse achado, a fadiga também alterou posturas nesses segmentos corporais, com a adoção de posturas menos neutras no último ciclo da tarefa, evidenciado pelas análises APDF. Nossos resultados concordam parcialmente com estudos anteriores, que também encontraram alterações posturais no tronco após fadiga muscular (BOUFFARD et al., 2018; MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019). Podemos supor que as mudanças posturais observadas na parte superior das costas, cabeça e pescoço após a fadiga podem ter ocorrido como um mecanismo compensatório para manter o desempenho da tarefa após a diminuição da elevação do membro superior (BOUFFARD et al., 2018).

Tarefas realizadas acima do nível do ombro, como a tarefa avaliada neste estudo, impõem uma alta sobrecarga musculoesquelética aos segmentos corporais, uma vez que sua execução está associada a um maior risco de desenvolver fadiga muscular e desconforto postural (WIKER; CHAFFIN; LANGOLF, 1989), bem como a uma diminuição do desempenho do movimento (WIKER; LANGOLF; CHAFFIN, 1989). Diversos estudos têm avaliado diferenças entre sexos apenas no padrão de atividade muscular da região de pescoço/ombro, usando por exemplo a sEMG (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014). Entretanto, a avaliação de alguns músculos da cintura escapular por meio desse tipo de avaliação pode ser prejudicada devido à algumas questões metodológicas, como por exemplo a localização profunda de alguns deles. Assim, nós recomendamos que futuros estudos que busquem investigar diferenças entre sexos nos aspectos biológicos e fisiológicos durante tarefas repetitivas considerem também análises cinemáticas em suas avaliações, especialmente durante tarefas repetitivas realizadas acima do nível do ombro. Nós acreditamos que, os

resultados de cinemática da região de pescoço/ombro nessas condições de tarefa irão permitir uma melhor compreensão sobre esse tema.

Muitos estudos que avaliam a cinemática durante tarefas repetitivas têm usado uma pontuação maior ou igual a 8 na Escala de Borg CR-10 como critério de interrupção (BOUFFARD et al., 2018; FULLER et al., 2009; LOMOND; CÔTÉ, 2010; YANG et al., 2018). Entretanto, protocolos fatigantes realizados até a exaustão, também têm sido utilizados por estudos presentes na literatura (MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019; YANG; LEITKAM; COTÉ, 2019). A pontuação maior ou igual a 8 na Escala de Borg CR-10 representa um indicador subjetivo de fadiga muscular (COTE et al., 2008), mas pode-se questionar se uma condição de fadiga muscular avaliada após esse período poderia impor uma maior sobrecarga musculoesquelética às estruturas exigidas para a realização da tarefa, e assim mostrar de forma mais clara as diferenças entre sexos nas alterações cinemáticas em resposta à esta condição. Além disso, a utilização de um critério de interrupção determinado de acordo com a exaustão, ao invés de um critério baseado em uma classificação numérica, provavelmente tem uma melhor validade externa. Por essas razões, nós decidimos considerar a interrupção voluntária como o critério de interrupção da tarefa repetitiva simulada. Ao fazer isso, nós extendemos a duração da tarefa, uma vez que quase todos os voluntários obtiveram uma pontuação maior do que 8 na Escala de Borg CR-10 ao final da tarefa, quando eles interromperam.

Finalmente, algumas limitações do estudo podem ter impactado nossos resultados. É importante considerar que nós avaliamos adultos jovens e saudáveis. A extrapolação de nossos resultados para outras populações, como por exemplo, idosos ou pessoas com desordens musculoesqueléticas, deve ser feita com cautela. Outros estudos, com diferentes protocolos e formas de análises são necessários para fornecer uma melhor compreensão das diferenças entre sexos e padrões posturais durante tarefas repetitivas, especialmente aquelas realizadas com o membro superior elevado acima do nível do ombro.

Conclusão

Houve algumas diferenças entre sexos nas posturas da região de pescoço/ombro durante a tarefa repetitiva simulada. Após a fadiga muscular, homens mostraram alterações cinemáticas no ombro em uma maior extensão do que as mulheres, adotando de forma geral posturas mais neutras do membro superior. Além disso, as mulheres mostraram posturas menos neutras para a cabeça e o pescoço. Esses achados podem indicar que as estratégias cinemáticas adotadas por homens e mulheres durante uma tarefa repetitiva simulada são diferentes e podem predispor as mulheres à um maior risco de desenvolver LER/DORT.

ESTUDO 4

Diferenças entre sexos no padrão de atividade muscular dos músculos do pescoço/ombro durante uma tarefa repetitiva simulada realizada acima do nível do ombro

Marina Machado Cid, Julie N. Côté, Lucas Leonardo Zancanaro, Ana Beatriz Oliveira

Introdução

Tem sido demonstrado maior prevalência de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (LER/DORT) entre mulheres em comparação com homens, especialmente na região de pescoço/ombro (NORDANDER et al., 2016). Esse achado pode estar de alguma forma relacionado às diferenças entre sexos, considerando os aspectos biológicos e fisiológicos (CÔTÉ, 2012). As diferenças entre sexos nos padrões de atividade muscular têm sido amplamente avaliadas, principalmente em tarefas de trabalho que envolvam movimentos repetitivos dos membros superiores (BOUFFARD et al., 2019; CID et al., 2019; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014) e fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018, 2019; SRINIVASAN et al., 2016). Ambas as condições podem estar associadas a ao desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos (CÔTÉ, 2014; KUMAR, 2001). Várias características dos sinais eletromiográficos de superfície registrados a partir dos principais músculos agonistas da parte superior do corpo têm sido exploradas na avaliação das diferenças entre sexos, incluindo a amplitude de ativação muscular (BOUFFARD et al., 2019; CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018, 2019; SRINIVASAN et al., 2016), frequência mediana (OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018), variabilidade da atividade muscular (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; SRINIVASAN et al., 2016) e indicadores de conectividade funcional entre os músculos (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). Apesar de muito estudos já terem avaliado esta questão, os resultados ainda são controversos. Assim, não está claro se as características de ativação muscular fazem parte dos mecanismos relacionados às diferenças entre sexos na prevalência de LER/DORT.

Anders et al. (2004) mostraram que durante exercícios isométricos de ombro, as mulheres ativam seus músculos estabilizadores em um maior grau, enquanto os homens ativam mais os músculos mobilizadores. Em estudo realizado por Otto et al. (2018), durante uma tarefa fatigante realizada ao nível do ombro, as mulheres tiveram sua percepção de esforço no pescoço/ombro associada à ativação do trapézio superior (um estabilizador do ombro), enquanto

nos homens a percepção de esforço foi fortemente associada à ativação do deltóide anterior (um músculo mobilizador). Esse achado indica diferenças entre sexos no uso dos músculos em resposta à fadiga muscular. Por outro lado, um estudo realizado por Bouffard et al.(2019) mostrou que as mulheres tiveram maior ativação dos músculos do ombro em comparação com os homens durante uma tarefa de levantamento de caixas do quadril ao nível dos olhos, especialmente para os músculos mobilizadores. Este achado concorda com outros estudos que também mostraram maior ativação dos músculos dos membros superiores em mulheres em comparação com os homens durante tarefas repetitivas (CID et al., 2019; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; MINN; CÔTÉ, 2018). No entanto, as tarefas experimentais realizadas nestes estudos variaram, assim como os papéis mecânicos dos músculos investigados, indicando que os padrões de adaptação à fadiga são específicos da tarefa (FULLER et al., 2009).

Os resultados das diferenças entre sexos na variabilidade da atividade muscular também são controversos. Em um estudo realizado por Srinivasan et al. (2016), os homens mostraram um aumento maior na variabilidade da amplitude de ativação do trapézio após a fadiga muscular induzida por uma tarefa repetitiva realizada ao nível do ombro em comparação com as mulheres. Na mesma condição (fadiga muscular), as mulheres apresentaram um aumento na variabilidade da amplitude de ativação do bíceps, enquanto os homens apresentaram uma diminuição na mesma (SRINIVASAN et al., 2016). Esses resultados sugerem que pode haver diferenças entre sexos na estratégia de controle do membro superior em resposta à fadiga (SRINIVASAN et al., 2016). No entanto, outros estudos não encontraram diferenças entre sexos na variabilidade da atividade muscular na região de pescoço/ombro durante a realização de tarefas repetitivas (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018).

A maioria dos estudos citados anteriormente avaliou tarefas realizadas abaixo ou ao nível do ombro (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; JOHANSEN et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018, 2019; SRINIVASAN et al., 2016). Em um estudo realizado anteriormente por nosso grupo de pesquisa, uma tarefa repetitiva realizada abaixo do nível do ombro mostrou diferenças entre sexos em uma menor extensão comparado a

outros estudos que avaliaram tarefas repetitivas ao nível do ombro (CID et al., 2019). É possível que a avaliação das diferenças entre sexos durante tarefas repetitivas realizadas com o membro superior posicionado acima do ombro possa evidenciar achados importantes e novos sobre as diferenças entre sexos no padrão de atividade muscular, uma vez que essas tarefas impõem uma alta demanda às estruturas musculoesqueléticas exigidas para o desempenho da tarefa. A elevação do membro superior requer uma ação sinérgica de vários músculos do ombro (PHADKE; CAMARGO; LUDEWIG, 2009). Tarefas realizadas acima do nível do ombro estão relacionadas ao desenvolvimento de fadiga muscular, desconforto (WIKER; CHAFFIN; LANGOLF, 1989) e redução do desempenho de movimento (WIKER; LANGOLF; CHAFFIN, 1989). Uma melhor compreensão das diferenças entre sexos nos padrões de atividade muscular sob tais condições pode orientar novas intervenções ergonômicas de acordo com as diferenças fisiológicas entre homens e mulheres. Além disso, a maioria dos estudos que avaliaram diferenças entre sexos no padrão de ativação muscular em resposta à fadiga muscular consideraram apenas os períodos inicial e final da tarefa em suas análises (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). O padrão de atividade muscular raramente é analisado ao longo de toda a tarefa. Esse tipo de análise pode permitir identificar se possíveis diferenças entre sexos ocorreram apenas no final da tarefa (após a indução de fadiga muscular) ou se ocorreram durante todo o período da tarefa, conforme relatamos ao avaliar os movimentos dos membros superiores (CID et al., 2020b). Assim, o objetivo principal deste estudo foi avaliar se existem diferenças entre sexos nos padrões de atividade muscular dos músculos do pescoço/ombro após fadiga induzida por uma tarefa repetitiva simulada, exigindo movimentos dos membros superiores realizados acima do nível do ombro. O segundo objetivo foi identificar, por meio de uma análise qualitativa, se as diferenças entre sexos no padrão de atividade muscular ocorreram ao longo de todo o período da tarefa ou apenas após a indução da fadiga muscular. Nossa hipótese é que após a fadiga muscular, as mulheres apresentariam níveis mais elevados de ativação muscular e menor variabilidade da atividade muscular na região do pescoço/ombro do que os homens. Além disso, hipotetizamos que a avaliação do padrão de atividade muscular ao longo de toda a tarefa traria novos e importantes conhecimentos para entender se as

diferenças entre sexos estiveram presentes durante toda a tarefa repetitiva ou apenas na presença de fadiga muscular.

Métodos

Sujeitos

Dezessete mulheres (idade: $25 \pm 3,59$ anos, massa corporal: $57,47 \pm 7,23$ kg, altura: $163,65 \pm 7,04$ cm e índice de massa corporal [IMC]: $21,45 \pm 2,27$ kg/m²) e 17 homens (idade: $24 \pm 4,62$ anos, massa corporal: $79,16 \pm 8,09$ kg, altura: $176,76 \pm 4,35$ cm e IMC: $25,34 \pm 2,49$ kg/m²) participaram do estudo. O tamanho da amostra foi determinado com base em estudos anteriores e o poder estatístico foi calculado a partir de uma análise de poder post-hoc (G*Power v.3.1.9.4, University of Düsseldorf, Germany). Baseado nos resultados obtidos a partir do *range* APDF₅₋₉₅ do DA (sinal eletromiográfico normalizado) o tamanho do efeito foi calculado ($f=0,29$). Considerando uma análise de variância de medidas repetidas com uma interação entre o *Tempo* (períodos pré/pós-fadiga) e *Grupo* (mulheres/homens), com nível de significância de 5%, o poder estatístico obtido foi de 91%. Trinta e dois participantes eram destros e dois (um homem e uma mulher) eram canhotos. Os critérios de inclusão foram: idade entre 18 e 35 anos; IMC entre 18,5 e 28 kg/m²; ausência de sintomas musculoesqueléticos na região de pescoço/ombro nos últimos sete dias. Foram excluídos os sujeitos que auto referiram doenças circulatórias, reumáticas ou inflamatórias, que praticavam esportes que envolvem movimentos repetitivos acima do nível do ombro ou que tinham experiência em tarefas de trabalho envolvendo movimentos manuais repetitivos. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética local (Protocolo #84515618.0.0000.5504) e conduzido de acordo com a declaração de Helsinki.

sEMG

A sEMG foi registrada nas três porções do músculo trapézio do membro superior dominante: superior - fibras claviculares (TS-C) e fibras acromiais (TS-A), médio (TM) e inferior (TI), bem como o músculo serrátil anterior (SA) e deltóide anterior (DA) usando um dispositivo portátil - *Trigno Personal Monitor* (Delsys, Boston, MA, USA). Mini sensores (Delsys, Boston, MA, USA) foram

fixados na pele com fita adesiva dupla-face. As especificações do dispositivo incluem: dimensão do mini sensor: 25x12x7 mm, dimensão do sensor de referência: 27x37x15 mm, passa-banda de 20-450 Hz, resolução de 16-bit, taxa de rejeição de modo comum > 80 dB e ruído < 0.75 μ V (RMS). Para reduzir a impedância da pele, a mesma foi tricotomizada e limpa com álcool etílico 70% antes da colocação do mini sensor. Os mini sensores para todas as porções do trapézio e SA foram colocados conforme descrito em Januario et al. (2017), e o mini sensor para o DA foi colocado conforme descrito por Otto et al. (2018). Todos os sinais eletromiográficos foram amostrados em 2000 Hz.

Os sinais de sEMG obtidos durante a tarefa repetitiva simulada foram normalizados por contrações voluntárias máximas (CVM) realizadas em condições isométricas. As séries de CVMs foram compostas por três repetições de 5 segundos, com intervalo de 1 minuto entre elas. Para isso, cada músculo foi avaliado individualmente. A resistência foi aplicada acima do cotovelo, por meio de uma faixa conectada a uma placa fixada ao chão, enquanto os participantes realizavam esforços máximos com incentivo verbal. A CVM do TS-C foi registrada com o membro superior dominante posicionado a 90° de abdução no plano frontal, com a mão voltada para baixo, pescoço estendido e girado para o lado contralateral (ZANCA et al., 2014). Para o TS-A, o membro superior dominante foi posicionado a 90° de abdução no plano frontal, com a mão voltada para baixo e o pescoço em posição neutra (MATHIASSEN; WINKEL; HÄGG, 1995a). Tanto para o TM quanto para o TI, o voluntário foi posicionado em decúbito ventral. Para o TM, o membro superior dominante foi posicionado a 90° de abdução no plano frontal, associado a 90° de rotação lateral do ombro; para o TI, o membro superior dominante foi posicionado na mesma direção das fibras musculares, com a mão voltada para baixo (COOLS et al., 2007). Para o SA, o membro superior dominante foi posicionado a 125° de flexão no plano sagital, associado à protração escapular, com a mão voltada para baixo (EKSTROM; SODERBERG; DONATELLI, 2005). Para o DA, o membro superior dominante foi posicionado a 90° de flexão no plano escapular (EBAUGH; MCCLURE; KARDUNA, 2005). A ordem de avaliação de todos os músculos foi randomizada e contrabalançada entre os dois grupos.

Tarefa repetitiva Simulada

A tarefa repetitiva simulada realizada neste estudo corresponde a uma adaptação da tarefa repetitiva avaliada por Januario et al. (2017, 2018) e Cid et al. (2019). Para a execução da tarefa, os participantes permaneceram em frente a uma parede na qual foi posicionada uma placa de madeira (com 17 linhas e 20 colunas de orifícios para encaixe das peças) com altura ajustável, na posição vertical (Figura 12). A distância entre a placa de madeira e o participante foi de 48 cm. A altura da placa de madeira foi ajustada de modo que sua base de apoio ficasse na altura dos ombros de cada participante (Figura 12A). Um recipiente com as peças e outro para descartar as peças não encaixáveis foram colocados em uma superfície posicionada ao lado do participante na altura do ombro (Figura 12A). Durante a tarefa, o voluntário não tinha permissão para movimentar os pés, mas podia movimentar livremente o braço, o tronco e a cabeça. Além disso, a placa de madeira foi preenchida de cima para baixo. O preenchimento completo de uma coluna da placa foi considerado como um ciclo completo da tarefa. Os voluntários destros começaram a completar a placa de madeira da direita para a esquerda, e os canhotos começaram a completá-la na direção oposta. A placa tinha seis formatos diferentes de orifícios, com cores diferentes, para encaixe das peças. As peças não encaixáveis corresponderam a 30% do total de peças. Elas eram ligeiramente maiores do que os orifícios da placa e foram usadas para exigir uma demanda mental dos participantes. O ritmo da tarefa foi definido em 21 encaixes por minuto. Antes da coleta de dados, os participantes tiveram tempo de aprender a realizar a tarefa no ritmo pré-determinado. O participante foi convidado a informar ao avaliador se precisasse interromper a tarefa por falta de força no braço ou cansaço na região de pescoço/ombro. Assim, a tarefa repetitiva foi realizada até que o participante relatasse verbalmente que não era mais capaz de continuar – interrupção voluntária (CID et al., 2020b; MCDONALD; MULLA; KEIR, 2019).

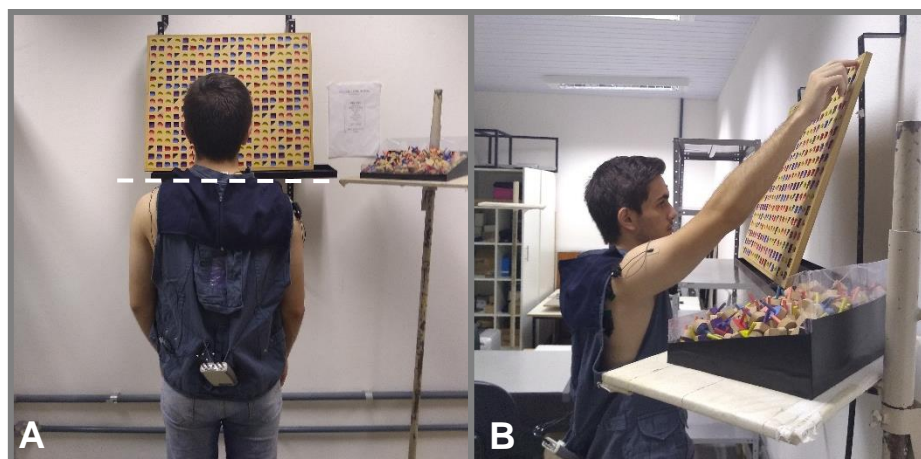


Figura 12. Posicionamento do voluntário durante a tarefa repetitiva simulada (A e B). A linha tracejada (A) mostra a base de apoio da placa de madeira e os recipientes com peças e outro para descarte de peças posicionados na altura dos ombros do participante.

Análise de Dados

sEMG

Os sinais eletromiográficos foram processados no software Matlab (version 9.2, The Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Os sinais foram corrigidos em relação ao offset e filtrados com filtro Butterworth de quarta ordem, passa-banda de 30 a 450 Hz e atraso de fase zero. Todos os sinais foram convertidos em valores RMS a partir de janelas móveis com duração de 100 ms, sem sobreposição. O valor máximo obtido nas três repetições das CVMs realizadas para cada músculo do membro superior foi usado para a normalização da sEMG. O primeiro e o último ciclo de tarefas foram considerados como períodos pré e pós-fadiga, respectivamente. Além disso, todas as análises foram realizadas para a primeira metade de ambos os ciclos, a fim de garantir uma avaliação da tarefa repetitiva simulada com foco nas maiores amplitudes de movimento do membro superior. A função de distribuição de probabilidade de amplitude (*Amplitude Probability Distribution Function* - APDF) foi realizada, e os percentis 10 (P10), 50 (P50), e 90 (P90) foram obtidos a partir dos valores RMS. Os valores RMS entre o percentil 5 e 95 (*range* APDF₅₋₉₅) também foram calculados. O *range* APDF reflete o *range* de ativação muscular usado para controlar o movimento realizado durante a tarefa (SZETO; STRAKER; O'SULLIVAN, 2009). Um *range* APDF maior representa uma maior variabilidade de movimento

(STRAKER et al., 2009). O tamanho da variabilidade da atividade muscular foi avaliado por meio do cálculo do desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos sinais RMS normalizados. Por fim, uma análise qualitativa das variáveis de interesse (percentis APDF, *range* APDF₅₋₉₅, DP and CV) foi realizada para todos os músculos ao longo de toda a tarefa (normalizado pelo tempo). Nós também calculamos a progressão dessas variáveis, ou seja, a diferença entre o primeiro ciclo da tarefa e os ciclos subsequentes (primeira metade dos ciclos) (CID et al., 2020b; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018). As análises qualitativas foram realizadas a fim de identificar se as possíveis diferenças entre sexos nos sinais da sEMG poderiam ser evidenciadas ao longo de toda a tarefa ou apenas no seu final, com a presença de fadiga muscular.

Análise Estatística

A normalidade de todos os dados foi testada usando o teste de Shapiro-Wilk. Uma análise de variância de medidas repetidas foi aplicada para os percentis 10, 50 e 90, para o *range* APDF₅₋₉₅, DP e CV. Os fatores intra e entre-sujeitos foram *Tempo* (períodos pré e pós-fadiga) e *Grupo* (mulheres/homens), respectivamente. Um teste post-hoc usando a correção de Bonferroni foi realizado quando interações significativas foram encontradas. As diferenças entre sexos para as características demográficas e para a duração da tarefa foram analisadas usando testes t para amostras independentes. Todos os testes foram realizados no SPSS (Statistical Package for Social Science, v. 20) e o nível de significância foi estabelecido em 0,05.

Resultados

Homens foram mais pesados ($P < 0,01$), mais altos ($P < 0,01$) e tiveram maior IMC ($P < 0,01$) do que as mulheres. Para a duração da tarefa, não houve diferença ($P = 0,84$) entre mulheres (16 ± 14 min) e homens (16 ± 12 min).

Efeitos de Tempo x Grupo na sEMG

A Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 mostram a média (desvio padrão) e resultados das análises estatísticas para os percentis APDF, *range* APDF₅₋₉₅,

bem como para os valores de DP e CV na primeira metade do primeiro e último ciclos da tarefa, respectivamente. Houve um efeito significativo *Tempo x Grupo* ($P < 0,01$) para o CV do DA. As comparações por pares mostraram diferenças entre sexos no período pré-fadiga, com as mulheres mostrando maior CV do que os homens ($P = 0,03$). As comparações por pares também mostraram que houve um aumento no CV depois da fadiga muscular, mas apenas em homens ($P < 0,01$).

Efeitos de Grupo na sEMG

Para as análises APDF, houve um efeito significativo de *Grupo* no P10 do TI ($P = 0,01$); no P50 do TS-C ($P = 0,04$); no P50 e P90 do TS-A ($P \leq 0,03$) e em todos os percentis do DA ($P < 0,01$). Em todos os casos, exceto para TI, as mulheres apresentaram maior percentis APDF comparado com os homens, independentemente do tempo. Para o *range* APDF₅₋₉₅, houve um efeito significativo de *Grupo* para o TS-A e DA ($P = 0,01$). Nesses casos, as mulheres mostraram maiores valores comparado aos homens, independentemente do tempo. Para o DP do TS-A e DA ($P < 0,01$), bem como para o CV do TM e TI ($P < 0,01$), houve um efeito significativo de *Grupo*, com as mulheres mostrando maiores valores do que os homens, independentemente do tempo.

Efeitos de Tempo na sEMG

Para as análises APDF, houve um efeito significativo de *Tempo* para quase todos os músculos avaliados para todos os percentis ($P < 0,05$), exceto para o P10 do TI e SA e para o P90 do TM e TI. Em todos os casos, houve maiores valores APDF no período pós comparado com o período pré-fadiga, independentemente do grupo. Para o *range* APDF₅₋₉₅, houve um efeito significativo de *Tempo* para TS-C, TS-A, SA e DA ($P < 0,01$), com maiores valores no período pós comparado com o período pré-fadiga, independentemente do grupo. Para o DP e CV do TS-C, TS-A e SA ($P \leq 0,02$) bem como para o DP do DA ($P < 0,01$), houve um efeito significativo de *Tempo*, com maiores valores no período pós comparado com o período pré-fadiga, independentemente do grupo. Além disso, o DP e CV do TM ($P \leq 0,02$) e o CV do TI ($P = 0,02$) foram menores no período pós comparado com o período pré-fadiga, independentemente do grupo.

Tabela 9. Média (desvio padrão) das análises APDF (P10, P50 e P90), obtidos a partir dos valores RMS normalizados (%CVM) registrados durante a tarefa repetitiva simulada na primeira metade do primeiro (período pré-fadiga) e último (período pós-fadiga) ciclos da tarefa para todas as porções do trapézio (trapézio superior: fibras claviculares - TS-C e acromiais - TS-A, trapézio médio - TM, trapézio inferior - TI), para o serrátil anterior (SA) e para o deltóide anterior (DA) em homens e mulheres e análises estatísticas (F *ratio*, valor P e tamanho de efeito - η^2 parcial) das comparações entre Tempo (períodos pré/pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) e os efeitos de interação de Tempo e Grupo. Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.

	Pré-fadiga		Pós-fadiga		Tempo			Grupo			Tempo x Grupo		
	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	F	P	η^2 parcial	F	P	η^2 parcial	F	P	η^2 parcial
<i>P10 – RMS normalizado (%CVM)</i>													
TS-C	9,69 (7,05)	5,47 (4,35)	10,66 (5,98)	7,31 (4,73)	8,16	0,01	0,20	4,12	0,051	0,11	0,77	0,39	0,02
TS-A	11,38 (4,34)	8,49 (3,28)	13,50 (6,20)	10,54 (4,63)	14,27	<0,01	0,31	3,68	0,06	0,10	<0,01	0,95	<0,01
TM	3,31 (1,35)	3,91 (2,11)	3,82 (1,75)	4,78 (2,84)	4,90	0,03	0,13	1,48	0,23	0,04	0,33	0,57	0,01
TI	2,50 (2,30)	5,47 (4,51)	3,02 (2,02)	6,01 (3,90)	1,70	0,20	0,05	7,69	0,01	0,19	<0,01	0,98	<0,01
SA	11,92 (5,68)	10,19 (6,28)	12,14 (4,66)	11,19 (7,78)	1,40	0,25	0,04	0,42	0,52	0,01	0,56	0,46	0,02
DA	12,26 (2,75)	9,90 (2,63)	14,97 (4,06)	10,73 (4,21)	6,87	0,01	0,18	11,17	<0,01	0,26	1,92	0,18	0,06
<i>P50 – RMS normalizado (%CVM)</i>													
TS-C	14,45 (9,62)	8,11 (6,56)	18,22 (9,88)	12,49 (7,82)	34,10	<0,01	0,52	4,46	0,04	0,12	0,19	0,67	0,01
TS-A	16,87 (6,45)	11,87 (4,40)	21,44 (9,48)	16,25 (5,81)	34,03	<0,01	0,52	5,37	0,03	0,14	0,01	0,91	<0,01
TM	7,32 (2,86)	7,44 (4,14)	8,42 (4,07)	8,92 (5,16)	4,29	0,047	0,12	0,06	0,81	<0,01	0,09	0,76	<0,01
TI	7,15 (3,81)	10,94 (6,20)	9,10 (4,69)	12,16 (6,40)	7,48	0,01	0,19	3,82	0,06	0,11	0,40	0,53	0,01
SA	18,33 (8,28)	15,46 (8,45)	19,86 (7,74)	18,94 (11,09)	12,99	<0,01	0,29	0,40	0,53	0,01	1,95	0,17	0,06
DA	20,21 (4,29)	14,74 (3,40)	25,51 (6,33)	19,62 (6,24)	34,79	<0,01	0,52	13,11	<0,01	0,29	0,06	0,81	<0,01
<i>P90 – RMS normalizado (%CVM)</i>													
TS-C	20,76 (12,91)	11,88 (10,07)	27,76 (14,61)	19,78 (13,55)	52,56	<0,01	0,62	3,84	0,06	0,11	0,19	0,66	0,01
TS-A	25,11 (9,50)	16,79 (6,01)	31,64 (14,03)	23,87 (7,90)	38,69	<0,01	0,55	6,38	0,02	0,17	0,06	0,81	<0,01
TM	18,62 (8,11)	15,51 (9,58)	17,01 (7,80)	15,33 (8,85)	0,72	0,40	0,02	0,75	0,39	0,02	0,46	0,50	0,01
TI	15,62 (6,00)	20,01 (9,06)	17,65 (6,97)	19,99 (10,34)	1,33	0,26	0,04	1,55	0,22	0,05	1,41	0,24	0,04
SA	28,41 (12,41)	24,12 (11,71)	30,79 (11,66)	31,29 (16,26)	14,60	<0,01	0,31	0,19	0,66	0,01	3,67	0,06	0,10
DA	30,45 (6,74)	21,03 (4,46)	39,08 (9,47)	32,13 (10,67)	41,89	<0,01	0,57	11,98	<0,01	0,27	0,65	0,42	0,02

Tabela 10. Média (desvio padrão) do range APDF₅₋₉₅, obtidos a partir dos valores RMS normalizados (%CVM) registrados durante a tarefa simulada repetitiva na primeira metade do primeiro (período pré-fadiga) e último (período pós-fadiga) ciclos da tarefa para todas as porções do trapézio (trapézio superior: fibras claviculares - TS-C e acromiais - TS-A, trapézio médio - TM, trapézio inferior - TI), para o serrátil anterior (SA) e para o deltóide anterior (DA) em homens e mulheres e análises estatísticas (F *ratio*, valor P e tamanho de efeito - η^2 parcial) das comparações entre Tempo (períodos pré/pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) e os efeitos de interação de Tempo e Grupo. Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.

	Pré-fadiga		Pós-fadiga		Tempo			Grupo			Tempo x Grupo		
	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	F	P	η^2 parcial	F	P	η^2 parcial	F	P	η^2 parcial
TS-C	14,52 (8,28)	8,26 (7,31)	22,06 (11,54)	16,19 (11,63)	69,97	<0,01	0,69	3,47	0,07	0,10	0,04	0,84	<0,01
TS-A	18,23 (7,46)	10,79 (4,06)	23,74 (10,37)	17,19 (5,24)	53,51	<0,01	0,63	9,02	0,01	0,22	0,30	0,58	0,01
TM	19,50 (8,35)	15,31 (10,57)	17,14 (8,03)	13,57 (8,12)	3,23	0,08	0,09	1,91	0,18	0,06	0,08	0,78	<0,01
TI	17,15 (6,65)	18,76 (7,79)	18,97 (7,15)	18,76 (9,73)	0,77	0,39	0,02	0,08	0,78	<0,01	0,78	0,38	0,02
SA	21,41 (9,45)	17,93 (7,63)	24,30 (9,30)	25,84 (12,86)	17,99	<0,01	0,36	0,09	0,76	<0,01	3,89	0,06	0,11
DA	23,24 (6,28)	14,26 (3,61)	31,92 (9,39)	28,12 (9,97)	52,17	<0,01	0,62	8,82	0,01	0,22	2,75	0,11	0,08

Tabela 11. Média (desvio padrão) do desvio padrão e coeficiente de variação dos valores RMS normalizados (%CVM) registrados durante a tarefa repetitiva simulada na primeira metade do primeiro (período pré-fadiga) e último (período pós-fadiga) ciclos da tarefa para todas as porções do trapézio (trapézio superior: fibras claviculares - TS-C e acromiais - TS-A, trapézio médio - TM, trapézio inferior - TI), para o serrátil anterior (SA) e para o deltóide anterior (DA) em homens e mulheres e análises estatísticas (F ratio, valor P e tamanho de efeito - η^2 parcial) das comparações entre Tempo (períodos pré/pós-fadiga), Grupo (homens/mulheres) e os efeitos de interação de Tempo e Grupo. Valores em negrito representam diferenças estatisticamente significativas.

	Pré-fadiga		Pós-fadiga		Tempo			Grupo			Tempo x Grupo		
	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	F	P	η^2 parcial	F	P	η^2 parcial	F	P	η^2 parcial
<i>Desvio Padrão – RMS normalizado (%CVM)</i>													
TS-C	4,65 (2,67)	2,65 (2,44)	6,90 (3,58)	4,97 (3,60)	68,74	<0,01	0,68	3,63	0,07	0,10	0,01	0,91	<0,01
TS-A	5,65 (2,17)	3,38 (1,22)	7,36 (3,25)	5,35 (1,61)	47,45	<0,01	0,60	9,18	<0,01	0,22	0,25	0,62	0,01
TM	6,57 (2,76)	5,10 (3,11)	5,65 (2,52)	4,39 (2,66)	5,69	0,02	0,15	2,36	0,13	0,07	0,10	0,75	<0,01
TI	5,54 (1,95)	5,91 (2,41)	6,00 (2,08)	5,73 (2,84)	0,23	0,63	0,01	<0,01	0,95	<0,01	1,19	0,28	0,04
SA	6,76 (3,06)	5,62 (2,50)	8,00 (3,46)	8,12 (4,00)	19,50	<0,01	0,38	0,24	0,63	0,01	2,20	0,15	0,06
DA	7,33 (2,03)	4,41 (1,17)	9,76 (2,77)	8,56 (3,19)	46,92	<0,01	0,59	9,31	<0,01	0,23	3,24	0,08	0,09
<i>Coeficiente de Variação – RMS normalizado (%CVM)</i>													
TS-C	33,45 (7,54)	29,98 (6,00)	37,22 (5,82)	36,76 (7,52)	17,09	<0,01	0,35	1,03	0,32	0,03	1,38	0,25	0,04
TS-A	32,38 (5,57)	27,72 (4,46)	32,97 (3,63)	32,71 (7,49)	6,11	0,02	0,16	2,67	0,11	0,08	3,81	0,06	0,11
TM	70,41 (15,66)	58,58 (14,16)	59,09 (8,00)	46,15 (11,04)	23,30	<0,01	0,42	12,25	<0,01	0,28	0,05	0,82	<0,01
TI	73,62 (23,45)	53,42 (20,27)	64,92 (14,47)	45,96 (8,23)	6,35	0,02	0,17	14,68	<0,01	0,31	0,04	0,85	<0,01
SA	34,95 (7,14)	34,74 (6,86)	38,18 (4,80)	41,19 (9,53)	14,18	<0,01	0,31	0,43	0,52	0,01	1,56	0,22	0,05
DA	34,93 (5,07)	29,75 (7,54)	37,16 (7,01)	41,32 (7,77)	21,93	<0,01	0,41	0,07	0,79	<0,01	10,05	<0,01	0,24

Análises Qualitativas – sEMG

Todas as análises qualitativas dos sinais eletromiográficos são apresentadas da Figura 13 a Figura 18. Foi possível identificar um aumento linear do P50 e do *range* APDF₅₋₉₅ do TS-A e do DA ao longo de toda a tarefa, para ambos os homens e as mulheres. Apesar disso, o *range* APDF₅₋₉₅ do DA teve um aumento mais pronunciado para os homens do que as mulheres (Figura 16). Além disso, embora o CV do DA tenha aumentado ao longo de toda a tarefa para os homens, esse aumento foi mais pronunciado no final da tarefa (a partir dos 80% do período total da tarefa), enquanto que para as mulheres o CV se manteve constante ao longo de toda a tarefa (Figura 18). Por fim, as análises de progressão mostram que para a maioria das variáveis avaliadas, os valores foram maiores para os homens do que para as mulheres. Em geral, esse achado é mais evidente a partir dos 40% do período total da tarefa.

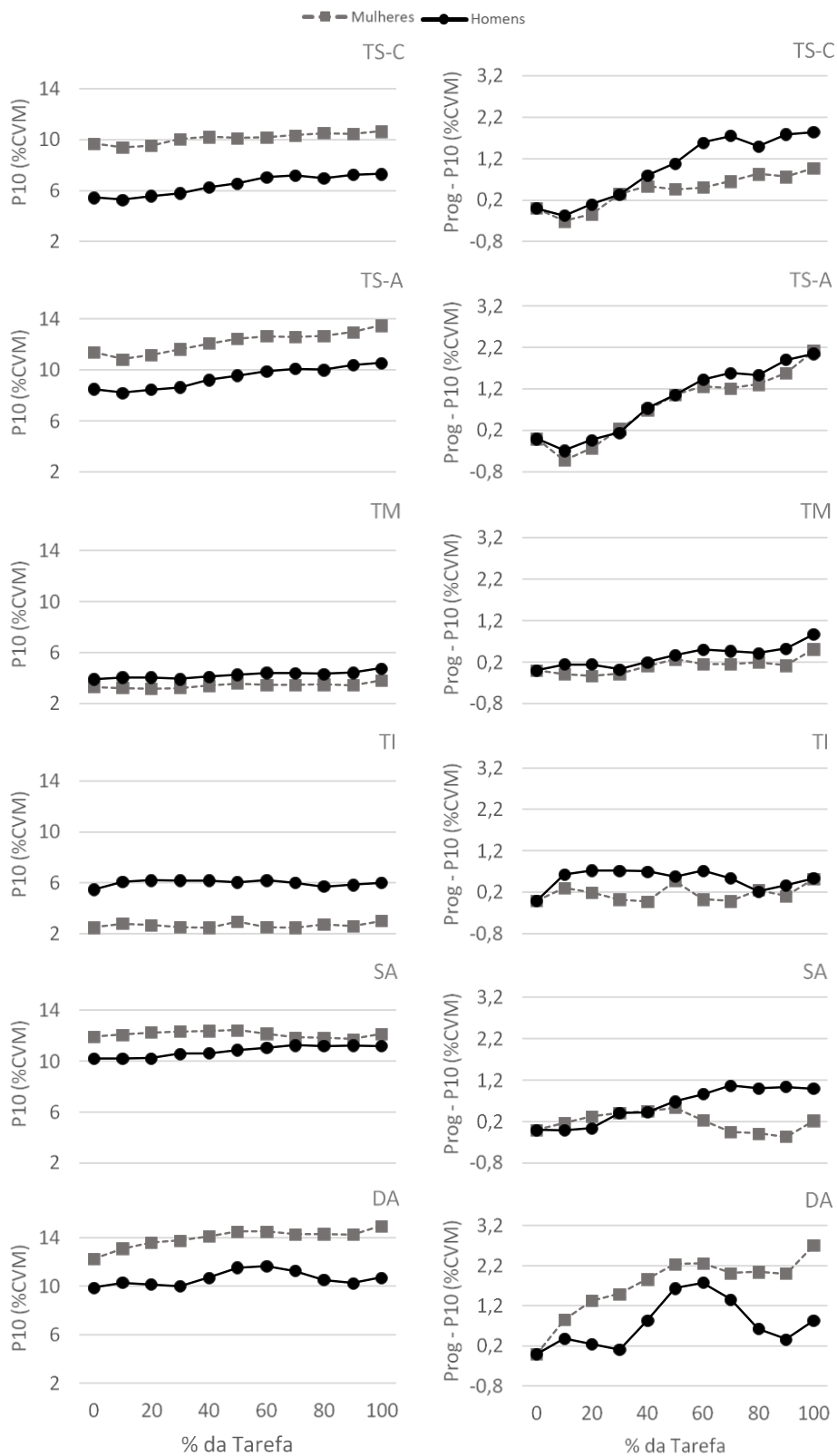


Figura 13. Média do P10 (análises APDF) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis.

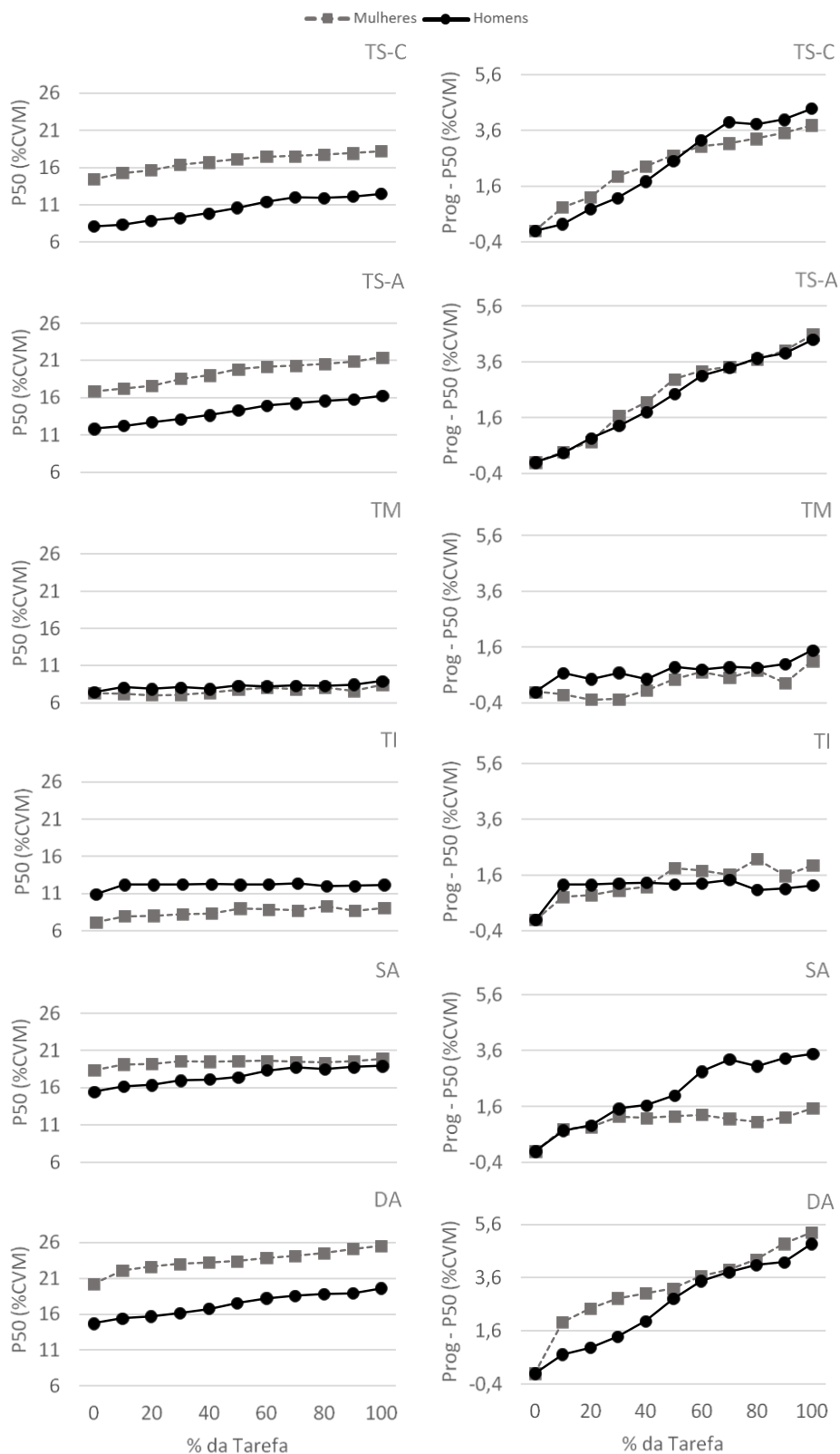


Figura 14. Média do P50 (análises APDF) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis.

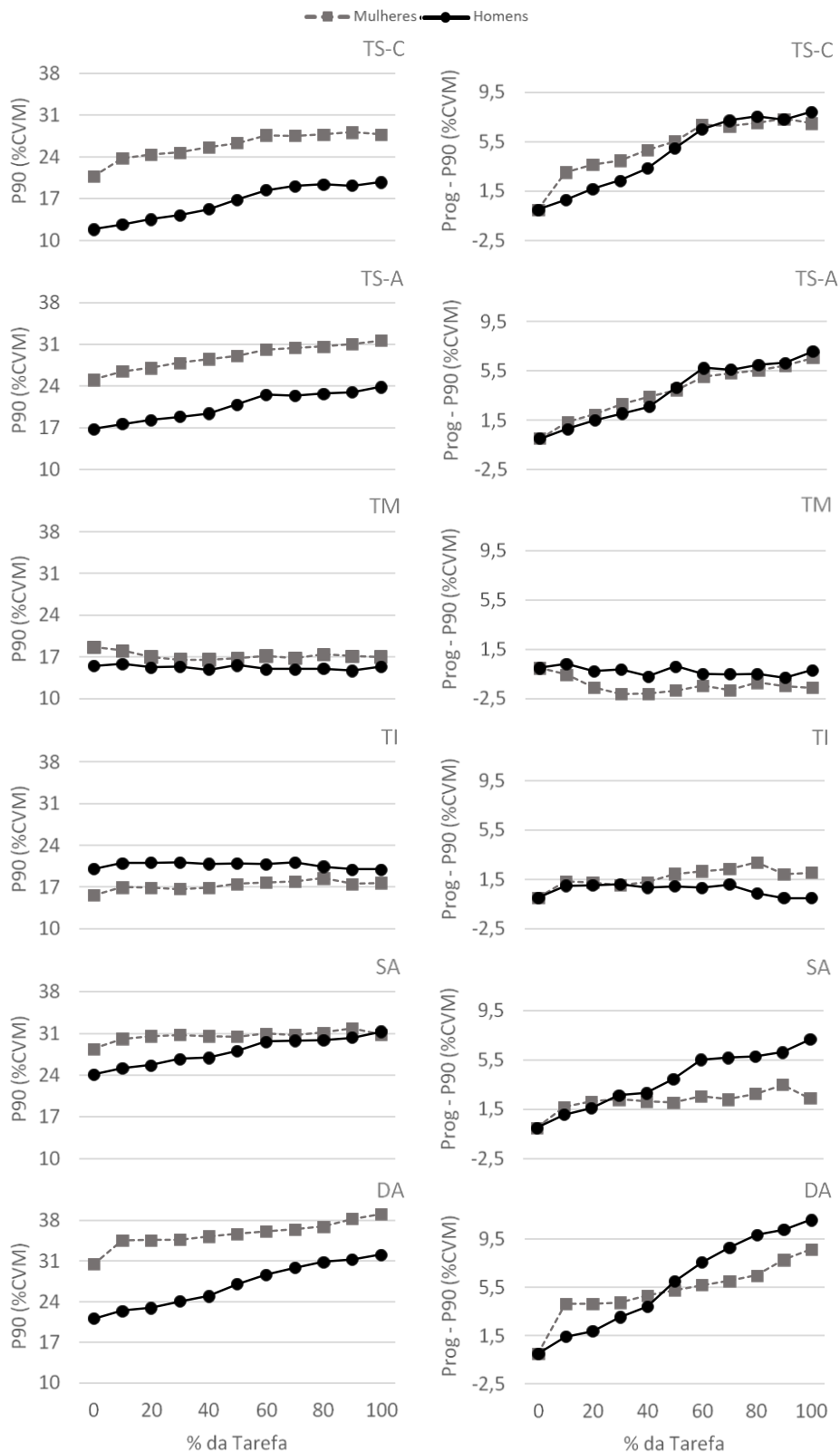


Figura 15. Média do P90 (análises APDF) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis.

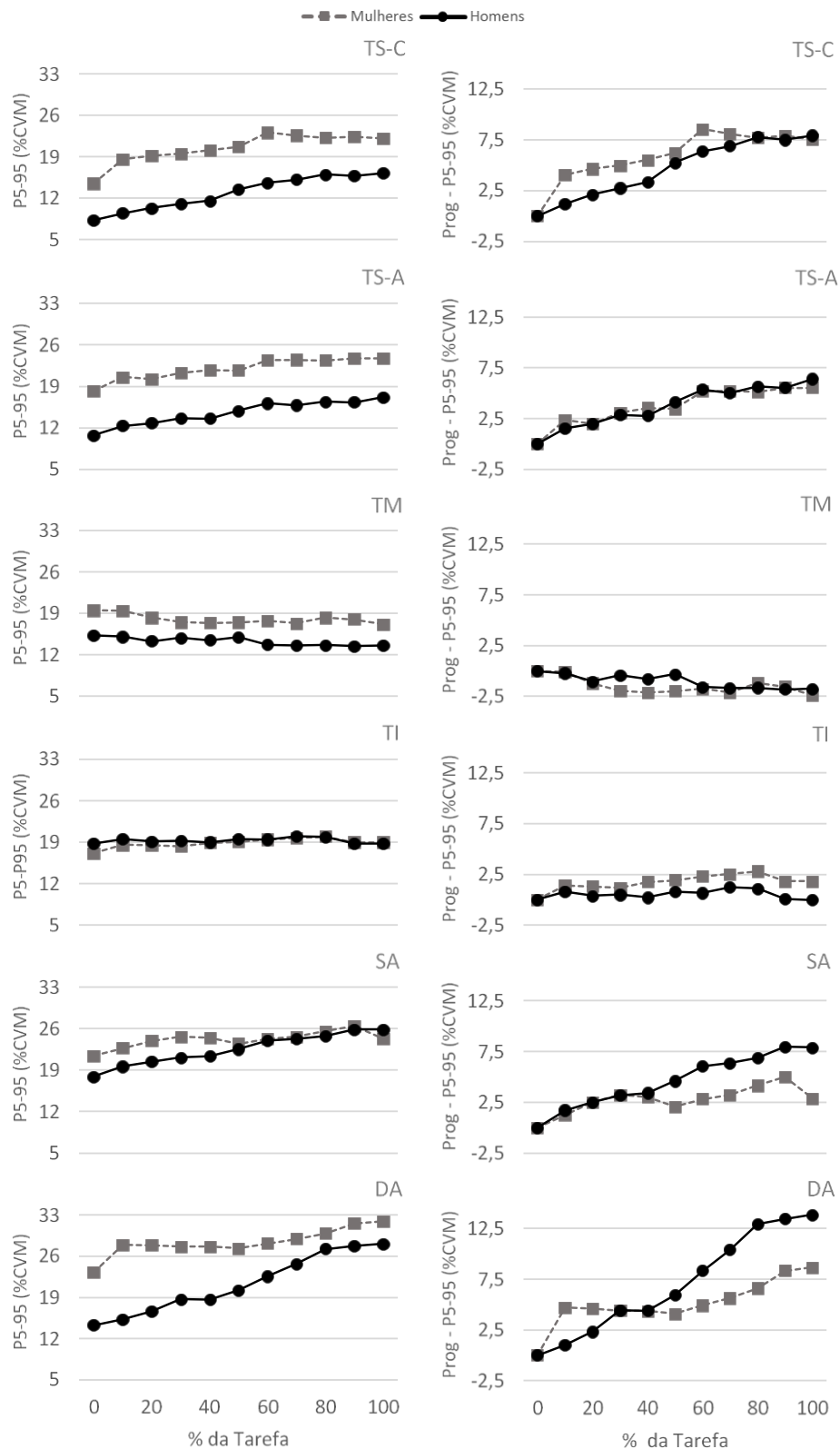


Figura 16. Média do range APDF₅₋₉₅ (P5-95) (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis.

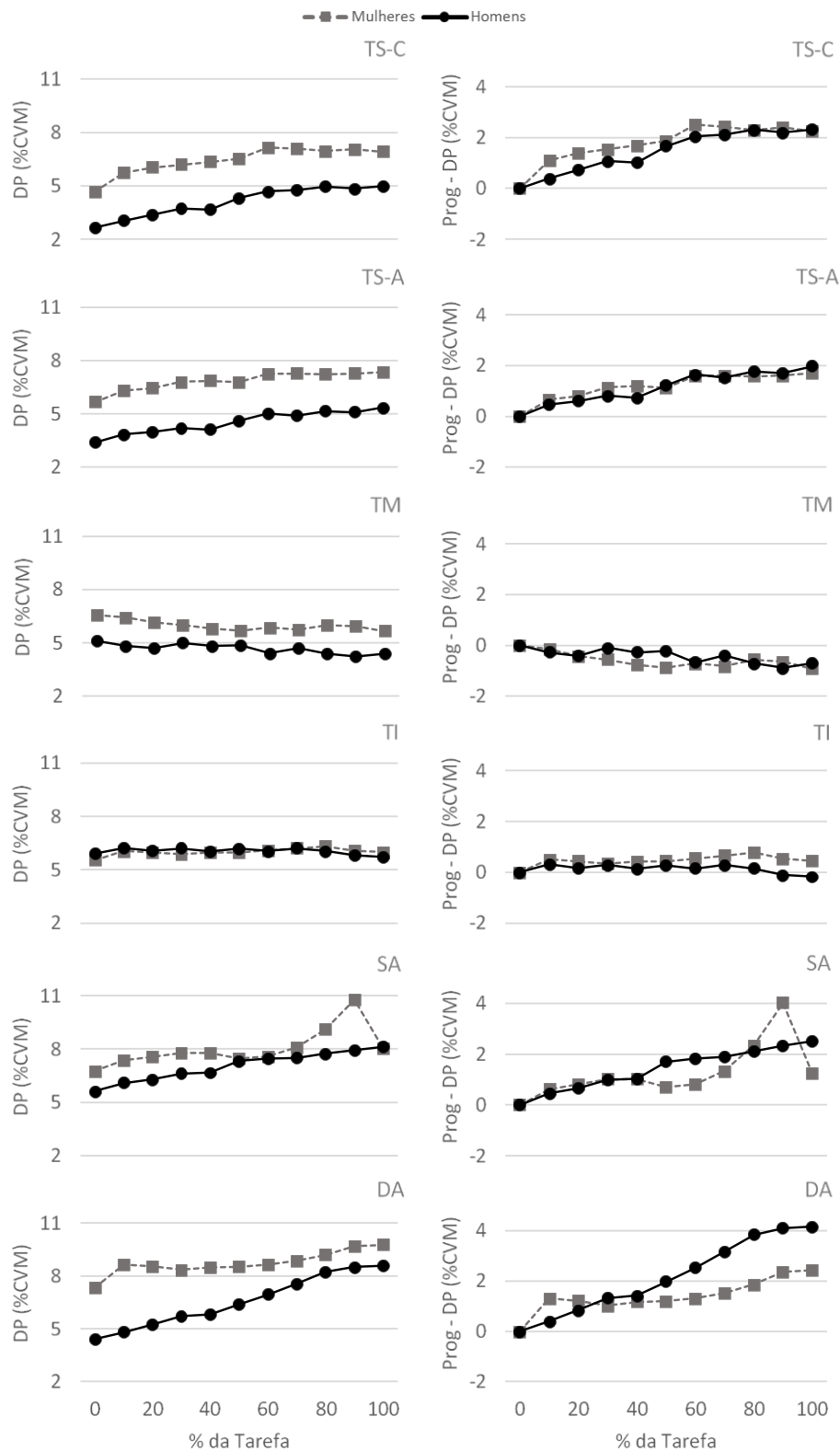


Figura 17. Média do desvio padrão – DP dos valores RMS normalizados (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis.

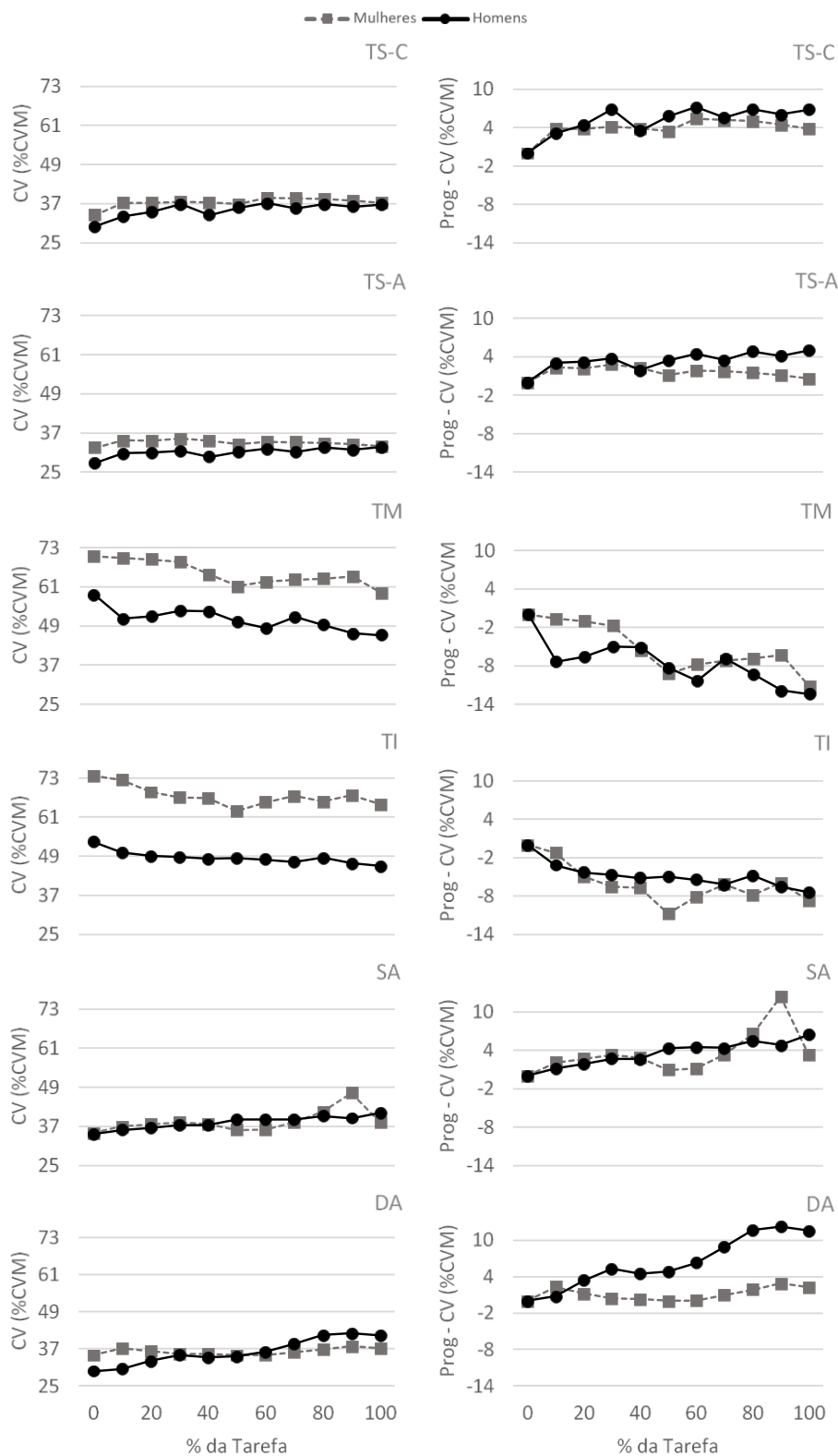


Figura 18. Média do coeficiente de variação - CV dos valores RMS normalizados (%CVM) para os músculos trapézio superior (fibras claviculares - TS-C e acromiais TS-A), trapézio médio (TM), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltoide anterior (DA), registrados em homens e mulheres durante a tarefa repetitiva simulada e média da progressão (Prog) das mesmas variáveis.

Discussão

Embora nossa hipótese inicial não tenha sido suportada para a variabilidade da atividade muscular, nossos resultados trazem novos achados sobre as diferenças entre sexos considerando essas variáveis. Os resultados mostraram que a fadiga muscular causou mudanças no padrão de atividade muscular do membro superior apenas nos homens, evidenciado pelo aumento da CV do DA. Esse achado indica que os homens tiveram uma adaptação motora em resposta à fadiga muscular - o que não aconteceu nas mulheres. Além disso, as análises qualitativas mostraram que embora o CV do DA tenha aumentado ao longo da tarefa para os homens, esse aumento foi mais pronunciado no final da tarefa (a partir de 80% do período total da tarefa, ou seja, na presença de fadiga muscular), enquanto que para as mulheres o CV foi constante durante todo o período da tarefa. Uma alta variabilidade motora na presença de fadiga pode representar uma estratégia motora para reduzir a carga imposta às estruturas musculoesqueléticas fatigadas (SRINIVASAN; MATHIASSEN, 2012). Poucos estudos avaliaram as diferenças entre sexos na variabilidade da atividade muscular em resposta à fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). Nossos resultados parcialmente concordam com os achados reportados por Srinivasan et al. (2016), que mostraram um aumento na variabilidade da atividade muscular para o músculo trapézio superior em homens e mulheres após a fadiga muscular, mas com um maior aumento nos homens.

Nossos resultados também mostraram diferenças entre sexos na variabilidade da atividade muscular independentemente do período da tarefa, com as mulheres mostrando maior DP do TS-A e DA, bem como, maior CV do TM e TI comparado aos homens. Esses achados associados a mudança na variabilidade da atividade muscular do DA em resposta a fadiga, mostrada apenas pelos homens, pode ser explicada pela possível diferença entre sexos na abundância ao se considerar as estratégias motoras adotadas durante tarefas repetitivas. A abundância pode ser definida como as diversas formas utilizadas pelo sistema para gerar uma ação sensório-motora (CÔTÉ, 2014). É possível que para as mulheres a adaptabilidade à tarefa seja menor porque elas já fazem

um uso ótimo da abundância desde o início da tarefa (CÔTÉ, 2014). Isso também pode ser confirmado pelas análises de progressão que mostraram maiores mudanças ao longo da tarefa (especialmente a partir de 40% do período total da tarefa) para muitas das variáveis avaliadas em homens do que em mulheres. Estudos anteriores não encontraram nenhuma diferença entre sexos na variabilidade da atividade muscular da região do pescoço/ombro avaliada durante a realização de tarefas repetitivas (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). Nós acreditamos que as diferenças entre nossos resultados e os relatados anteriormente podem estar relacionadas às características da tarefa, uma vez que os estudos anteriores avaliaram tarefas repetitivas realizadas com o membro superior posicionado abaixo (CID et al., 2019) ou ao nível do ombro (FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). Uma vez que a tarefa repetitiva simulada exigia a elevação do membro superior acima do nível do ombro, ela pode ter imposto uma maior sobrecarga aos músculos do pescoço/ombro e, assim, permitiu a identificação de novas diferenças entre sexos na variabilidade da atividade muscular que não puderam ser identificadas quando a tarefa foi realizada abaixo ou na altura dos ombros. A menor capacidade das mulheres em se adaptarem a uma tarefa repetitiva fatigante em comparação aos homens, pode predispô-las a um risco maior de desenvolver desordens musculoesqueléticas. Além disso, pode-se questionar se uma maior variabilidade da atividade muscular na região do pescoço/ombro durante a realização da tarefa repetitiva poderia representar um padrão motor menos preciso ou menos estável presente nas mulheres, o que poderia de alguma forma levar a uma maior exposição à tarefa. Mais estudos são necessários para avaliar as diferenças entre sexos na variabilidade da atividade muscular da região do pescoço/ombro durante tarefas repetitivas realizadas acima do nível do ombro, uma vez que a alta carga muscular imposta por esse tipo de tarefa parece evidenciar de forma mais clara as diferenças entre homens e mulheres nas estratégias motoras adotadas. Recomendamos também a realização de análises complementares ao longo de todo o período da tarefa, para que seja possível verificar a partir de que ponto da tarefa as diferenças entre sexos nas estratégias motoras tornam-se evidentes.

Além disso, as análises APDF mostraram diferenças entre sexos para quase todos os músculos avaliados. Diferenças significativas entre os grupos foram encontradas para o P10 do TI; para o P50 do TS-C; para o P50 e P90 do TS-A; para todos os percentis do DA, bem como, para os ranges APDF₅₋₉₅ do TS-A e DA. Em todos os casos, exceto para o TI, as mulheres apresentaram maior ativação muscular do que os homens, independentemente do período da tarefa. Esses achados concordam com vários estudos que também avaliaram as diferenças entre sexos no nível de ativação muscular do membro superior durante tarefas repetitivas (BOUFFARD et al., 2019; CID et al., 2019; JOHANSEN et al., 2013; MEYLAND et al., 2014; MINN; CÔTÉ, 2018). O maior nível de ativação muscular representa um fator de risco para o desenvolvimento de LER/DORT na região de pescoço/ombro (MADELEINE et al., 2003). A maior ativação muscular observada nas mulheres, principalmente no trapézio superior, pode levar a uma sobrecarga desse músculo, que comumente é acometido em casos de LER/DORT na região de pescoço/ombro (JOHANSEN et al., 2013). Além disso, nossos resultados indicam que a tarefa repetitiva simulada impôs uma maior sobrecarga às mulheres, exigindo que elas trabalhassem mais próximo de sua capacidade máxima, em termos de esforço muscular, do que os homens. Isso também pode explicar a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres.

Após a fadiga muscular, houve um aumento da ativação muscular para quase todos os músculos em todos os percentis avaliados, com poucas exceções (P10 do TI e SA e para o P90 do TM e TI), para ambos homens e mulheres. O mesmo padrão foi observado para o *range* APDF₅₋₉₅ do TS-C, TS-A, SA e DA. A literatura tem mostrado aumento da amplitude do sinal eletromiográfico na presença de fadiga muscular (FEDOROWICH et al., 2013; FULLER et al., 2009; OTTO; EMERY; CÔTÉ, 2018; SRINIVASAN et al., 2016). Nossos resultados também mostraram um aumento na variabilidade da atividade muscular no período pós comparado ao período pré-fadiga para a maioria dos músculos avaliados (TS-C, TS-A, SA and DA), para ambos os grupos. Esses achados estão de acordo com estudos realizados anteriormente (CID et al., 2019; FEDOROWICH et al., 2013; MINN; CÔTÉ, 2018). Houve também uma

diminuição na variabilidade da atividade muscular do TM e TI no período pós comparado ao período pré-fadiga. Assim, nossos resultados sugerem que houve uma reorganização do padrão de variabilidade da atividade muscular na presença de fadiga muscular. A literatura tem mostrado que mudanças nas estratégias motoras durante tarefas fatigantes podem acontecer para manter o desempenho da mesma (SRINIVASAN; MATHIASSEN, 2012). Além disso, um aumento na variabilidade, como observado para a maioria dos músculos avaliados, pode representar um mecanismo compensatório para diminuir a carga imposta aos tecidos fadigados (SRINIVASAN; MATHIASSEN, 2012). Portanto, em geral nossos resultados indicam que a tarefa repetitiva simulada de fato induziu fadiga aos músculos do pescoço/ombro tanto para homens quanto para mulheres.

É importante ressaltar que nossos resultados podem trazer contribuições relevantes e inovadoras para um melhor entendimento de como as diferenças entre sexos no padrão de atividade muscular podem estar relacionadas à maior prevalência de LER/DORT em mulheres, uma vez que avaliamos uma tarefa repetitiva realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro. A tarefa repetitiva realizada nessa condição certamente impôs uma alta exposição aos músculos avaliados. Também realizamos análises adicionais para avaliar o padrão de atividade muscular ao longo de todo o período da tarefa, o que permitiu identificar se as diferenças entre sexos foram evidentes ao longo de toda tarefa ou apenas na presença de fadiga muscular. Assim, esses fatores metodológicos podem ser considerados um diferencial do estudo, uma vez que a maioria dos estudos realizados anteriormente avaliaram diferenças entre sexos durante tarefas repetitivas realizadas com o membro superior posicionado abaixo ou na altura do ombro e consideraram em suas análises apenas os períodos inicial e final da tarefa. Finalmente, algumas questões metodológicas devem ser consideradas. Nós avaliamos adultos jovens e saudáveis. Assim, a extrapolação dos nossos resultados para outras populações, como por exemplo idosos ou pessoas sintomáticas, não deve ser feita. Mais estudos com diferentes metodologias devem ser realizados para fornecer uma melhor compreensão das

diferenças entre sexos nos padrões de atividade muscular durante tarefas repetitivas fatigantes.

Conclusão

O desempenho de uma tarefa repetitiva avaliada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro, assim como as análises adicionais realizadas ao longo de toda a tarefa, evidenciaram novos achados em relação às diferenças entre sexos no padrão de ativação muscular da região de pescoço/ombro, especialmente em resposta à fadiga muscular induzida por uma tarefa repetitiva simulada. A variabilidade da atividade muscular do DA, obtida por meio do CV, aumentou após a fadiga muscular, mas apenas nos homens. Em geral, as mulheres apresentaram maior variabilidade da atividade muscular em relação aos homens, independentemente do período da tarefa. As análises qualitativas mostraram que os homens tiveram mais alterações no padrão de ativação muscular durante a tarefa do que as mulheres. Esses achados podem indicar que os homens possuem uma maior capacidade de adaptar suas estratégias motoras na região de pescoço/ombro para lidar com a tarefa, principalmente na presença de fadiga muscular. Por fim, as mulheres apresentaram maior ativação muscular em comparação aos homens. Esse achado pode indicar que a realização de uma tarefa repetitiva impôs uma maior sobrecarga às mulheres, o que pode ajudar a explicar a maior prevalência de LER/DORT nesta população.

Conclusão

Essa tese de doutorado buscou investigar as diferenças entre sexos na exposição biomecânica, considerando o padrão de atividade muscular e posturas adotadas na parte superior do corpo durante a realização de tarefas repetitivas e de baixa carga. A partir dos resultados trazidos pelos quatro estudos desenvolvidos, as conclusões são apresentadas a seguir.

A revisão sistemática (Estudo 1) incluiu 24 estudos primários e evidenciou que houve uma grande heterogeneidade nas variáveis de interesse avaliadas bem como nas análises realizadas. As variáveis mais frequentemente avaliadas pelos estudos primários incluídos foram o nível de ativação muscular e os ângulos articulares registrados durante a tarefa de interesse. De modo geral, os resultados mostraram que as mulheres apresentam maior nível de ativação muscular para todas as regiões do membro superior, independentemente da presença ou ausência de fadiga muscular. Ainda, considerando as alterações cinemáticas em resposta à fadiga muscular, os resultados evidenciaram maior diminuição da elevação do membro superior nos homens comparado à mulheres na presença de fadiga, indicando maior capacidade de adaptação às condições adversas causadas por tarefas repetitivas ocupacionais presente nos homens. As análises da qualidade de evidência por meio da abordagem GRADE indicaram nível de evidência classificado como muito baixo para todas as variáveis avaliadas e por isso, os resultados encontrados devem ser considerados com cautela. A baixa qualidade metodológica esteve associada ao tipo de estudos incluídos na revisão sistemática (apenas estudos observacionais), bem como a grande heterogeneidade observada nas variáveis avaliadas, tipos de análises realizadas e resultados encontrados.

O Estudo 2 mostrou poucas diferenças entre sexos no padrão de atividade muscular da região escapulotorácica durante uma atividade repetitiva de baixa carga realizada com o membro superior posicionado abaixo do nível do ombro. É possível que ainda que tenhamos avaliado uma tarefa bastante representativa do contexto ocupacional, a mesma não tenha imposto a sobrecarga necessária para que as diferenças entre sexos fossem evidenciadas de forma mais

consistente, uma vez que a tarefa foi realizada abaixo do nível do ombro. Ainda assim, foi evidenciado que as mulheres apresentaram maior ativação para os músculos trapézio superior (fibras acromiais) e serrátil anterior, independentemente do período da tarefa avaliado. Isto por sua vez, pode indicar que a tarefa impôs uma maior sobrecarga às estruturas musculoesqueléticas das mulheres, uma vez que elas trabalharam mais próximas de sua capacidade máxima, em termos de esforço muscular.

O Estudo 3 evidenciou algumas diferenças entre sexos nas posturas adotadas na parte superior do corpo durante a realização de tarefa repetitiva realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro, especialmente em resposta à fadiga muscular. Após a indução de fadiga muscular houve diminuição da postura de elevação do membro superior em ambos os sexos, porém essa diminuição foi maior para os homens. As análises qualitativas realizadas ao longo de toda a tarefa mostraram que essa diferença entre os sexos de fato foi mais evidente ao final da tarefa, ou seja, na presença de fadiga muscular. Esse resultado indica maior capacidade de adaptação das estratégias motoras adotadas por homens em resposta à fadiga muscular. Além disso, foi evidenciado que as mulheres apresentaram posturas menos neutras da cabeça e do pescoço do que os homens, independentemente do período da tarefa avaliado. Esses achados podem indicar maior risco de desenvolver desordens musculoesqueléticas na população feminina.

Por fim, o Estudo 4 evidenciou algumas diferenças entre sexos no padrão de atividade muscular da região de pescoço/ombro durante tarefa repetitiva realizada com o membro superior posicionado acima do nível do ombro, especialmente em resposta à fadiga muscular. Após a fadiga, houve aumento da variabilidade da atividade muscular do deltóide anterior, expressa pelo coeficiente de variação do sinal eletromiográfico, mas apenas nos homens. As análises qualitativas realizadas ao longo de toda a tarefa para essa variável evidenciaram que para os homens, de fato houve aumento da variabilidade ao longo da tarefa, sendo mais pronunciado ao final da tarefa, ou seja, na presença de fadiga muscular. Enquanto que para as mulheres o coeficiente de variação do deltóide anterior se manteve constante ao longo de toda a tarefa. Esse

achado evidencia uma maior capacidade de adaptação das estratégias motoras em resposta à fadiga muscular presente nos homens. Além disso, de modo geral as mulheres apresentaram uma maior ativação muscular bem como uma maior variabilidade da atividade muscular para os músculos da região de pescoço/ombro do que os homens, independentemente do período da tarefa avaliado. Esses achados podem indicar maior sobrecarga imposta pela tarefa, uma vez que as mulheres tiveram que trabalhar mais próximas de sua capacidade máxima, em termos de esforço muscular, e uma menor capacidade de adaptar suas estratégias motoras ao longo da tarefa, respectivamente.

Considerações Finais

Os resultados apresentados por essa tese contribuem para a melhor compreensão de como as diferenças biológicas e fisiológicas entre os sexos podem estar relacionadas com a maior prevalência de LER/DORT entre as mulheres. Esses achados podem guiar futuras pesquisas que busquem propor estratégias preventivas ou de tratamento de acordo com as especificidades de estratégias motoras utilizadas por homens e mulheres durante a realização de tarefas repetitivas de baixa carga. A partir desse ponto, futuros estudos devem considerar o grau de experiência de exposição a atividades ocupacionais repetitivas dos sujeitos da pesquisa (uma vez que foram avaliados adultos jovens e não necessariamente trabalhadores). A presença de sintomas musculoesqueléticos também deve ser abordada em investigações futuras.

Referências

- 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.
- ARVIDSSON, I. et al. Musculoskeletal disorders among female and male air traffic controllers performing identical and demanding computer work. **Ergonomics**, v. 49, n. 11, p. 1052–1067, 15 set. 2006.
- ATTEBRANT, M.; MATHIASSEN, S. E.; WINKEL, J. Normalizing upper trapezius EMG amplitude: Comparison of ramp and constant force procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 5, n. 4, p. 245–250, 1995.
- BENNIE, K. J. et al. Electromyographic activity of the human extensor carpi ulnaris muscle changes with exposure to repetitive ulnar deviation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 1–2, p. 5–12, 2002.
- BOSCH, T. et al. Temporal strategy and performance during a fatiguing short-cycle repetitive task. **Ergonomics**, v. 55, n. April 2013, p. 863–873, 2012.
- 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, 19 abr. 2018.
- BOUFFARD, J. et al. Sex differences in glenohumeral muscle activation and coactivation during a box lifting task. **Ergonomics**, v. 0, n. 0, p. 1–12, 2019.
- CHEN, H. C. et al. Ergonomic risk factors for the wrists of hairdressers. **Applied Ergonomics**, v. 41, n. 1, p. 98–105, 2010.
- 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, n. January, p. 1–10, 1 abr. 2019.
- CID, M. M. et al. Does sEMG normalization change results on sex differences in the activation of the shoulder girdle muscles during a simulated work task? **Applied Ergonomics**, v. 85, n. March 2019, 1 maio 2020a.
- 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, p. 109855, 23 jun. 2020b.
- COHEN, J. Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences. Academic

Press, New York, 1969.

COOLS, A. M. et al. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms.

Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, v. 17, n. 1, p. 25–33, 2007.

COTE, J. N. et al. Effects of fatigue on intermuscular coordination during repetitive hammering. **Motor control**, v. 12, n. 2, p. 79–92, 2008.

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**, v. 55, n. 2, p. 173–182, 2012.

CÔTÉ, J. N. Adaptations to Neck/Shoulder Fatigue and Injuries. In: Levin M. (eds) Progress in Motor Control. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, vol 826. Springer, New York, NY, 2014.

COWLEY, J. C.; GATES, D. H. Proximal and distal muscle fatigue differentially affect movement coordination. **PLoS ONE**, p. 1–17, 2017.

DRIUSSO, P. et al. Are there differences in short-term pelvic floor muscle function after cesarean section or vaginal delivery in primiparous women? A systematic review with meta-analysis. **International Urogynecology Journal**, v. 31, n. 8, p. 1497–1506, 15 ago. 2020.

EBAUGH, D. D.; MCCLURE, P. W.; KARDUNA, A. R. Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. **Clinical Biomechanics**, v. 20, p. 700–709, 2005.

EKSTROM, R.; SODERBERG, G. L.; DONATELLI, R. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 15, p. 418–428, 2005.

EMERY, K.; CÔTÉ, J. N. Repetitive arm motion-induced fatigue affects shoulder but not endpoint position sense. **Experimental Brain Research**, v. 216, n. 4, p. 553–564, 2012.

FALAVIGNA, M. et al. **Methodological guideline: GRADE System – Manual graduation quality of evidence and strength of recommendation for decision making process in health**. Brasília : Ministério da Saúde, 2014:

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia., 2014.

FARINA, D. et al. The change in spatial distribution of upper trapezius muscle activity is correlated to contraction duration. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 18, n. 1, p. 16–25, 2008.

FARINA, D.; MERLETTI, R.; ENOKA, R. M. The extraction of neural strategies from the surface EMG: an update. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 117, n. 11, p. 1215–30, dez. 2014.

FEDOROWICH, L. et al. Gender differences in neck/shoulder muscular patterns in response to repetitive motion induced fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 5, p. 1183–1189, out. 2013.

FULLER, J. R. et al. Posture-movement changes following repetitive motion-induced shoulder muscle fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 6, p. 1043–1052, 2009.

FULLER, J. R.; FUNG, J.; CÔTÉ, J. N. Time-dependent adaptations to posture and movement characteristics during the development of repetitive reaching induced fatigue. **Experimental Brain Research**, v. 211, n. 1, p. 133–143, 2011.

FURLAN, A. D. et al. 2009 updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Back Review Group. **Spine**, v. 34, n. 18, p. 1929–41, ago. 2009.

GARNER, S. H.; HICKS, A. L.; MCCOMAS, A. J. Prolongation of twitch potentiating mechanism throughout muscle fatigue and recovery. **Experimental Neurology**, v. 103, n. 3, p. 277–281, 1989.

GATES, D. H.; DINGWELL, J. B. Muscle fatigue does not lead to increased instability of upper extremity repetitive movements. **Journal of Biomechanics**, v. 43, n. 5, p. 913–919, 2011.

GE, H. Y. et al. Gender-specific differences in electromyographic changes and perceived pain induced by experimental muscle pain during sustained contractions of the upper trapezius muscle. **Muscle and Nerve**, v. 32, n. 6, p. 726–733, 2005.

GRIESHABER, D. C.; ARMSTRONG, T. J. Insertion loads and forearm muscle activity during flexible hose insertion tasks. **Human Factors**, v. 49, n. 5, p. 786–796, out. 2007.

GUSTAFSSON, E.; JOHNSON, P. W.; HAGBERG, M. Thumb postures and physical loads during mobile phone use - A comparison of young adults with and without musculoskeletal symptoms. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 127–135, fev. 2010.

HANSSON, G.-Å. et al. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. **Medical & biological engineering & computing**, v. 39, n. 4, p. 405–13, jul. 2001.

HANSSON, G. Å. et al. Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 16, n. 2, p. 125–136, 2006.

HERNANDES, E. et al. Using GQM and TAM to evaluate StArt – a tool that supports Systematic Review. *CLEI Electronic Journal*, v. 15, n. 1, 2012.

HIGGINS J. P. T.; THOMAS, J.; CHANDLER, J.; CUMPSTON, M.; LI, T.; PAGE, M. J.; WELCH, V. A. (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.0 (updated July 2019)*. **Cochrane**, 2019. Disponível em: <http://www.training.cochrane.org/handbook>.

HOSTENS, I.; RAMON, H. Assessment of muscle fatigue in low level monotonous task performance during car driving. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 15, n. 3, p. 266–274, 2005.

HUNTER, S. K. Sex Differences and Mechanisms of Task-Specific Muscle Fatigue. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 37, n. 3, p. 113–122, jul. 2009.

HUNTER, S. K. Sex differences in fatigability of dynamic contractions. **Experimental Physiology**, v. 101, n. 2, p. 250–255, 2016.

JANUARIO, L. B. et al. Effects of active pause pattern of surface electromyographic activity among subjects performing monotonous tasks: A systematic review. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 30, p. 196–208, 2016.

JANUARIO, L. B. et al. The coordination of shoulder girdle muscles during repetitive arm movements at either slow or fast pace among women with or without neck-shoulder pain. **Human Movement Science**, v. 55, n. December

2016, p. 287–295, 2017.

JANUARIO, L. B. et al. Can exposure variation be promoted in the shoulder girdle muscles by modifying work pace and inserting pauses during simulated assembly work? **Applied Ergonomics**, v. 66, p. 151–160, 2018.

JEONG, J.; GORE, J. C.; PETERSON, B. S. Mutual information analysis of the EEG in patients with Alzheimer's disease. **Clin. Neurophysiol.**, v. 112, p. 827–835, 2001.

JOHANSEN, T. I. et al. Gender effects on the coordination of subdivisions of the trapezius muscle during a repetitive box-folding task. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, p. 175–182, 2013.

JONNISON, B. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. **J Human Ergol**, v. 11, p. 73–88, 1982.

KAWCZYŃSKI, A. et al. Functional connectivity between core and shoulder muscles increases during isometric endurance contractions in judo competitors. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 6, p. 1351–1358, 30 jun. 2015.

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

KWOK, T.; WHITELOW, M. N. The use of armspan in nutritional assessment of the elderly. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 39, n. 5, p. 492–496, 1991.

LANG, A. E.; DICKERSON, C. R. Task intensity influences upper limb and torso kinematics during two common overhead Functional Capacity Evaluation tasks. **Work**, v. 58, n. 2, p. 121–134, 2017.

LARSSON, B.; SØGAARD, K.; ROSENDAL, L. Work related neck – shoulder pain : a review on magnitude , risk factors , biochemical characteristics , clinical picture and preventive interventions. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, v. 21, n. 3, p. 447–463, 2007.

LATASH, M. L.; SCHOLZ, J. P.; SCHÖNER, G. Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 30, n. 1, p. 26–31, jan. 2002.

LEWIS, C.; MATHIASSEN, S. E. State of knowledge report, physical work,

gender, and health in working life. **Stockholm: Swedish Work Environment Authority**, 2013.

LOMOND, K. V.; CÔTÉ, J. N. Movement timing and reach to reach variability during a repetitive reaching task in persons with chronic neck/shoulder pain and healthy subjects. **Experimental Brain Research**, v. 206, n. 3, p. 271–282, 2010.

LOMOND, K. V.; CÔTÉ, J. N. Differences in posture-movement changes induced by repetitive arm motion in healthy and shoulder-injured individuals. **Clinical Biomechanics**, v. 26, n. 2, p. 123–129, 2011.

MACIUKIEWICZ, J. M. et al. Characterization of cashier shoulder and low back muscle demands. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 59, p. 80–91, 1 maio 2017.

MADELEINE, P. et al. The effects of neck-shoulder pain development on sensory-motor interactions among female workers in the poultry and fish industries. A prospective study. **International archives of occupational and environmental health**, v. 76, n. 1, p. 39–49, fev. 2003.

MADELEINE, P. On functional motor adaptations: From the quantification of motor strategies to the prevention of musculoskeletal disorders in the neck-shoulder region. **Acta Physiologica**, v. 199, p. 1–46, 2010.

MADELEINE, P. et al. Changes in the spatio-temporal organization of the trapezius muscle activity in response to eccentric contractions. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 2, p. 277–286, 2011.

MADELEINE, P. et al. Effects of chronic neck-shoulder pain on normalized mutual information analysis of surface electromyography during functional tasks. **Clinical Neurophysiology** Effects of chronic neck – shoulder pain on normalized mutual information analysis of surface elect. **Clinical Neurophysiology**, v. 127, n. 9, p. 3110–3117, 2016.

MADELEINE, P.; MATHIASSEN, S. E.; ARENDT-NIELSEN, L. Changes in the degree of motor variability associated with experimental and chronic neck-shoulder pain during a standardised repetitive arm movement. **Experimental Brain Research**, v. 185, n. 4, p. 689–698, 2008.

MARKER, R. J. et al. Upper trapezius muscle activity in healthy office workers:

reliability and sensitivity of occupational exposure measures to differences in sex and hand dominance. **Ergonomics**, v. 59, n. 9, p. 1205–1214, 1 set. 2016.

MARTINEZ-VALDES, E. et al. Surface electromyographic amplitude does not identify differences in neural drive to synergistic muscles. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 124, n. 4, p. 1071–1079, abr. 2018.

MARTINEZ, R. et al. Sex differences in upper limb 3D joint contributions during a lifting task. **Ergonomics**, v. 62, n. 5, 2019.

MATHIASSEN, S. E.; WINKEL, J.; HÄGG, G. M. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 5, n. 4, p. 197–226, 1995a.

MATHIASSEN, S. E.; WINKEL, J.; HÄGG, G. M. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 5, n. 4, p. 197–226, dez. 1995b.

MAYER, J.; KRAUS, T.; OCHSMANN, E. Longitudinal evidence for the association between work-related physical exposures and neck and / or shoulder complaints : a systematic review. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, p. 587–603, 2012.

MCDONALD, A. C.; MULLA, D. M.; KEIR, P. J. Muscular and kinematic adaptations to fatiguing repetitive upper extremity work. v. 75, n. November 2018, p. 250–256, 2019.

MEYLAND, J. et al. Sex differences in muscular load among house painters performing identical work tasks. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 9, p. 1901–1911, 7 set. 2014.

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, 1 out. 2018.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, 2009.

MOOLA, S. et al. Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk. In:

Aromataris E, Munn Z (Editors). Joanna Briggs Institute Reviewer's Manual. The Joanna Briggs Institute. [s.l: s.n.].

MUCELI, S.; FALLA, D.; FARINA, D. Reorganization of muscle synergies during multidirectional reaching in the horizontal plane with experimental muscle pain. **Journal of Neurophysiology**, v. 111, n. 8, p. 1615–1630, 2014.

NOGUEIRA, H. C. et al. Can experience modulate handler responses to boxes designed to decrease musculoskeletal load ? **Ergonomics**, v. 0139, p. 1–9, 2017.

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.

NORDANDER, C. et al. Exposure-response relationships for work-related neck and shoulder musculoskeletal disorders--Analyses of pooled uniform data sets. **Applied ergonomics**, v. 55, p. 70–84, jul. 2016.

NORDANDER, H. C. Influence of the subcutaneous fat layer , as measured by ultrasound , skinfold calipers and BMI , on the EMG amplitude. p. 514–519, 2003.

NUSSBAUM, M. A. et al. Fatigue and endurance limits during intermittent overhead work. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 62, n. 4, p. 446–456, 2001.

O'SULLIVAN, L. W.; GALLWEY, T. J. **Effects of gender and reach distance on risks of musculoskeletal injuries in an assembly task****International Journal of Industrial Ergonomics**. [s.l: s.n.].

OFLUOGLU, D.; UNLU, F.; AKYUZ, G. Relationship between arm span and height in postmenopausal osteoporotic women. **Rheumatology International**, p. 737–741, 2008.

OHLSSON, K.; ATTEWELL, R.; SKERFVING, S. Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. Impact of length of employment, work pace, and selection. **Scandinavian Journal of Work, Environment and Health**, v. 15, n. 1, p. 75–80, 1989.

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, n. September, p. 140–147, 1 dez. 2018.

OTTO, A.; EMERY, K.; CÔTÉ, J. N. Sex differences in perceptual responses to experimental pain before and after an experimental fatiguing arm task. **Biology of Sex Differences**, p. 1–10, 2019.

PHADKE, V.; CAMARGO, P. R.; LUDEWIG, P. M. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation : A review of normal function and alterations with shoulder impingement. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 13, n. 1, p. 1–9, 2009.

PUNNETT, L.; WEGMAN, D. H. Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 14, n. 1, p. 13–23, 2004.

RICHARDS, M. C. et al. The effectiveness of physiotherapy functional restoration for post-acute low back pain: A systematic review. **Manual Therapy**, v. 18, n. 1, p. 4–25, 2013.

ROSATI, P. M.; CHOPP, J. N.; DICKERSON, C. R. Investigating shoulder muscle loading and exerted forces during wall painting tasks: Influence of gender, work height and paint tool design. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 4, p. 1133–1139, 2014.

SAMANI, A. et al. Variability in spatio-temporal pattern of trapezius activity and coordination of hand-arm muscles during a sustained repetitive dynamic task. **Experimental Brain Research**, v. 235, n. 2, p. 389–400, out. 2017.

SCHÜNEMANN, H.; BROŽEK, J.; GUYATT, G.; OXMAN, A. editors. Handbook for grading the quality of evidence and the strength of recommendations using the GRADE approach. Updated October 2013. **The GRADE Working Group**, 2013.

SENEFELD, J. et al. Fatigue and recovery from dynamic contractions in men and women differ for arm and leg muscles. **Muscle & Nerve**, v. 48, n. 3, p. 436–439, set. 2013.

SRINIVASAN, D. et al. Gender differences in fatigability and muscle activity responses to a short-cycle repetitive task. **European Journal of Applied**

Physiology, v. 116, n. 11–12, p. 2357–2365, 14 dez. 2016.

SRINIVASAN, D.; MATHIASSEN, S. E. Motor variability in occupational health and performance. **Clinical Biomechanics**, v. 27, n. 10, p. 979–993, 2012.

STEELE, K. M.; TRESCH, M. C.; PERREAULT, E. J. Consequences of biomechanically constrained tasks in the design and interpretation of synergy analyses. **Journal of Neurophysiology**, v. 113, n. 7, p. 2102–2113, 2015.

STRAKER, L. et al. The influence of desk and display design on posture and muscle activity variability whilst performing information technology tasks. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 5, p. 852–859, 2009.

STRØM, V.; RØE, C.; KNARDAHL, S. Work-induced pain, trapezius blood flux, and muscle activity in workers with chronic shoulder and neck pain. **Pain**, v. 144, n. 1–2, p. 147–155, jul. 2009.

SZETO, G. P. Y.; STRAKER, L. M.; O’SULLIVAN, P. B. Examining the low, high and range measures of muscle activity amplitudes in symptomatic and asymptomatic computer users performing typing and mousing tasks. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 243–251, 2009.

TENAN, M. S.; HACKNEY, A. C.; GRIFFIN, L. Entrainment of vastus medialis complex activity differs between genders. **Muscle Nerve** 53 (4), 633–640, 2016

TENAN, M. S.; PENG, Y.; HACKNEY, A. C.; GRIFFIN, L. Menstrual cycle mediates vastus medialis and vastus medialis oblique muscle activity. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 45, n. 11, p. 2151-7, 2013.

VEIERSTED, K. B.; WESTGAARD, R. H.; ANDERSEN, P. Electromyographic evaluation of muscular work pattern as a predictor of trapezius myalgia. **Scandinavian Journal of Work, Environment and Health**, v. 19, n. 4, p. 284–290, 1993.

VERNILLO, G. et al. Mechanisms of Fatigue and Recovery in Upper versus Lower Limbs in Men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 2, p. 334–343, fev. 2018.

WANG, M. J. J. et al. Torque levels, subjective discomfort, and muscle activity associated with four commercially available screwdrivers under static and dynamic work conditions. **Perceptual and Motor Skills**, v. 102, n. 2, p. 291–301, abr. 2006.

WIKER, S. F.; CHAFFIN, D. B.; LANGOLF, G. D. Shoulder posture and localized muscle fatigue and discomfort. **Ergonomics**, v. 32, p. 211–237, 1989.

WIKER, S. F.; LANGOLF, G. D.; CHAFFIN, D. B. Arm Posture and Human Movement Capability. **Human Factors**, v. 31, n. 4, p. 421–441, 1989.

WINTER, D. A. Processing of Raw Kinematic Data. In: Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 2nd ed. **John Wiley & Sons**, Michigan, MI, pp. 296–299, 1990.

WON, E. J. et al. Upper extremity biomechanics in computer tasks differ by gender. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 3, p. 428–436, jun. 2009.

YANG, C. et al. Changes in movement variability and task performance during a fatiguing repetitive pointing task. **Journal of Biomechanics**, v. 76, p. 212–219, 2018.

YANG, C.; LEITKAM, S.; COTÉ, J. N. Effects of different fatigue locations on upper body kinematics and inter-joint coordination in a repetitive pointing task. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, p. 1–14, 2019.

YANG, J. F.; CHO, C. Y. Comparison of posture and muscle control pattern between male and female computer users with musculoskeletal symptoms. **Applied Ergonomics**, v. 43, n. 4, p. 785–791, 2012.

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.

ZUNIGA, A. M. F.; CÔTÉ, J. N. Effects of Dual Monitor Computer Work Versus Laptop Work on Cervical Muscular and Proprioceptive Characteristics of Males and Females. **Human factors**, v. 59, n. 4, p. 546–563, 2017.