

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

TESE DE DOUTORADO

**Exposição biomecânica durante o manuseio de caixas em ambiente real e simulado
com trabalhadores industriais**

Helen Cristina Nogueira

São Carlos

2016

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

TESE DE DOUTORADO

**Exposição biomecânica durante o manuseio de caixas em ambiente real e simulado
com trabalhadores industriais**

Helen Cristina Nogueira

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

Orientadora: Profa. Dra. Ana Beatriz Oliveira

Apoio Financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Carlos (FAPESP):

Bolsa de Doutorado Regular - Processo 2013/04839-5

Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) - Processo 2015/12493-7

**Apoio Financeiro Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
(CNPq):** Bolsa de Doutorado Regular (Processo162324/2012-0) vigência de 01/12/2012 –
01/08/2013

São Carlos

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N778e Nogueira, Helen Cristina
Exposição biomecânica durante o manuseio de caixas em ambiente real e simulado com trabalhadores industriais / Helen Cristina Nogueira. -- São Carlos : UFSCar, 2017.
50 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2016.

1. Fisioterapia. 2. Postura. 3. Distúrbios musculoesqueléticos. 4. Membro superior. 5. Eletromiografia. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

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

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Helen Cristina Nogueira, realizada em 18/11/2016:

Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira
UFSCar

Profa. Dra. Leticia Carneiro
USC

Profa. Dra. Rosimeire Simprini Padula
UNICID

Prof. Dr. Rodrigo Luiz Carregaro
UnB

Profa. Dra. Roberta de Fátima Carneira Moreira Padovez
UFSCar

Dedicatória

Dedico essa tese aos meus pais Heitor e Marcia e à minha irmã Mariana que iluminam o caminho da minha vida. Desde os tempos de criança, o incentivo à mera alfabetização até a expectativa de que eu pudesse cursar o ensino superior deram o suporte prazeroso e contínuo dos meus estudos. Cada fase foi sempre muito estimulada e comemorada em dobro, pela falta de oportunidades dos meus pais à escola superior. Diferente de pais titulados profissionalmente, eu tive o privilégio de ter pais com saberes e valores indescritíveis. A confiança em mim, mesmo sem entenderem muitas das minhas escolhas, foi essencial para a minha formação. No início do curso de doutorado, quando meu pai partiu tão repentinamente, não tive dúvidas em continuar os estudos. Afinal, eu e Mariana somos pedacinhos de pessoas que ensinaram tudo o que os filhos precisam aprender como: amor, liberdade, otimismo e que viver é preciso. E que a forma como vamos trilhar a caminhada da vida pode ser maravilhosa, mas isso só depende de como nós vamos percorrer os trilhos dessa estrada. Minha irmã: sua alegria, otimismo e coragem me dão a certeza dessa herança tão preciosa que temos. Gratidão, amor e esperança de que os laços de amor nunca morrerão guiaram essa tese e regem a minha vida!

*“Sou eu quem vou seguir você
do primeiro rabisco até o bê-a-bá
em todos os desenhos coloridos vou estar
a casa, a montanha, duas nuvens no céu
e um sol a sorrir no papel
Sou eu que vou ser seu colega,
seus problemas ajudar a resolver
lhe acompanhar nas provas bimestrais, você vai ver
Serei de você confiante fiel,
se seu pranto molhar meu papel
Sou eu que vou ser seu amigo,
Vou lhe dar abrigo, se você quiser
Quando surgirem seus primeiros raios de mulher
A vida se abrirá num feroz carrossel
E você vai rasgar meu papel
O que está escrito em mim comigo
Ficará guardado, se lhe dá prazer
A vida segue sempre em frente, o que se há de fazer
Só peço a você um favor, se puder
Não me esqueça num canto qualquer”*

Toquinho

Agradecimento especial

Gostaria de enfatizar bastante nesta tese minha gratidão e reconhecimento de toda ajuda e dedicação da **Profa Ana Beatriz** a de seu grupo de pesquisa, o querido **LACO**. Após quase três anos de doutorado, antes de ir para o estágio no exterior, eu tinha a sensação de que não tinha feito meu doutorado, mesmo estando com as coletas de dados feitas e submetido o primeiro estudo. **Bia** sempre me sugerindo desafios, e me impulsionando para o aprendizado contínuo, acreditou que eu fosse capaz de superar barreiras, que nem mesmo eu acreditava. Diante de tantos transtornos emocionais no início do doutorado não tenho palavras para agradecer tanta compreensão, solidariedade e amparo que Bia e todos seus alunos destinaram a mim. Depois de ter a experiência fora do LACO eu pude perceber o quanto esse grupo foi generoso, comprometido e parceiro com meus estudos e meus desafios pessoais. Além de todo esse suporte com as minhas causas, confiaram em meu trabalho, e pude ter o privilégio de colaborar com diversas coletas de dados. As discussões científicas dos estudos em parceria foram muito construtivas para a minha formação acadêmica. **Bia** obrigada por confiar neste grupo. **Dechristian** obrigada por ser meu braço direito desde o mestrado, por me aconselhar e me direcionar tanto. **Francisco** obrigado pelas inúmeras coletas, por acreditar no meu trabalho e pelos momentos de diversão indescritíveis. **Letícia Calixtre**, minha amiga do coração, por quem eu compro a briga e que é minha grande ouvinte e conselheira muito obrigada por tudo. **Leticia Bergamin** muito obrigada pelas ajudas com EMG, pelo convívio tão alegre e por me acolher sempre. **Roberta** eu diria que você e nossa querida amiga Liz são luz na minha vida! **Marina**, nossa mascote, obrigada por trazer tanta paz e acalento pro lab. **Bruno** obrigada pelo apoio mesmo que mais distante. **Lianna** obrigada por nos compreender e por ser tão prestativa principalmente nas crises de dor cervical. Vocês são mais do que colegas de laboratório. Levo cada um em meu coração. Espero que nossa amizade e parceria profissional continuem pra sempre.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, mas graças a Deus, não somos o que éramos antes”.

Martin Luther King

Agradecimentos

A Deus por sua infinita misericórdia que me rodeou de pessoas tão capacitadas e generosas para a realização desta tese. Obrigada por nunca me deixar desistir, por me amparar e motivar a minha fé e desejo de estar em paz durante esse período.

Agradeço ao meu namorado Marcelo por todo apoio desde a minha graduação, me incentivando sempre a realizar o doutorado. Apesar de toda sua objetividade, por não permitir doses excessivas de descontentamentos e por ser contra a algumas escolhas profissionais conseguimos superar as diferenças e encontrar pontos de equilíbrio graças ao que sentimos um pelo outro. Marcelo teve grande participação nesta tese nas minhas análises estatísticas, e nas tentativas de me ensinar modelos de regressão múltipla. Antes de amar, respeitar e querer compartilhar uma vida ao seu lado eu sinto muita gratidão e admiração pelo Marcelo profissional e cidadão. Aprendo diariamente com ele muitos valores éticos e sociais, que impulsionam minhas perspectivas pessoais e profissionais. Que os voos sejam alçados juntos daqui pra frente, e que tenhamos sempre um ao outro para amar.

Agradeço os meus avós, tios, primos, amigos da minha família pela preocupação e amor destinados durante todo período da minha formação. Em especial, agradeço o meu tio Valtinho por todo apoio, carinho e dedicação que destina à minha família. Agradeço também, toda a família do Marcelo, principalmente seus pais Henildes e Luiz Antônio (*Brasa*) pelo incentivo, carinho e por me acolherem como filha.

Aos amigos pra vida toda e afilhados de São Manuel (Fer, Jota, Marcela e Marquinho) agradeço por tantos momentos de diversão e por cultivarem os valores de uma amizade leve, sincera e feliz!

A minha amiga de todas as horas Roberta por dedicar ajudas que extrapolam os limites da amizade, por me aproximar da religiosidade juntamente com a Fabi e por tornar minha vida tão cheia de esperança e alegria. Não tenho palavras para agradecer todo seu incentivo para a realização desta tese. Na minha vida pessoal você contribuiu para que eu sempre supere o que for me dado com a certeza dos planos divinos em minha vida. Agradeço inclusive a família da Roberta por tanto acolhimento e orações destinadas a mim. Agradeço com muito carinho minha amiga e afilhada Melina por estar tão presente e por destinar tanta atenção e apoio em varias esferas da minha vida.

Os pequenos Pedro e Diogo são meninos muito amados, que nos enchem de alegria e me fazem sentir muito orgulho de vocês agora como mães. Roberta e Melina vocês são amigas muito especiais.

As queridas amigas desde a época das disciplinas do mestrado Melina, Fabi, Ivana, Catarina, grupo LACO, a todos os amigos vizinhos de laboratório e a Iolanda pelo divertido convívio. Agradeço cada conselho, ajuda, café e bolos que sempre serviram de motivação e alegria durante o doutorado.

Agradeço a todos os Professores e Funcionários do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, que de alguma forma colaboraram com meu aprendizado e com o desenvolvimento desta tese.

Ao Professor Dr. Nussbaum e as secretárias Susan, Dot, Rhonda e Teresa que me acolheram na *Virginia Tech – ISE* com tanto empenho para que eu aproveitasse ao máximo o período de estágio sanduiche. Aos queridos amigos Krissy, Juan, Carmen e Louisi que jamais esquecerei.

Agradeço aos membros da banca pela disponibilidade em estarem presentes e contribuírem para a finalização deste trabalho.

Agradeço a FAPESP e ao CNPq pelo apoio financeiro.

“When I find myself in times of trouble

Mother Mary comes to me

Speaking words of wisdom, let it be”.

John Lennon e Paul McCartney

RESUMO

Os riscos musculoesqueléticos do manuseio de caixas podem ser minimizados a partir da adoção de medidas preventivas, como a inserção de alças em caixas. No entanto, a literatura aponta que a aquisição de habilidades motoras, ao longo do tempo de trabalho, também pode ser um fator protetor no desencadeamento de lesões musculoesqueléticas. Dessa forma, o Estudo 1 teve como objetivo avaliar a carga física dos membros superiores e do tronco superior imposta à 37 sujeitos inexperientes e 21 experientes durante o manuseio de um novo design de caixa, comparado às caixas comerciais. A ordem do ajuste das superfícies onde as caixas foram depositadas (chão e ombro) e da utilização das caixas foi randomizada. Além de medidas diretas (eletrogoniometria, inclinometria e eletromiografia) foram utilizadas escalas para avaliação da agradabilidade e do esforço percebido. Em linhas gerais, tanto os sujeitos experientes como os não experientes apresentaram menor carga biomecânica durante o manuseio das caixas não comerciais comparadas às comerciais. No entanto, os inexperientes demonstraram maiores reduções da sobrecarga física durante o manuseio das caixas não comerciais, sendo mais vantajosa a recomendação dessas caixas para esse perfil de usuário. O contexto real de trabalho, o manuseio de caixas nos países em desenvolvimento é altamente rotativo. Dessa forma, intervenções na caixa poderiam favorecer os trabalhadores, que podem ter diferentes níveis de experiência com o trabalho. No entanto, o ambiente real de trabalho envolve outras tarefas além do manuseio de caixas, e a forma como as tarefas são distribuídas ao longo do tempo poderiam minimizar os riscos do manuseio. Dessa forma, o estudo 2 foi proposto para avaliar a exposição física em ambiente real, onde além do manuseio de caixas os trabalhadores realizam outras atividades, a fim de identificar a representatividade do manuseio na exposição total do trabalho. A exposição foi avaliada a partir do registro da atividade elétrica muscular do trapézio e dos movimentos do membro superior durante um período de 4h da jornada de trabalho. Os resultados demonstraram que o manuseio de caixas exigiu a maior ativação do trapézio em relação às demais atividades realizadas, particularmente nas cargas de pico (percentis 90 e 99 da APDF – *Amplitude Probability Distribution Function*). Cálculos do tamanho do efeito identificaram que a magnitude da diferença entre as tarefas é grande, principalmente nas cargas de pico. Já em relação ao trabalho total, o manuseio de caixas se diferiu pelas maiores amplitudes da postura de flexão anterior da coluna superior e de elevação do membro superior esquerdo. Dessa forma, o manuseio de caixas requer intervenções para diminuição da sobrecarga física em ambiente real de trabalho, a fim de promover saúde ocupacional, como identificado em ambiente simulado por outros estudos. As conclusões desta tese são referentes à importância de se considerar o perfil de tempo de experiência dos trabalhadores, bem como a necessidade de avaliações da exposição do trabalho envolvendo todas as tarefas realizadas, enfatizando a importância de estudos realizados com trabalhadores e no ambiente real de trabalho.

Palavras-chave: fisioterapia, prevenção, postura, manuseio de materiais, distúrbios musculoesqueléticos, membro superior, eletromiografia.

ABSTRACT

Musculoskeletal risks involving manual box handling can be minimized with the adoption of preventive approaches such as the inclusion of handles in boxes. However, the literature indicates the acquisition of motor skills over working time, can also be a protective factor in development of musculoskeletal disorders. Thus, the study 1 aimed to evaluate the physical load of the upper arms and upper back between 37 novice and 21 experienced subject during handling a new box design compared to commercial ones. The order of surfaces to handle (places to boxes depositions – floor and shoulder levels) and the type of box was randomized. In addition to direct measures (electrogoniometry, inclinometry and electromyography) subjective scales were used to assess the comfort and perceived effort. In general, both experienced and inexperienced subjects had lower biomechanics load handling non-commercial boxes compared to commercial ones. However, the inexperienced subjects demonstrated greater reductions in physical overload during the handling of non-commercial boxes, being more advantageous the recommendation of these boxes for this user profile. In the real work setting, handling boxes is highly rotating mainly in developing countries. Thus, interventions focus on boxes could help the workers, who may have different levels of experience with the job. However, the real work environment involves other tasks besides handling box, and tasks distribution over time could minimize the handling risks. In this way, the study 2 has been proposed to assess the physical exposure in real environment, where in addition to handling box workers perform other activities, aiming to identify the representative handling task in the total work exposure. The biomechanical exposure was assessed from muscular electrical activity of trapezius and upper limb movement recordings during a period of 4 hours to the work routine. The results showed that handling box task required the greater activation of the trapezius in relation to other activities, particularly in peak loads (percentiles 90 and 99 APDF - Amplitude Probability Distribution Function). Effect size calculations have identified the magnitude of the difference between the tasks is large, particularly in peak loads. In relation to the total job, handling box differed by greater amplitudes of upper back forward flexion and left arm elevation postures. Thus, the handling task requires interventions to decrease the physical load in a real work environment in order to promote occupational health, as identified in simulated environment by other studies. The conclusions of this thesis are related to the importance of considering the profile of workers' experience and the need to assessment work exposure involving all tasks performed, emphasizing the importance of studies involving workers in the real working environment.

Keywords: physical therapy, prevention, posture, manual material handling, musculoskeletal disorders, upper limb electromyography.

SUMÁRIO

1. Contextualização.....	5
2. Estudo 1.....	8
Resumo.....	9
Introdução.....	10
Métodos.....	11
Resultados.....	16
Discussão.....	22
3. Estudo 2.....	25
Resumo.....	26
Introdução.....	27
Métodos.....	28
Resultados.....	31
Discussão.....	34
Conclusão.....	38
4. Atividades desenvolvidas no período.....	39
5. Considerações finais.....	40
6. Referências bibliográficas.....	43
7. Anexos.....	50
Comprovante de submissão do estudo 2.....	50

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A literatura dispõe de estudos que permitem associar o manuseio de caixas com o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos (Chaffin e Park, 1973; Ayoub, 1992; Straker, 1999; Yeung et al, 2002). Observa-se diversos fatores envolvidos no desencadeamento de distúrbios musculoesqueléticos, principalmente na coluna lombar, decorrentes da prescrição dos procedimentos de trabalho, equipamentos utilizados, ambiente ocupacional, contexto social, fatores organizacionais, físicos e psicológicos, além de atividades não relacionadas ao trabalho (Marras, 2000). Desta forma, fica claro que a abordagem preventiva deve consistir em uma avaliação biomecânica ampla do contexto de trabalho, com o objetivo de reduzir e controlar os acometimentos pela relevância deste tipo de trabalho em diversos contextos socioeconômicos.

Nos países desenvolvidos, o manuseio de materiais está mais relacionado à indústria alimentícia, que requer transportes mais cuidadosos e seletivos. Enquanto nos países em desenvolvimento, diversos setores industriais, comerciais e da construção civil requerem o manuseio de materiais. Devido aos altos índices de rotatividade do trabalho e da falta de notificações registradas, o contexto de países em desenvolvimento não fornece os reais números de acometimentos musculoesqueléticos. Historicamente, a coluna vertebral era a região mais estudada pelos índices de lesões, no entanto estudos mais recentes também destacam os acometimentos nos membros superiores (Marras et al. 2000; Hansson et al, 2010; Oliveira et al. 2011; Bosch et al, 2011; Silva et al. 2013; Nordander et al, 2016).

Os principais objetivos desta tese foram identificar as possíveis estratégias para redução da carga biomecânica imposta ao sistema musculoesquelético durante o manuseio de cargas, haja vista sua presença indispensável em diversos setores de trabalho e a inviabilidade da automação frente aos altos custos financeiros. Estudos prévios do grupo de pesquisa, em ambiente simulado, foram mais voltados para os riscos envolvidos com a magnitude da carga manuseada e os locais de deposição. Os resultados apontaram que o incremento da carga e alturas de manuseio acima dos ombros geravam piores condições biomecânicas para o trabalho (Oliveira et al. 2011). Em seguida a investigação foi para o local de preensão mais utilizado pelos sujeitos avaliados. Observou-se que a região látero-inferior das caixas era preferida, independente da experiência dos sujeitos (Oliveira et al. 2012). Surgiu então, a hipótese de redução dos riscos através da implementação de alças nas caixas já bem descritas

em estudos mais antigos (Rigby,1973; Drury, 1980; Garg and Saxena, 1980; Jung & Jung, 2003). Em ambiente simulado, sujeitos inexperientes com o trabalho de manuseio de caixas foram avaliados durante a manipulação de diferentes desenhos de caixas, classificadas em comerciais e não comerciais. As ultimas foram desenhadas com o objetivo de disponibilizar manoplas para reduzir a carga física imposta pelo manuseio de cargas (Silva et al.2013). Os resultados desse estudo identificaram redução da carga física imposta pelo manuseio de caixas, a partir do uso das caixas não comerciais.

Contudo, a aquisição de estratégias motoras desenvolvidas pelos próprios trabalhadores, ao longo dos anos de trabalho, poderia sobrepor às vantagens e os custos dos novos desenhos de caixas testados (Gagnon, 2005). Estudos sugerem que os sujeitos com tempo de trabalho de 5 à 10 anos na mesma função podem ser classificados como experientes (Gagnon et a, 2000; Plamondon et al, 2013). O treinamento adquirido pelo tempo de trabalho possibilita a aquisição de estratégias motoras protetoras, do ponto de vista biomecânico, como maior variabilidade no padrão dos movimentos, inclinação da caixa e movimentos antecipatórios dos pés em relação ao local de deposição da caixa. Dessa forma, o principal objetivo do Estudo 1 foi comparar a carga biomecânica nos membros superiores entre sujeitos experientes e inexperientes durante o manuseios de caixas comerciais e não comerciais (novo desenho de caixa, que visa reduzir a carga musculoesquelética dos membros superiores) em ambiente simulado.

Já nos contextos reais de trabalho, devido à alta rotatividade de trabalhadores nos setores de manuseio de materiais a aquisição de treinamento ao longo do tempo de trabalho é restrita. Dessa forma, uma empresa pode trabalhar com diferentes perfis de treinamento. Além disso, a variabilidade das atividades realizadas pelos trabalhadores dificulta a identificação da representatividade do manuseio de cargas na exposição física geral dos trabalhadores. Conseqüentemente, o conhecimento do nível de carga física imposta pelas tarefas é muito importante, não só para identificar os riscos, mas também para avaliar o efeito das intervenções propostas no contexto de trabalho. Até a presente data não foram encontrados na literatura estudos que abordassem o manuseio de cargas em relação à exposição biomecânica do trabalho total. Em geral, estudos desta natureza são destinados à investigação do trabalho repetitivo.

Para o estudo da real exposição física de trabalhadores a literatura sugere tempos prolongados de coletas em ambiente ocupacional, a fim de estabelecer a duração das tarefas e

não negligenciar as diversas atividades envolvidas para realizar a tarefa imposta (Trask et al, 2008; Mathiassen et al, 2003). A variabilidade na exposição física, ou seja, a diversificação de demandas físicas de tarefas tem sido apontada como uma estratégia positiva para controle da carga física. No entanto, Mathiassen (2006) sugere limitação na evidência que sustenta a hipótese de melhora na saúde musculoesquelética associada à maior variação na exposição. Considerando a carência de estudos que avaliam a exposição física durante o manuseio de cargas em relação às demais atividades também realizadas pelos trabalhadores no contexto industrial, os objetivos do Estudo 2 foram: avaliar a exposição biomecânica dos membros superiores e coluna superior por medidas diretas e indiretas de trabalhadores que realizam atividades de manuseio de carga durante um período da jornada de trabalho; identificar as cargas de trabalho do manuseio em relação a demais atividades realizadas e a variação das tarefas.

2. ESTUDO 1

A experiência modula respostas do trabalhador à caixas desenhadas para diminuir a sobrecarga musculoesquelética?

Helen Cristina Nogueira^a; Luciana Cristina da Cunha Bueno Silva^a; Helenice Jane Cote Gil Coury^a; Dechristian França Barbieri^a; Ana Beatriz de Oliveira^{a*} **Can experience modulate handler responses to boxes designed to decrease musculoskeletal load?**

Artigo publicado no periódico Ergonomics

August 2016

DOI: 10.1080/00140139.2016.1218942

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a carga biomecânica, durante o manuseio de quatro modelos de caixa, considerando um modelo de caixa comercial, uma caixa comercial com pegas superiores, caixas não-comerciais com um recuo sobre as extremidades inferiores, e não comercial caixa com pegas superiores, com trabalhadores experientes em comparação com os inexperientes. Um grupo de 37 sujeitos inexperientes e outro de 21 trabalhadores experientes manusearam as caixas ao nível da altura do ombro de cada sujeito e ao nível do chão. A carga biomecânica nos membros superiores foi investigada através da postura (eletrogoniometria e inclinometria) e registros de EMG. Imediatamente após o manuseio de cada caixa, os trabalhadores responderam a um questionário subjetivo para avaliar os níveis de conforto e de esforço percebidos. Em geral, os trabalhadores experientes realizaram as tarefas com menores amplitudes de movimento. Por outro lado, a atividade eléctrica muscular foi semelhante entre os grupos, exceto quando as caixas não comerciais foram manuseadas em alturas não favoráveis a adaptação proposta. O nível de conforto percebido foi maior durante o manuseio da caixa não comercial em relação à comercial, independentemente do grupo. As vantagens do manuseio da caixa não comercial foram identificadas tanto pelos sujeitos experientes quanto pelos inexperientes nas avaliações diretas e indiretas da carga física. No entanto, os trabalhadores experientes não demonstraram a mesma vantagem, na redução da carga física durante o manuseio da nova proposta de caixa, como sujeitos inexperientes demonstraram.

Palavras-chave: manuseio de materiais; alças; trabalhadores experientes e inexperientes; biomecânica; saúde ocupacional.

Introdução

O manuseio de materiais ainda está presente em diferentes setores de trabalho, apesar dos avanços tecnológicos e de sua associação com o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos (Jung e Jung 2010). Embora a grande maioria dos estudos disponíveis na literatura associe o manuseio de materiais com um aumento na sobrecarga da coluna vertebral, estudos mais recentes também indicam o possível comprometimento de outras regiões corporais, como os membros superiores. Dessa forma, novos estudos devem investigar esses outros segmentos corporais susceptíveis de distúrbios musculoesqueléticos (Golriz and Walker 2011; Muslim and Nussbaum 2014).

A implementação de alças em caixas são sugeridas como uma forma de reduzir o estresse biomecânico em determinados locais corporais durante o manuseio de caixas. Tais dispositivos poderiam ajudar a controlar movimentos e posturas, promovendo segurança e conforto durante a realização do trabalho com caixas (Drury, 1980; Garg e Saxena, 1980; Jung & Jung, 2008, 2010). Além disso, o uso de alças pode ser considerado como uma intervenção economicamente viável, quando comparado com o alto custo de mecanização das tarefas de manuseio de caixas. Por outro lado, as alças quando são disponíveis nas caixas nem sempre são utilizadas pelos trabalhadores (Drury et al, 1982, Silva et al, 2012). Os sujeitos experientes com o trabalho provavelmente não usam as alças acopladas nas caixas devido às estratégias biomecânicas, que esses desenvolvem ao longo do tempo de trabalho (Gagnon et al, 2000). Tais estratégias incluem uma ampla gama de movimentos dos punhos, inclinação da caixa e movimentos antecipatórios dos pés em direção ao local de deposição da caixa, que permitem um melhor controle, aproximação e distribuição da carga. Outra estratégia consiste em manter os ombros paralelos ao solo, o que diminui o impacto da carga sobre a coluna vertebral e os joelhos, bem como reduz o custo energético dos esforços assimétricos (Gagnon et al, 1996, 2000; Gagnon, 1997; Delisle et al., 1996, 1999).

As estratégias biomecânicas identificadas entre os sujeitos experientes variam de acordo com as condições de trabalho, bem como a distância de deslocamento da caixa, a magnitude da carga e a altura de deposição da mesma (Authier et al, 1996; Gagnon et al, 2002; Gagnon, 2005; Marras et al. 2006; Hodder et al, 2010; Plamondon et al, 2010; Dutta et al, 2011; Plamondon et al, 2014). Os ajustes corporais são biomecânicamente positivos, pois podem reduzir a carga imposta da tarefa de manuseio ao sistema musculoesquelético. No entanto, essas estratégias biomecânicas dependem do tempo de experiência dos trabalhadores com tarefas de manuseio de caixas. Como resultado, pela alta variabilidade intrínseca dos

sujeitos, essas estratégias muitas vezes não são consideradas em intervenções ou programas de treinamento.

Um dispositivo que ofereça melhores condições de trabalho durante as tarefas de manuseio de caixas poderia minimizar a falta de programas de treinamento destinados aos trabalhadores novatos. Considerando que tais trabalhadores ainda não criaram certas estratégias motoras, que geralmente provêm de uma experiência de trabalho mais longa, os sujeitos inexperientes poderiam se beneficiar de projetos de caixa com pegadas durante o manuseio de caixas. Novos designs de caixas foram sugeridos anteriormente (Oliveira et al, 2012), e uma nova caixa favorecendo o acesso à superfície inferior foi testada em um ambiente simulado (Silva et al, 2013). Os resultados mostraram maior percepção de conforto, menor nível de esforço, maior segurança na movimentação dos punhos e cotovelos, bem como menor ativação dos músculos extensores do punho e do bíceps braquial. Este novo design caixa, portanto, foi sugerido como um dispositivo mecânico para reduzir o esforço musculoesquelético. No entanto, considerando que o comportamento motor pode ser variável nos trabalhadores, ainda se sabe o efeito desta nova caixa sobre as respostas físicas dos sujeitos experientes. Espera-se que o tempo de experiência pode ter algum efeito sobre a carga musculoesquelética dos trabalhadores, quando comparados com os sujeitos inexperientes.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a carga biomecânica durante o manuseio de caixas comerciais e não comerciais em trabalhadores experientes e comparar os resultados com os dados dos sujeitos inexperientes. Também foi objetivo investigar se a experiência no trabalho desempenha um papel na resposta de trabalhadores experientes frente a essa intervenção centrada no objeto. Nossa hipótese é que os novos projetos de caixa podem produzir carga biomecânica mais baixa em trabalhadores experientes. No entanto, a experiência dos trabalhadores e as estratégias biomecânicas desenvolvidas em sua vida profissional podem diferenciar suas respostas daquelas observadas por Silva et al. (2013) em sujeitos inexperientes.

Métodos

Sujeitos

Foram selecionados 21 trabalhadores experientes ($29,39 \pm 6,45$ anos, $81,36 \pm 13,36$ kg, $1,70 \pm 0,06$ m, $8,8 \pm 4,7$ anos de experiência com manuseio de caixa). Os resultados de 37 sujeitos inexperientes ($23,85 \pm 3,97$ anos, $73,95 \pm 10,35$ kg, $1,71 \pm 0,03$ m), utilizando os dados do estudo prévio de Silva et al (2013), também foram utilizados para fins de

comparação. As características antropométricas entre os dois grupos foram semelhantes e somente a idade dos trabalhadores experientes foi significativamente maior ($P < 0,05$).

Os sujeitos recrutados eram todos destros e os experientes tinham tempo de trabalho com manuseio de caixas há pelo menos cinco anos (Plamondon et al, 2010). Foram excluídos os trabalhadores que apresentavam sintomas musculoesqueléticos, intolerância à palpação, lesões cutâneas, problemas de equilíbrio e qualquer outro tipo de doença auto referida que indicasse comprometimento do estado de saúde.

O tamanho da amostra foi calculado (SigmaPlot 11,0, Systat Software, Inc) utilizando a amplitude de elevação do ombro, considerando a alta prevalência de queixas relacionadas a essa articulação por sujeitos que manuseiam caixas (Luim et al, 2004; Muslim & Nussbaum 2014). De acordo com um estudo piloto, o desvio padrão esperado para a amplitude de elevação do ombro foi de $14,5^\circ$. A diferença clinicamente relevante foi estabelecida em 15° , uma vez que este intervalo é frequentemente aplicado para elevação do ombro nos protocolos de avaliação. Tais protocolos, em geral, categorizaram a elevação do ombro em intervalos fixos de 15° (Liv et al, 2011 e 2012). Os níveis de alfa e beta foram fixados em 0,05 e 0,20, respectivamente. Os resultados indicaram um tamanho mínimo de amostragem de 15 sujeitos.

Os voluntários foram informados sobre todos os procedimentos do estudo e assinaram um formulário de consentimento que havia sido previamente aprovado pelo comitê de ética local (Processo 0054.0.135.000-07).

Caixas de papelão comerciais e não comerciais

As caixas de papelão utilizadas neste estudo foram previamente testadas com sujeitos inexperientes (Silva et al, 2013). Todas as caixas tinham as seguintes dimensões: 44 x 31 x 31,5 cm (Figura 1). Foram utilizadas as seguintes caixas: um modelo de caixa comercial (CC-Figura 1A); Outra caixa comercial com corte superior - "alças" (caixa comercial com alças – CC-alças - Figura 1-B); Dois protótipos (caixas não comerciais) com um recuo nas bordas inferiores, permitindo o posicionamento dos dedos na base da caixa. Um protótipo foi projetado sem corte (protótipo caixa - CP - Figura 1C), e o outro tinha um alça superior (Figura 1D - protótipo caixa com alça – CP-alça). Este segundo protótipo (CP-alça) foi usado para testar as preferências dos sujeitos. Todas as caixas tinham uma massa de 15 kg, determinada por estudos prévios (Oliveira et al, 2011, 2012). As alças acopladas as caixas também foram confeccionadas com papelão.

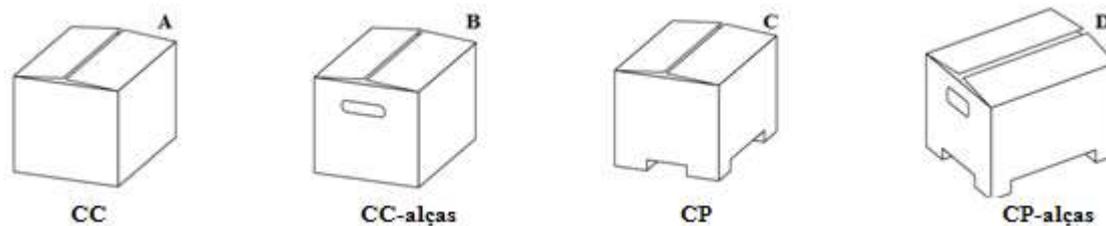


Figura 1. Caixas utilizadas: caixas comerciais CC (A), caixas comerciais com alças superiores CC-alças (B), caixa protótipo com recuos nas bordas inferiores sem recortes CP (C); Caixa protótipo com alças CP-alças (D).

Tarefa

As quatro caixas foram manuseadas pelos sujeitos, a partir de uma superfície fixa (SF: altura do trocanter de cada sujeito) até outras duas alturas de deposição diferentes (NS: nível do solo, NA: nível de acrômio de cada sujeito). As caixas também foram movidas para a superfície fixa do NS e do NA. Um ensaio foi realizado para cada condição testada, totalizando 16 manuseios por indivíduo. A ordem da altura do manuseio e do tipo da caixa foi randomizada. Mais detalhes sobre o procedimento de coleta de dados podem ser obtidos de Silva et al (2013).

Durante os testes foram realizados registros com eletrogoniômetro, inclinômetro e eletromiografia sincronizados entre si. Um marcador de evento foi usado para definir o início e o fim de cada manuseio. Imediatamente após cada manuseio, os sujeitos responderam a um questionário subjetivo para avaliar o conforto e o esforço percebido (Paschoarelli et al, 2008). Também foram realizadas gravações de vídeo para maior monitoramento das tarefas e bem como para avaliar as preferências dos sujeitos ao manusear a caixa CP-alça (Figura 1-D).

Registro do eletrogoniômetro (EGM)

As posturas do cotovelo e do punho foram registradas bilateralmente por meio de sensores biaxiais de eletrogononômetros, modelos SG65 (flexão/extensão e desvio radial/ulnar do punho) e SG110 (flexão/extensão do cotovelo). Foi também utilizada uma unidade de aquisição portátil (DataLog, Biometrics Ltd, Gwent, UK). Posições de referência foram registradas para cada articulação, por meio de posturas pré-determinadas, de acordo com o manual do equipamento (BIOMETRICS, GWENT, UK, 2007). Os dados foram amostrados a 20 Hz.

Registro do Inclinômetro (INC)

O inclinômetro, constituído a partir de acelerômetros triaxiais (Logger Teknologi HB, Åkarp, Suécia), foi utilizado para registro dos ângulos de elevação dos braços,

bilateralmente, em relação à gravidade. A frequência de aquisição foi de 20Hz. Antes de acoplado aos sujeitos cada inclinômetro foi calibrado, de acordo com os procedimentos descritos por Hansson et al (2001). Os inclinômetros foram fixados com fita dupla face: (1) à direita do processo espinhoso de C7/T1; (2 e 3) sobre placa plástica posicionada abaixo da inserção distal do músculo deltóide (este procedimento é adotado para redução de artefatos de tecido mole devido a abaulamentos desta região). Após a fixação, uma segunda calibração foi realizada com o objetivo de informar ao sistema a posição neutra, assim como a direção do movimento. A posição neutra de referência para os membros superiores foi reproduzida com o sujeito sentado em uma cadeira, com axila apoiada sobre o escosto da cadeira e o braço livre na vertical. A sustentação de um halter de 2kg garantiu que o braço fosse mantido perpendicular ao solo. A posição de referência indicativa da direção dos movimentos dos membros superiores consistiu na abdução simultânea dos dois membros superiores a 90°.

Registro da atividade eletromiográfica (EMG)

O sinal elétrico muscular dos músculos trapézio superior, bíceps braquial e extensores do punho foi registrado bilateralmente a partir de um sistema portátil (Myomonitor[®] IV, DelSys[®], Boston, USA). Eletrodos ativos simples diferencial (Modelo #DE-2.3, DelSys[®], Boston, USA) com geometria de detecção em duas barras paralelas (1mm² x 1cm) de prata (99,9%), separadas por 1cm, foram fixados a pele a partir de um adesivo dupla-face (DelSys[®]). As características dos eletrodos são: RRMC de 92dB; impedância de entrada >1015Ω em paralelo, com 0.2pF; ganho de voltagem de 10V/V; ruído de 1.2μV (RMS). No trapézio superior eles foram posicionados medialmente a 2cm do ponto médio entre a sétima vértebra cervical (C7) e o acrômio (Mathiassen et al,1995). Para registro dos extensores do punho os eletrodos foram posicionados sobre o ventre muscular dos músculos extensor radial longo e curto do carpo, a uma distância de um terço do comprimento do antebraço a partir do cotovelo (Hansson et al, 2009). Foi utilizado um eletrodo de referência adesivo, quadrado com 5cm de lado, posicionado sobre o processo estilóide da ulna. Antes de fixar os eletrodos, a pele das regiões delimitadas foi tricotomizada e limpa com álcool 70%. Os sinais foram acondicionados pelo amplificador principal (Myomonitor[®] IV, DelSys[®], Boston, USA) com ganho definido em 1000V/V, banda de frequência de 20–450Hz, resolução de 16 bits e ruído de 1.2 μV (RMS).

Foram realizadas duas contrações isométricas voluntárias máximas (MVC) de 5 segundos para cada músculo. A resistência foi aplicada através de uma alça ajustável, e os indivíduos receberam estímulo verbal para produzir seu máximo esforço. O trapézio superior foi avaliado durante a abdução realizada no plano escapular. Os sujeitos estavam em pé com os ombros flexionados a 90° e os cotovelos estendidos. O movimento foi resistido na extremidade distal do braço. Os sujeitos foram posicionados sentados para testar o bíceps, com os cotovelos flexionados a 90° e os antebraços em supino sobre uma superfície plana. A resistência à flexão do cotovelo foi aplicada em torno dos punhos. Os extensores do antebraço também foram testados com os sujeitos na posição sentada. Seus antebraços foram colocados sobre uma superfície plana com cotovelos flexionados a 90 °, e a resistência aplicada na região metacarpiana contra o movimento dos extensores do punho.

Processamento dos dados

Inicialmente, os dados do inclinômetro foram processados usando o software descrito por Hansson et al. (2001), para indicar posições de referência e obter os ângulos de elevação do ombro. A partir de então, todos os dados (EGM, INC e EMG) serão processados a partir de rotinas programadas em MatLab® (versão 7.0.1, MathWorks Inc., Natick, EUA).

Os sinais EMG foram filtrados com filtro Butterworth de 4ª ordem, passa-banda de 20 a 400 Hz e atraso de fase zero. Sequencialmente foi realizada correção de *offset* e conversão em RMS (*Root Mean Square* - raiz quadrática média) a partir de janelas móveis consecutivas de 125ms. O sinal em RMS foi então corrigido para remoção do ruído usando os valores EMG de repouso de acordo a equação:

$$RMS = \sqrt{RMS_{\text{bruto}}^2 - RMS_{\text{repouso}}^2}$$

Os sinais de exposição foram então normalizados como porcentagem da melhor média RMS das duas contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de cada músculo avaliado.

Os dados de EGM e INC foram filtrados com filtro *Butterworth* de 2ª ordem, passa-baixa, com frequência de corte de 5 e 3,33 Hz, respectivamente. As frequências de corte foram determinadas a partir de uma análise de residual, de acordo com o proposto por Winter (1990).

A Função de Probabilidade de Distribuição de Amplitude (FPDA) foi aplicada nos registros eletromiográficos e de movimento. Os aspectos relacionados ao tipo de pegas utilizadas no manuseio das caixas foram avaliados por inspeções visuais.

Análise Estatística

Os dados da FPDA obtidos para EGM, INC e EMG e os dados da escala de avaliação subjetiva para avaliar a percepção da agradabilidade e do esforço foram comparados entre as caixas e as superfícies de manuseio.

As medidas dependentes foram comparadas entre grupos, caixas e alturas de superfície. Utilizaram-se análises de variância (ANOVA) de medias repetidas de modelo misto, considerando-se como fator a experiência. As comparações pós-hoc foram realizadas utilizando o teste de Tukey-HSD. Verificando suposições de modelos paramétricos usando análises residuais, dois voluntários experientes foram excluídos para satisfazer os resíduos de normalidade. A esfericidade também foi avaliada usando o teste de Mauchly e os graus de liberdade foram corrigidos com o uso de estimativas de Greenhouse-Geisser em todos os dados do inclinômetro e da ativação do músculo trapézio superior direito. Quando necessário, ajustes de Bonferroni foram usados em análises post hoc e um nível alfa de 0,05.

A preferência dos sujeitos por uma das caixas com "alças" (CP versus CC) foi avaliada com o teste Qui-Quadrado de Pearson ($P \leq 0,05$). As comparações para os dados de esforço e conforto percebidos foram realizadas através do teste de Mann-Whitney, adotando-se o ajuste de Bonferroni ($P \leq 0,016$). Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS Statistic 20.0.

Resultados

Preferência e conforto

Dados descritivos sobre o esforço e conforto percebidos para o manuseio de diferentes caixas, bem como os resultados estatísticos, são apresentados na Tabela 1. Os sujeitos experientes preferiram as caixas com alças de acordo com a altura de manuseio. As caixas de comerciais com alças (CC-alças) foram escolhidas para manipulações que ocorreram no nível do solo, enquanto os sujeitos preferiram a CP para manuseios ao nível do acrômio. Apesar do fato de que tanto os sujeitos experientes quanto os inexperientes demonstrarem preferência em usar as caixas com alças (CC-alças e CP), o esforço percebido relatado por sujeitos experientes foi menor do que aquele relatado pelos inexperientes.

Tabela 1: Média (desvio padrão) dos dados subjetivos de conforto e esforço percebidos avaliado em sujeitos experientes (exp) e inexperientes (inexp) após o manuseio das diferentes caixas ao nível do acrômio e do solo. Os números sobrescritos representam significância estatística na comparação das caixas (CC = 1, corte CC-alças = 2 e CP = 3).

		Nível do acrômio			Nível do solo		
		 CC	 CC-alças	 CP	 CC	 CC-alças	 CP
INEXP	conforto	4.86(2.78) ^{1/3}	5.52(2.87)*	7.29(2.49) ^{1/3*}	3.38(2.48) ^{1/2,1/3}	8.29(2.08) ^{1/2*}	7.10(2.26) ^{1/3*}
	conforto	3.46(2.29) ^{1/3}	3.94(2.34) ^{2/3*}	4.91(2.28) ^{1/3,2/3*}	3.32(1.95) ^{1/2,1/3}	6.19(1.80) ^{1/2*}	5.47(1.92) ^{1/3*}
EXP	esforço	2.48(1.85)*	2.00(1.91)*	1.7(1.68)*	3.64(2.78) ^{1/2,1/3}	2.07(1.6) ^{1/2*}	2.07(1.6) ^{1/3*}
	esforço	4.68(1.76)*	4.68(1.82)*	4.30(1.83)*	4.41(1.62) ^{1/2,1/3}	3.00(1.31) ^{1/2*}	3.59(1.49) ^{1/3*}

* diferença significativa entre sujeitos experientes e inexperientes ($P < 0.05$).

Registros de EGM, INC e EMG

Os dados de postura e de ativação muscular registrados durante os manuseios de caixas são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Os resultados da ANOVA revelaram um efeito principal e significativo para a interação entre grupo, caixa e altura para todos os dados de postura, enquanto que para os dados do EMG essa interação ocorreu somente nos extensores de punho. O recrutamento de bíceps braquial foi semelhante entre grupos, independente da caixa manuseada e das alturas de deposição. Alguns manuseios geraram cargas no trapézio que foram diferentes entre os sujeitos experientes e os inexperientes, com dupla interação entre grupo e caixa (grupo * caixa).

Tabela 2. Média (desvio padrão) do percentil 90° da APDF (P90) para extensão do punho, flexão do cotovelo e posturas de elevação do braço - em graus (°) registrados bilateralmente em indivíduos experientes (EXP) e inexperientes durante o carregamento (CAR) e o descarregamento (DES), das diferentes caixas (CC, CC-alças e CP) tanto ao nível do solo (NS) como do acrômio (NA). P-valores da comparação entre sujeitos experientes e inexperientes também são apresentados.

		 CC		 CC-alças		 CP		
		INEXP	EXP	INEXP	EXP	INEXP	EXP	
<i>Extensão do punho (°) – P90</i>								
		Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	
DIREITO	†CAR	SF-NA	-32.05(11.65)	-22.32(15.26)	-26.93(8.29)	-20.55(10.51)	-26.60(10.32)	-19.32(7.46)
		SF-NS	-21.88(7.57)	-20.48(10.63)	-25.91(7.80)	-17.34(11.33)	-21.41(8.53)	-17.48(9.53)
DIREITO	†DES	NA-SF	-40.65(12.98)	-21.96(12.40)	-26.30(9.33)	-24.04(26.48)	-22.22(8.34)	-20.09(9.40)
		NS-SF	-31.76(15.10)	-20.50(9.89)	-24.46(7.41)	-24.45(11.99)	-27.90 (9.10)	-19.45(11.45)
O	CAR	SF-NA	-31.00(10.77)	-20.35(13.14)	-25.14(7.60)	-18.93(12.11)	-22.72(8.85)	-14.62(8.80)
		SF-NS	-25.38(8.98)	-19.55(12.03)	-27.30(8.36)	-20.92(15.61)	-20.53(7.48)	-15.64(11.50)
O	†DES	NA-SF	66.65(33.77)	38.47(17.86)	34.70(14.70)	36.29(39.86)	49.59 (25.97)	38.76(23.66)
		NS-SF	70.46(40.69)	36.94(19.66)	31.24(13.27)	29.53(9.54)	50.92(30.12)	35.71(19.20)
<i>Flexão do cotovelo (°) – P90</i>								
DIREITO	†CAR	SF-NA	75.02(13.18)	51.00(16.71)	82.23(10.84)	49.35(16.64)	76.40(10.42)	52.20(14.97)
		SF-NS	64.42(11.36)	57.69(14.57)	80.14(10.59)	53.70(12.67)	67.70(11.47)	54.70(15.68)
DIREITO	†DES	NA-SF	75.77(13.47)	50.36(11.39)	79.70(11.22)	47.75(17.40)	74.56(10.45)	50.15(13.02)
		NS-SF	68.28(10.24)	48.23(21.00)	80.51(10.40)	52.78(11.95)	66.16(13.06)	52.18(9.23)
DO	†CAR	SF-NA	69.97(10.22)	44.72(23.40)	77.03(10.82)	48.38(15.86)	68.13(10.36)	49.62(17.11)
		SF-NS	59.72(8.84)	53.48(17.86)	74.35(10.34)	50.89(16.16)	60.0178(10.23)	50.84(14.97)
DO	†DES	NA-SF	74.85(12.46)	46.52(26.37)	76.74(11.38)	47.14(19.24)	71.78(13.18)	51.00(21.24)
		NS-SF	63.46(10.99)	53.09(16.13)	75.47(10.10)	52.36(17.91)	60.45(11.32)	51.84(13.39)
<i>Elevação dos braços (°) – P90</i>								
DIREITO	†CAR	SF-NA	83.61(11.78)	45.18(28.05)	101.96(8.58)	30.38(19.48)	87.81(9.81)	40.83(26.29)
		SF-NS	38.67(16.12)	38.07(48.25)	47.97(8.68)	28.20(40.38)	34.64(7.63)	20.95(33.29)
DIREITO	†DES	NA-SF	78.39(14.57)	38.07(25.77)	93.32(10.65)	25.11(17.57)	79.63(17.06)	45.06(27.35)
		NS-SF	40.59(13.90)	17.72(10.97)	44.55(8.53)	33.91(44.81)	38.57(7.05)	13.18(5.36)
DO	†CAR	SF-NA	79.77(14.48)	37.72(33.71)	101.33(12.69)	24.58(20.48)	87.32(12.65)	33.23(34.60)
		SF-NS	37.27(19.92)	29.57(39.62)	49.94(14.98)	34.89(43.71)	37.85(15.17)	24.68(30.60)
DO	†DES	NA-SF	74.79(17.28)	37.46(26.32)	93.91(15.23)	25.35(19.93)	80.62(17.52)	44.91(35.82)
		NS-SF	40.76(19.13)	23.03(25.09)	47.09(15.29)	23.09(27.25)	40.02(14.79)	14.58(6.98)

Abreviações:

SF-NA / NA-SF: manuseio entre a superfície de suporte fixa e o nível de acrômio de cada sujeito;

SF-NS / NS-SF: manuseio entre a superfície de apoio fixa ao nível do solo;

† indica interação significativa (grupo * caixa * altura) $F < 0,05$.

Tabela 3: Média (desvio padrão) do percentil 90° da APDF (P90) para os dados de EMG dos extensores do punho, bíceps braquial e trapézio superior - porcentagem de contração voluntária máxima (% MVC) - registrada bilateralmente entre sujeitos experientes (EXP) e inexperientes (INEXP) ao carregar (CAR) e descarregar (DES) as caixas tanto ao nível do solo (NS) quanto no nível de acrômio (NA).

		 CC		 CC-alças		 CP		
		INEXP	EXP	INEXP	EXP	INEXP	EXP	
<i>Extensores do punho (%MVC) – P90</i>								
		Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	
DIREITO	†CAR	SF-NA	61.65(27.01)	41.30(18.32)	36.48(31.69)	37.89(24.30)	55.01(27.77)	45.93(20.17)
		SF-NS	46.20(26.42)	35.89(24.16)	26.03(14.71)	29.88(14.23)	32.03(13.93)	29.17(27.11)
	DES	NA-SF	61.84(28.57)	36.47(16.78)	31.44(18.90)	35.13(20.13)	50.37(29.28)	40.05(13.61)
		NS-SF	55.12(24.01)	44.47(28.21)	30.92(19.89)	33.53(16.25)	49.09(24.32)	41.15(31.60)
ESQUERDO	†CAR	SF-NA	63.76(35.53)	42.59(28.30)	34.46(15.83)	41.06(51.65)	47.95(22.88)	40.82(24.44)
		SF-NS	52.30(22.62)	37.71(23.25)	31.03(14.28)	25.29(9.29)	42.24(19.85)	26.82(17.53)
	†DES	NA-SF	66.65(33.77)	38.47(17.86)	34.70(14.70)	36.29(39.86)	49.59(25.97)	38.76(23.66)
		NS-SF	70.46(40.69)	36.94(19.66)	31.24(13.27)	29.53(9.54)	50.92(30.12)	35.71(19.20)
<i>Biceps braquial (%MVC) – P90</i>								
DIREITO	CAR	SF-NA	82.32(71.56)	74.35(71.44)	56.46(47.39)	62.41(79.61)	71.97(58.70)	67.82(54.67)
		SF-NS	71.19(60.69)	53.65(32.30)	48.46(43.69)	43.88(40.31)	58.81(58.50)	43.35(38.52)
	DES	NA-SF	82.32(71.56)	74.35(71.44)	56.46(47.39)	62.41(79.61)	71.97(58.70)	67.82(54.67)
		NS-SF	71.19(60.69)	53.65(32.30)	48.46(43.69)	43.88(40.31)	58.81(58.50)	43.35(38.52)
ESQUERDO	CAR	SF-NA	70.57(33.64)	54.82(28.97)	55.22(39.61)	32.18(23.13)	64.16(31.06)	55.12(27.56)
		SF-NS	71.81(36.28)	54.18(32.99)	44.30(29.38)	39.18(23.80)	60.46 (36.70)	43.59(31.28)
	DES	NA-SF	72.24(48.72)	63.18(32.25)	56.81(33.79)	34.53(18.66)	57.05(32.11)	49.65(24.66)
		NS-SF	93.16(49.12)	57.71(19.50)	58.68(37.35)	56.29(48.55)	63.65(37.66)	53.35(36.41)
<i>Trapézio superior (%MVC) – P90</i>								
DIREITO	‡CAR	SF-NA	65.03(28.56)	55.06(23.79)	79.30(29.70)	63.53(24.72)	47.65(20.91)	47.71(21.33)
		SF-NS	56.81(21.16)	51.24(16.46)	66.54(23.87)	50.18(23.40)	81.03(28.71)	54.59(30.44)
	DES	NA-SF	47.65(20.90)	47.71(21.32)	66.54(23.87)	50.18(23.40)	56.81(21.16)	51.24(16.46)
		NS-SF	44.43(26.17)	29.41(12.22)	48.78(29.49)	41.59(24.93)	46.16(27.06)	36.06(18.59)
ESQUERDO	CAR	SF-NA	70.32(26.54)	51.94(35.37)	77.00(20.70)	53.76(36.11)	81.49(25.59)	60.65(31.15)
		SF-NS	31.78(25.58)	23.59(11.71)	34.19(16.16)	25.12(9.36)	29.81(15.65)	20.59(9.15)
	‡DES	NA-SF	47.62(18.59)	53.29(37.07)	70.05(22.78)	50.76(28.90)	62.16(20.39)	56.12(25.15)
		NS-SF	41.81(24.01)	26.65(18.14)	44.70(19.80)	35.71(15.00)	45.97(23.78)	29.06(15.41)

Abreviações:

SF-NA / NA-SF: manuseio entre a superfície de suporte fixa e o nível de acrômio de cada sujeito;

SF-NS / NS-SF: manuseio entre a superfície de apoio fixa ao nível do solo;

† indica interação significativa (grupo * caixa * altura) $F < 0,05$.

‡ indica interação significativa (grupo*caixa) $F < 0.05$.

A Tabela 4 apresenta dados que identificam a diferença entre os grupos para as variáveis que tiveram um efeito significativo na interação grupo * caixa * altura. Os resultados do teste de post-hoc de *Tukey* também são apresentados. A maior diferença dos dados de postura entre os grupos avaliados ocorreu quando a caixa comercial foi manuseada

independentemente da altura. Em contrapartida, o manuseio das caixas não comerciais (CC-alças e CP) apresentaram as menores diferenças entre os grupos. Quando os manuseios foram realizados ao nível do solo, utilizando-se a caixa CC-alças, a carga biomecânica em sujeitos experientes e inexperientes foi similar, exceto para a flexão do cotovelo. As caixas de CP-alças manuseadas ao nível do acrômio foram associadas a diferenças ainda menores entre os grupos, considerando a atividade elétrica dos extensores do punho. Semelhanças entre os grupos experientes e inexperientes para flexão do cotovelo e elevação do braço só ocorreu quando os indivíduos manusearam a CC ao nível do solo. Os indivíduos experientes demonstraram menor ativação dos extensores do punho ao manusear a CC do que os inexperientes, exceto no descarregamento da caixa considerando o lado direito. Para a ativação do trapézio superior, diferenças significativas foram encontradas para a interação grupo*caixa. Os indivíduos experientes demonstraram atividade elétrica do trapézio menor, mesmo quando a CP foi manuseado no nível do solo, e a CC foi manuseada independente da altura de deposição.

Tabela 4. Média (desvio padrão) da diferença entre grupos para os dados de posturas e ativação muscular durante o carregamento (CAR) e descarregamento (DES) das diferentes caixas (CC, CC-alças e CP) tanto ao nível do acrômio como do solo. Valores-P das análises de *pós-hoc* da comparação entre sujeitos inexperientes e experientes também são apresentados.

			 CC		 CC-alças		 CP	
			Média (DP)	valor-P	Média (DP)	valor-P	Média (DP)	valor-P
<i>Extensão do punho (°) – P90</i>								
CAR	SF-NA	D	9.72 (3.77)	0.01*	6.38 (2.64)	0.02*	7.28 (2.79)	0.01*
	SF-GS	D	1.40 (2.52)	0.58	8.56 (2.64)	0.00*	3.92 (2.59)	0.13
DES	NA-SF	D	18.68 (3.75)	0.00*	2.25 (4.87)	0.64	8.44 (2.89)	0.00*
		E	19.16 (4.50)	0.00*	12.67 (3.29)	0.00*	10.75 (2.08)	0.00*
	GS-SF	D	11.26 (4.01)	0.00*	0.01 (2.65)	0.99	2.13 (2.54)	0.40
		E	7.09 (4.58)	0.12	3.24 (2.86)	0.26	2.18 (2.96)	0.46
<i>Flexão do cotovelo (°) – P90</i>								
CAR	SF-NA	D	24.26 (4.20)	0.00*	32.87 (3.78)	0.00*	24.19 (3.51)	0.00*
		E	25.24 (4.51)	0.00*	28.65 (3.63)	0.00*	18.50 (3.71)	0.00*
	SF-NS	D	6.72 (3.64)	0.71	26.44 (3.30)	0.00*	13.00 (3.78)	0.00*
		E	6.24 (3.58)	0.08	23.45 (3.59)	0.00*	9.17 (3.43)	0.01*
DES	NA-SF	D	25.41 (3.77)	0.00*	31.95 (3.93)	0.00*	24.40 (3.31)	0.00*
		E	28.32 (5.21)	0.00*	29.60 (4.13)	0.00*	20.77 (4.65)	0.00*
	NS-SF	D	20.05 (4.22)	0.00*	27.72 (3.19)	0.00*	13.98 (3.52)	0.00*
		E	10.37 (3.69)	0.00*	23.10 (3.77)	0.00*	8.60 (3.45)	0.01*
<i>Elevação dos braços (°) – P90</i>								
CAR	SF-NA	D	38.43 (5.39)	0.00*	71.58 (3.79)	0.00*	46.97 (4.89)	0.00*
		E	42.04 (6.57)	0.00*	76.74 (4.60)	0.00*	54.09 (6.45)	0.00*
	SF-NS	D	0.60 (8.77)	0.94	19.75 (6.89)	0.00*	13.68 (5.72)	0.02*
		E	7.70 (8.15)	0.34	15.04 (8.03)	0.06	13.17 (6.26)	0.04*
DES	NA-SF	D	40.32 (5.49)	0.00*	68.21 (3.86)	0.00*	34.56 (6.08)	0.00*
		E	37.33 (6.09)	0.00*	68.55 (5.01)	0.00*	35.70 (7.29)	0.00*
	NS-SF	D	22.87 (3.83)	0.00*	10.63 (7.57)	0.16	25.38 (1.92)	0.00*
<i>Extensor do punho (%MVC) – P90</i>								
CAR	SF-NA	D	0.20 (0.07)	0.00*	0.01 (0.08)	0.87	0.09 (0.07)	0.23
		E	0.21 (0.09)	0.03*	0.06 (0.09)	0.47	0.07 (0.06)	0.30
	SF-NS	D	0.10 (0.07)	0.17	0.03 (0.04)	0.37	0.02 (0.05)	0.60
		E	0.14 (0.06)	0.03*	0.05 (0.03)	0.13	0.15 (0.05)	0.00*
DES	NA-SF	E	0.28 (0.08)	0.00*	0.16 (0.07)	0.83	0.10 (0.07)	0.15
	NS-SF	D	0.33 (0.10)	0.00*	0.01 (0.03)	0.63	0.01 (0.08)	0.62

Discussão

A carga biomecânica durante o manuseio de diferentes desenhos de caixas identificou que sujeitos inexperientes ao manusearem as caixas não comerciais demonstraram um esforço físico similar ao registrado por trabalhadores experientes. As posturas dos membros superiores adotadas pelos trabalhadores experientes foram ainda mais seguras, a partir do manuseio das caixas não comerciais, com amplitudes de movimento mais próximas de posturas neutras, em relação aos sujeitos inexperientes. Menores amplitudes de movimento também foram identificadas durante os manuseios em condições desfavoráveis, tais como o uso dos recuos inferiores da CC-alças ao nível do acrômio e durante o manuseio da CP ao nível do solo. Nota-se que as caixas não comerciais tiveram um efeito mais substancial sobre os sujeitos inexperientes em relação aos trabalhadores experientes. Nossos resultados suportam a hipótese inicial, pelos trabalhadores experientes demonstrarem estratégias biomecânicas quando comparados com sujeitos inexperientes. As diferenças entre os grupos manifestaram-se principalmente nas posturas dos membros superiores. A ativação muscular foi semelhante em ambos os grupos na maioria das condições de manuseio avaliadas.

O relato da percepção de conforto foi semelhante entre os sujeitos experientes e inexperientes durante o manuseio das diferentes caixas testadas. O esforço percebido foi menor entre os trabalhadores experientes comparados aos sujeitos inexperientes. Esses achados indicam que as caixas que ofereceram a possibilidade de acoplamento manual (CC-alças e CP) possibilitaram condições de manuseio mais seguras para os trabalhadores, principalmente para os inexperientes. As caixas não comerciais podem ser consideradas como uma tentativa de melhorar as condições de manuseio. No entanto, as estratégias desenvolvidas durante o tempo de trabalho dos experientes ainda parecem ser mais eficazes na redução da carga biomecânica, especialmente em manuseios em desvantagens biomecânicas.

As principais estratégias biomecânicas adotadas por sujeitos experientes podem ter um impacto positivo na variação das posturas da coluna vertebral, do joelho e do pé (Plamondon et al, 2014, Dutta et al, 2012, Plamondon et al, 2010, Hodder et al, 2010, Marras et al. 2006, Gagnon, 2005, Gagnon et al, 2002, Delise et al., 1996, 1998, Authier et al., 1996). No entanto, não há informações suficientes para apoiar a definição de um padrão ideal de variação motora. Quando a variação é alta, pode implicar em instabilidade no sistema musculoesquelético. Em contra partida, quando a variação é muito restrita podem ser

observados movimentos monótonos e estereotipados (Stergiou et al., 2006). Neste estudo, a variação motora não foi investigada, uma vez que as tarefas foram simuladas e não desempenhadas em ambiente real. Assim, a investigação da variação deve considerar um contexto real, em que o manuseio de caixas é combinado com outras tarefas. Além disso, o local fixo do acoplamento das pegadas nas caixas oferecido pelos modelos CC-alças e CP, limitou o posicionamento assimétrico, identificado na literatura clássica envolvendo trabalhadores experientes (Gagnon, 2005). Independentemente do tipo de caixa, os sujeitos experientes realizaram todos os manuseios com menores amplitudes de movimento dos membros superiores em relação aos inexperientes. Estes achados corroboram com os reportados por Plamondon et al. (2010), em que os trabalhadores experientes avaliados realizaram o manuseio usando uma menor amplitude de movimento da coluna em comparação com os novatos. MC Gill (2007) sugere que posturas mais próximas ao posicionamento em neutro podem ser vantajosas para o desempenho das tarefas, uma vez que as posições neutras proporcionam melhores condições para a *performance* muscular (tanto a relação comprimento-tensão quanto a vantagem mecânica podem ser favoráveis). A amplitude reduzida observada nos movimentos realizados pelos trabalhadores experientes pode assim, estar associada à aquisição de estratégias biomecânicas de proteção às demandas do trabalho. A ativação muscular semelhante entre os grupos pode ser associada pelo posicionamento fixo das mãos nas caixas, aproximando o comportamento motor dos grupos.

A preferência dos sujeitos experientes foi similar com a relatada pelos inexperientes - caixas não comerciais foram indicadas por ambos os grupos como as mais confortáveis de manusear. O esforço percebido relatado pelos inexperientes foi maior do que o relatado pelos trabalhadores experientes, independentemente do tipo de caixa. As avaliações subjetivas relacionadas às taxas de esforço são consideradas válidas pelo potencial de refletirem a interação entre a carga biomecânica exigida com a habilidade do sujeito para realizar a tarefa (Trask et al, 2010). Portanto, o menor esforço relatado por sujeitos experientes pode estar associado a uma carga biomecânica mais segura e aceitável, também demonstrada através de posturas mais neutras. Além disso, esses sujeitos são expostos diariamente a níveis mais altos de demanda biomecânica em suas rotinas de trabalho (Greig e Wells 2008).

Algumas considerações metodológicas devem ser apontadas. As principais limitações deste estudo são similares às relatadas em estudos comparando sujeitos experientes e inexperientes em uma tarefa específica (Madeleine et al, 2003, 2009; Plamond et al, 2010, 2014). O ambiente de avaliação simulado do manuseio de caixas pode limitar a técnica de

trabalho habitual dos sujeitos experientes, devido à sua não familiaridade com o contexto de um laboratório. Portanto, a menor amplitude de movimento e as posturas mais restritas observadas em sujeitos experientes, durante o manuseio das caixas, também podem ser atribuídos ao ambiente simulado. Outro ponto a ser considerado é a idade média dos grupos. Considerando que os sujeitos experientes tendem a ser mais velhos torna-se difícil isolar os efeitos do treinamento dos experientes com os do processo de envelhecimento. Além disso, como a avaliação de sujeitos experientes e inexperientes foi realizada independentemente, as amostras não puderam ser pareadas em relação à idade.

Por fim, a avaliação da carga física de acordo com o desenho da caixa, experiência e altura de deposição são importantes para direcionar recomendações efetivas para o contexto real de trabalho. Considerando a alta rotatividade dos trabalhadores nos departamentos de suprimentos e logística em empresas brasileiras, a adoção de novos designs de caixas por facilitar o acoplamento manual e reduzir a sobrecarga biomecânica pode ser indicada. Este cenário também pode ser identificado em outros países em desenvolvimento. As caixas não comerciais melhoraram as condições de manuseio para a maioria dos sujeitos, especialmente para os inexperientes.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Pesquisa de São Paulo (FAPESP) - Bolsas 2013/04839-5 e os trabalhadores que participaram como voluntários.

Como a exposição biomecânica no manuseio de caixa difere da exposição de outras tarefas em um contexto industrial real?

Helen Cristina Nogueira^a; Francisco Locks^a; Dechristian França Barbieri^a; Ana Beatriz de Oliveira^{a*} *How does biomechanical exposure in manual box handling differ from exposure in other tasks in a real industrial context?*

Artigo submetido ao periódico Ergonomics
October 2016

RESUMO

A avaliação da exposição biomecânica durante o manuseio de caixas em relação a outras atividades que são realizadas em ambientes industriais pode ser crucial para entender as demandas biomecânicas do manuseio de caixas. Este estudo tem como objetivo avaliar a representatividade da tarefa de manuseio de caixas em comparação com as outras tarefas em um ambiente real, comparar a exposição biomecânica entre as tarefas e identificar as diferenças na exposição biomecânica durante o manuseio de caixas em relação à exposição total do trabalho. Doze trabalhadores foram avaliados por meio de registros da atividade muscular do trapézio e das posturas da parte superior das costas e braços, durante quatro horas de um dia regular de trabalho. As tarefas de manuseio de caixas demonstraram a maior demanda biomecânica, particularmente nas cargas de pico de ativação do trapézio superior e da postura de flexão anterior assumida pela parte superior das costas. Além disso, as tarefas de manuseio de caixas também inseriram maior variação biomecânica na exposição total. Intervenções com o objetivo de diminuir a carga física exigida durante o manuseio de caixas podem ser relevantes para controlar os valores de pico observados, e evitar o desencadeamento de lesões musculoesqueléticas.

Palavras-chave: manuseio de materiais; exposição física; biomecânica; saúde ocupacional

Introdução

O manuseamento de materiais é uma tarefa ainda presente em diversos locais de trabalho, particularmente nos países em desenvolvimento (Snook e Ciriello 1991, Marras 2000). Caracteriza-se por exigir força para carregar, elevar, abaixar objetos e está, normalmente, associado com o desencadeamento de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (Straker 1999; Marras 2000). Tradicionalmente, as lesões decorrentes do manuseio de materiais acometem a parte inferior das costas. No entanto, mais recentemente, estudos epidemiológicos identificaram a crescente incidência e prevalência de lesões no pescoço e nos membros superiores em trabalhadores que realizam manuseio de materiais (Miranda et al., 2008, van Rijn et al., 2010; Nordander et al., 2016).

Na literatura, diferentes abordagens têm sido aplicadas para melhorar a compreensão das demandas biomecânicas durante o manuseio manual de materiais, particularmente durante o manuseio de caixas. Alguns estudos investigaram o impacto do peso da caixa e da altura de deposição das mesmas na exposição biomecânica dos trabalhadores (Habes et al. 1985; Hoozemans et al. 2008; Oliveira et al. 2011). Outras pesquisas têm investigado estratégias preventivas, como o uso de alças em caixas para diminuir a sobrecarga musculoesquelética (Rigby 1973; Drury 1980; Garg and Saxena 1980; Jung and Jung 2003; Siva et al. 2013). Em qualquer tipo de investigação, a experiência dos sujeitos parece desempenhar um papel importante (Plamondon et al., 2013, Gagnon, 2005). Um estudo prévio do grupo de pesquisa identificou que os trabalhadores experientes apresentaram vantagens biomecânicas mesmo ao manusearem caixas adaptadas para diminuir a demanda biomecânica, quando comparados com sujeitos inexperientes (Nogueira et al., 2016). Tais achados confirmam a complexidade do controle da carga de trabalho musculoesquelético durante o manuseio de caixas, especialmente ao considerar trabalhadores experientes. Por outro lado, estudos que investigam a demanda biomecânica durante o manuseio de caixa foram desenvolvidos em ambientes de laboratório (Gagnon et al. 2016; Plamondon et al. 2010, 2013). Embora os trabalhadores em ambientes industriais normalmente executem uma grande variedade de tarefas, incluindo manuseio de caixas, ainda não se sabe até que ponto os resultados dos estudos laboratoriais podem ser aplicados diretamente em ambientes reais de trabalho. Sugere-se o seguinte questionamento: as intervenções focadas na melhoria das condições de manuseamento terão algum efeito sobre a exposição biomecânica dos trabalhadores em ambientes reais de trabalho?

A avaliação da exposição biomecânica durante o manuseamento de caixa em comparação com outras tarefas realizadas por trabalhadores em áreas industriais pode ser

crucial para a compreensão dos reais efeitos do manuseio de caixa sobre a exposição total do trabalho. Não sabemos a representatividade de tarefas de manuseio de caixas em diferentes contextos de trabalho. Dessa forma, a avaliação da representatividade do manuseio é necessária para possibilitar ou não intervenções centradas no objeto, como novos desenhos de caixa com uso de alças. Além de analisar o nível de exposição a variação da exposição também é relevante, por estar relacionada como uma estratégia positiva no controle da carga de trabalho (Mathiassen et al. 2003; Arvidsson et al. 2006; Madeleine et al. 2008; Richter et al. 2009). No entanto, estudos dessa natureza só foram identificados na produção industrial repetitiva e no trabalho sedentário (Barbieri et al. 2015; Jensen et al. 1999).

Considerando a ausência de estudos que avaliaram a exposição biomecânica durante o manuseio de caixa em relação a outras tarefas realizadas pelos trabalhadores no contexto industrial, este estudo teve por objetivo responder a duas questões de pesquisa: 1) O manuseio de caixas exibe a pior variação da exposição no contexto industrial?; 2) Como a exposição durante o manuseio de caixas difere da exposição ao trabalho? As hipóteses são que o manuseio de caixas requer o maior nível de esforço dos trabalhadores e está associado a uma maior variação quando comparado com outras tarefas. No entanto, outras tarefas que também demandam altas exigências biomecânicas podem estar associadas com uma exposição de trabalho similar da que se espera durante o manuseio de caixas.

Métodos

Sujeitos

Todos os sujeitos avaliados eram trabalhadores de uma empresa industrial de montagem e concordaram em participar. Os participantes não tinham história de distúrbios musculoesqueléticos nos últimos seis meses e eram todos destros. A amostra foi composta por doze trabalhadores ($28,14 \pm 6,73$ anos, $81,26 \pm 13,92$ kg, $1,64 \pm 0,49$ m) que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (Processo nº 28891014.2.0000.5504).

Protocolo

Os registros da exposição biomecânica, baseadas na atividade elétrica muscular e na postura, foram realizados para cada trabalhador durante quatro horas de trabalho regular. Não foram observadas interferências no processo de produção do trabalho durante a coleta dos dados. O período de coleta de dados de quatro horas foi escolhido com base no estudo de Trask et al (2008), que demonstrou que esse período de registro é representativo de um dia de

trabalho. A observação direta foi usada para categorizar as diferentes tarefas de trabalho. O período total registrado foi considerado como a exposição do trabalho total. Um pesquisador treinado acompanhou cada participante durante a coleta de dados e inseriu o início e o fim de cada tarefa ao longo do tempo em um *tablet*.

As tarefas realizadas com maior foram classificadas nas seguintes categorias:

- Tarefas de manuseio: tarefas associadas ao manuseio manual de caixas;
- Tarefas de não manuseio: tarefas associadas ao armazenamento sem manuseio de caixas-verificação de notas de materiais, contagem de componentes e carregamento ou transferência através de veículos guiados automaticamente – pallets automáticos;
- Tarefas vigorosas: tarefas que envolvem alta demanda física como empurrar e puxar materiais através de veículos manuais guiados manualmente – pallets manuais.

Registro eletromiográfico (EMG)

O sinal elétrico muscular do músculo trapézio superior foi registrado bilateralmente a partir de um sistema portátil (Myomonitor[®] IV, DelSys[®], Boston, USA). Eletrodos ativos simples diferencial (Modelo #DE-2.3, DelSys[®], Boston, USA) com geometria de detecção em duas barras paralelas (1mm² x 1cm) de prata (99,9%), separadas por 1cm, foram fixados a pele a partir de um adesivo dupla-face (DelSys[®]). As características dos eletrodos são: RPMC de 92dB; impedância de entrada >1015Ω em paralelo, com 0.2pF; ganho de voltagem de 10V/V; ruído de 1.2μV (RMS). No trapézio superior eles foram posicionados medialmente a 2cm do ponto médio entre a sétima vértebra cervical (C7) e o acrômio (Mathiassen et al,1995). Foi utilizado um eletrodo de referência adesivo, quadrado de 5 cm, posicionado sobre o manúbrio do esterno.

Antes de fixar os eletrodos, a pele das regiões delimitadas foi tricotomizada e limpa com álcool 70%. Os sinais foram condicionados pelo amplificador principal (Myomonitor[®] IV, DelSys[®], Boston, USA) com ganho definido em 1000V/V, banda de frequência de 20–450Hz, resolução de 16 bits e ruído de 1.2 μV (RMS).

Foram realizadas três contrações isométricas voluntárias máximas (MVC) de 5 segundos. A resistência foi aplicada através de uma alça ajustável, e os indivíduos receberam estímulo verbal para produzir seu máximo esforço. O trapézio superior foi avaliado durante a abdução realizada no plano escapular. Os sujeitos estavam em pé com os ombros flexionados a 90° e os cotovelos estendidos. O movimento foi resistido na extremidade distal do braço.

Registro do Inclinômetro (INC)

O inclinômetro, constituído a partir de acelerômetros triaxiais (Logger Teknologi HB, Åkarp, Suécia), foi utilizado para registro dos ângulos de elevação dos ombros bilateramente em relação à gravidade. A frequência de aquisição foi de 20Hz. Antes de acoplado aos sujeitos cada inclinômetro foi calibrado, de acordo com os procedimentos descritos por Hansson et al (2001). Os inclinômetros foram fixados com fita dupla face: (1) à direita do processo espinhoso de C7/T1; (2 e 3) sobre placa plástica posicionada abaixo da inserção distal do músculo deltóide (este procedimento é adotado para redução de artefatos de tecido mole devido a abaulamentos desta região). Após a fixação, uma segunda calibração foi realizada com o objetivo de informar ao sistema a posição neutra assim como a direção do movimento. A posição neutra de referência para os membros superiores foi reproduzida com o sujeito sentado em uma cadeira, com axila apoiada sobre o espaldar da cadeira e o braço livre na vertical. A sustentação de um halter de 2kg garantiu que o braço fosse mantido perpendicular ao solo. A posição de referência indicativa da direção dos movimentos dos membros superiores consistiu na abdução simultânea dos dois membros superiores a 90°.

Processamento dos dados

Os dados de INC foram inicialmente processados pelo o EMINGO (software para analisar EMG, INclinometro, e GOniometro), desenvolvido pela divisão de medicina ocupacional e ambiental da Universidade de Lund, Suécia. Após a indicação das posições de referência, foram obtidas as séries de tempo para a flexão anterior do tronco, flexão lateral, bem como para a elevação do braço. Para a parte superior das costas, as posturas foram descritas como flexão para frente (flexão (+), extensão (-)) e flexão lateral (direita (+), esquerda (-)). As posturas do braço superior foram descritas como elevações direita e esquerda do braço. Todos os dados (EMG e INC) foram então processados usando rotinas Matlab (versão 7.0.1, MathWorks Inc., Natick, EUA).

Os sinais EMG foram filtrados com filtro Butterworth de 6ª ordem, passa-banda de 20 a 400 Hz e atraso de fase zero. Sequencialmente foi realizada correção de *offset* e conversão em RMS (*Root Mean Square* - raiz quadrática média) a partir de janelas móveis consecutivas de 125ms. O sinal em RMS foi então corrigido para remoção do ruído usando os valores EMG de repouso (Barbieri et al., 2015) e normalizado como uma porcentagem da maior amplitude de RMS (MVE) obtida durante contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de cada músculo avaliado (S E Mathiassen, Winkel e Hägg 1995).

A sequencia das tarefas registradas durante a coleta de dados foi usado em gravações de EMG e INC para concatenar cada uma das três tarefas (manuseio, não-manuseio e tarefas

vigorosas). Como mencionado anteriormente, todo o registro foi considerado como trabalho. Para cada participante, foram calculados os valores médios e os percentis da Função de Distribuição de Probabilidade de Amplitude (APDF) (10°, 50° e 90°) (Jonsson 1982). O desvio padrão minutos a minuto foi calculado como uma métrica da variação da exposição. Foram obtidas variáveis para o trabalho total (gravação inteira) e para cada categoria de tarefa concatenada: manuseio, não-manuseio e tarefas vigorosas.

Análise estatística

A diferença entre as tarefas para as variáveis EMG foi testada usando *ANOVA one way*. Quando foi encontrada diferença significativa ($P < 0,05$), foi aplicado o teste de post hoc de *Tukey*. Os dados com distribuição não normal (variáveis INC) foram analisados utilizando o teste de *Friedman*. O procedimento de *Friedman* descrito por Siegel e Castellan (1988) foi utilizado nos casos que apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$). Neste caso, foram testadas múltiplas condições como um controle. Todas as análises foram executadas no software IBM SPSS *Statistic* 20. Para quantificar as diferenças entre a tarefa de manuseio e outras tarefas realizadas, calculamos as medidas do tamanho do efeito usando o índice de *Cohen* (Cohen, 1992), que é útil mesmo quando o tamanho da amostra de sujeitos é pequeno, como neste estudo. A classificação do tamanho do efeito de *Cohen* pode ser pequeno ($d = 0,2$), médio ($d = 0,5$), grande ($d = 0,8$) e muito grande ($d \geq 1,3$) (Sullivan et al., 2012).

Resultados

As variáveis obtidas a partir dos registros de EMG, bem como a proporção das tarefas realizadas são apresentadas na Tabela 1. Embora a tarefa de manuseio tenha ocorrido na menor proporção do tempo de trabalho analisado (13%), foi observada a maior exigência biomecânica com significância estatística ($P < 0,05$) para a ativação média do trapézio ($P = 0,025$), bem como na carga máxima representada pelos percentis 90 e 99 ($P = 0,000$; $P = 0,000$). As diferenças entre as tarefas são apresentadas na Tabela 1 (teste de *Tukey*). A maior variação da exposição foi observada nas tarefas de manuseio, tanto para o trapézio direito quanto para o esquerdo. A diferença estatística ocorreu para a comparação com tarefas vigorosas ($P = 0,001$).

Tabela 1. Valores de média (desvio-padrão) para as proporções das tarefas e as variáveis de EMG registradas durante o manuseio, não manuseio, tarefas vigorosas e trabalho completo. Apresenta-se também os resultados estatísticos para as comparações pós-hoc entre o manuseio e cada uma das outras tarefas (não manuseio - 2, tarefas vigorosas - 3, trabalho total - 4). Apenas são mostrados valores correspondentes a tarefas que foram diferentes significativamente do manuseio ($P < 0,05$).

	manuseio [1]	não manuseio [2]	tarefas vigorosas [3]	trabalho total [4]	<i>post hoc</i> diferença do manuseio [1]
Proporção da tarefa. %	13.0(12.1)	57.1(7.73)	25.59(6.28)	100	
<i>Trapézio superior direito</i>					
Média, %MVE	10.9(6.2)	6.1(2.8)	6.2(3.1)	6.6(3.2)	2
DP min-min, %MVE	3.8(2.1)	2.4(0.8)	1.9(0.9)	3.0(1.2)	3
10 th percentil, %MVE	0.8(0.4)	0.7(0.6)	0.9(0.4)	0.7(0.4)	-
50 th percentil, %MVE	6.9(4.5)	4.7(3.0)	5.0 (2.8)	8.5(14.0)	-
90 th percentil, %MVE	26.0(14.5)	16.1(12.5)	12.6(6.3)	17.3(12.5)	-
99 th percentil, %MVE	57.3(17.9)	27.8(8.5)	26.1(10.9)	34.7(14.4)	2,3,4
<i>Trapézio superior esquerdo</i>					
Média, %MVE	11.1(6.3)	6.3(3.0)	10.4(13.4)	7.2(3.3)	-
DP min-min, %MVE	3.8(2.2)	2.5(0.7)	1.7(0.7)	3.1(1.1)	3
10 th percentil, %MVE	0.6(0.3)	0.6(0.5)	1.0(0.8)	0.7(0.4)	-
50 th percentil, %MVE	7.3(5.1)	5.3(3.3)	5.6(3.2)	5.5(3.3)	-
90 th percentil, %MVE	26.8(15.7)	14.0(5.9)	13.4(5.4)	18.5(12.4)	2
99 th percentil, %MVE	50.8(26.1)	30.3(10.6)	28.3(9.2)	36.3(14.9)	2,3

A exposição biomecânica postural também apresentou diferenças no manuseio de caixas em comparação com as outras tarefas realizadas (Tabela 2). Ocorreram diferenças significativas na flexão anterior do tronco e na elevação do braço esquerdo ($P < 0,05$). A postura de flexão anterior teve a maior amplitude durante as tarefas de manuseio ($P < 0,05$), mas as diferenças nas cargas de pico (percentis 90 e 99) ocorreram principalmente quando as tarefas de manuseio foram comparadas a tarefas vigorosas. A postura de elevação do braço foi maior nas tarefas de manuseio em relação às tarefas de não manuseio e tarefas vigorosas ($P < 0,05$). As diferenças na variação da exposição só ocorreram na elevação do braço esquerdo entre tarefas de manuseio em relação ao trabalho total ($P < 0,05$).

A Tabela 3 apresenta os dados do cálculo do tamanho do efeito entre o manuseio e as outras tarefas de trabalho. O tamanho do efeito foi grande (valores d de Cohen = 0,8), principalmente nas cargas pico (percentis 90° e 99°) da ativação do trapézio. Comparações de valores médios, bem como o percentil 50, foram associadas com tamanho efeito moderado ($d=0,5$).

Tabela 2. Valores médios (desvio padrão) para as variáveis de postura registradas durante as tarefas de manuseio, não-manuseio e tarefas vigorosas e trabalho total. As duas últimas colunas à direita mostram os resultados dos testes de *Friedman* para as diferenças entre as tarefas, e comparações *post hoc* entre o manuseio e cada uma das demais tarefas (não-manuseio - 2, tarefas vigorosas - 3, trabalho total- 4); Apenas são mostrados números correspondentes a tarefas que diferem significativamente do manuseio ($P < 0,05$).

	manuseio [1]	não manuseio [2]	tarefas vigorosas [3]	trabalho total [4]	diferenças entre tarefas	<i>post hoc</i> diferença do manuseio
<i>Tronco superior – flexão anterior [flexão (+), extensão (-)]</i>						
Média, %MVE	14.3(29.5)	6.6(22.7)	3.3(24.5)	2.7(25.4)	15.0(<0.00)	2,3,4
DP min-min, %MVE	13.6(7.8)	12.7(9.8)	11.7(8.8)	12.4(7.7)	2.2(<0.51)	-
10 th percentil, %MVE	-2.0(6.0)	-3.0(4.5)	-10.1(25.8)	-4.-1(6.1)	4.4(<0.21)	-
50 th percentil, %MVE	13.4(11.5)	6.9(9.5)	5.3(6.5)	4.7(27.4)	11.6(<0.00)	2,3,4
90 th percentil, %MVE	52.5(24.5)	32.5(17.3)	26.6(15.2)	28.4(15.6)	16.0(<0.00)	3,4
99 th percentil, %MVE	78.3(8.1)	71.5(6.9)	69.7(7.9)	72.0(4.2)	10.4(<0.01)	3,4
<i>Tronco superior – flexão lateral [direito(+), esquerdo(-)]</i>						
Média, %MVE	-3.9(4.2)	-4.0(3.7)	-3.5(4.4)	-3.6(4.4)	1.5(<0.66)	-
DP min-min, %MVE	3.9(1.2)	4.0(1.5)	4.2(2.4)	4.2(2.2)	0.6(<0.89)	-
10 th percentil, %MVE	-18.9(7.7)	-16.2(5.8)	-15.5(6.9)	-15.7(6.0)	2.6(<0.45)	-
50 th percentil, %MVE	-3.3(4.1)	-4.3(3.9)	-3.8(4.7)	-3.7(5.2)	2.2(<0.53)	-
90 th percentil, %MVE	9.7(4.8)	8.9(3.3)	8.5(4.4)	8.2(5.1)	3.0(<0.39)	-
99 th percentil, %MVE	25.1(4.2)	23.5(6.5)	21.9(3.9)	22.2(3.5)	3.7(<0.29)	-
<i>Elevação do braço direito</i>						
Média, %MVE	28.5(4.7)	25.7(7.8)	25.5(6.5)	27.0(5.7)	3.2(<0.35)	-
DP min-min, %MVE	5.5(1.7)	6.7(2.4)	5.8(1.4)	7.9(2.0)	8.8(<0.06)	-
10 th percentil, %MVE	11.0(2.42)	10.0(3.9)	10.5(3.8)	10.8(3.6)	7.9(<0.06)	-
50 th percentil, %MVE	25.3(4.6)	22.1(7.5)	22.6(6.5)	23.8(6.2)	3.3(<0.34)	-
90 th percentil, %MVE	50.1(6.5)	46.2(12.3)	44.0(9.5)	47.3(7.4)	6.2(<0.09)	-
99 th percentil, %MVE	79.0(13.1)	78.6(24.0)	71.5(16.7)	78.6(9.4)	4.4(<0.22)	-
<i>Elevação do braço esquerdo</i>						
Média, %MVE	29.5(5.8)	25.6(8.5)	25.9(7.0)	27.3(7.3)	9.2(<0.02)	2,3
DP min-min, %MVE	5.0(1.2)	5.0(1.3)	4.8(1.4)	7.0(1.8)	11.8(<0.00)	3
10 th percentil, %MVE	11.9(4.1)	11.5(6.1)	11.5(4.8)	11.8(5.4)	1.7(<0.61)	-
50 th percentil, %MVE	27.1(6.2)	22.9(9.0)	23.8(7.2)	24.9(8.1)	7.0(<0.07)	2
90 th percentil, %MVE	49.8(7.4)	43.5(11.2)	42.9(9.4)	45.6(8.7)	10.3(<0.01)	2,3
99 th percentil, %MVE	77.4(41.1)	70.2(14.7)	66.4(12.8)	74.4(13.0)	9.7(<0.02)	3

Tabela 3. Valores do tamanho do efeito (Cohen d) para dados de EMG e de postura ao comparar tarefas de manuseio com tarefas não manuseio, tarefas vigorosas e trabalho total. * Indica diferença significativa e grande tamanho de efeito ($d = 0,8$); ** indica a ocorrência de diferença significativa e tamanho de efeito muito grande ($d \geq 1,3$).

	manuseio <i>versus</i> não manuseio	manuseio <i>versus</i> tarefas vigorosas	manuseio <i>versus</i> trabalho total
<i>Trapézio superior direito</i>			
Média, %MVE	1.10*	1.04*	0.94*
DP min-min, %MVE	1,02*	1,30**	0,52
10 th percentil, %MVE	0.04	0.26	0.19
50 th percentil, %MVE	0.60	0.52	0.18
90 th percentil, %MVE	1.44**	1.32**	0.65
99 th percentil, %MVE	2.33**	2.25**	1.46**
<i>Trapézio superior esquerdo</i>			
Média, %MVE	0.98*	0.04	0.74
DP min-min, %MVE	0.79	1.34**	0.38
10 th percentil, %MVE	0.12	0.73	0.18
50 th percentil, %MVE	0.47	0.40	0.42
90 th percentil, %MVE	1.13*	1.21*	1.03*
99 th percentil, %MVE	0.84*	0.85*	0.71
<i>Tronco superior – flexão anterior</i>			
Média, %MVE	0.30	0.42	0.44
DP min-min, %MVE	0.10	0.24	0.16
10 th percentil, %MVE	0.18	0.53	0.36
50 th percentil, %MVE	0.64	0.94*	0.96*
90 th percentil, %MVE	1.00*	1.36**	1.26*
99 th percentil, %MVE	0.95*	1.12*	1.12*
<i>Tronco superior – flexão lateral</i>			
Média, %MVE	0.03	0.07	0.05
DP min-min, %MVE	0.05	0.09	0.07
10 th percentil, %MVE	0.42	0.48	0.48
50 th percentil, %MVE	0.26	0.12	0.09
90 th percentil, %MVE	2.30**	0.27	1.75**
99 th percentil, %MVE	0.52	0.79	1.27*
<i>Elevação do braço direito</i>			
Média, %MVE	0.46	0.55	0.29
DP min-min, %MVE	0.59	0.20	1.30**
10 th percentil, %MVE	0.33	0.16	0.06
50 th percentil, %MVE	0.55	0.49	0.28
90 th percentil, %MVE	0.43	0.78	0.42
99 th percentil, %MVE	0.02	0.52	0.04
<i>Elevação do braço esquerdo</i>			
Média, %MVE	0.56	0.58	0.34
DP min-min, %MVE	0.00	0.17	1.31**
10 th percentil, %MVE	0.07	0.09	0.01
50 th percentil, %MVE	0.58	0.51	0.32
90 th percentil, %MVE	0.70	0.85*	0.54
99 th percentil, %MVE	0.52	0.85*	0.23

Discussão

Este estudo foi realizado com o objetivo principal de investigar a exposição biomecânica durante a tarefa de manuseio de caixas em ambiente real. Quando comparado com outras tarefas realizadas pelos trabalhadores em sua rotina de trabalho, o manuseio de caixas apresentou demandas biomecânicas mais elevadas, apoiando a hipótese inicial. As diferenças foram identificadas principalmente quando comparadas com tarefas de não manuseio e tarefas vigorosas com tamanho de efeito grande e muito grande para os percentis 90 e 99. As diferenças relacionadas com a exposição do trabalho total ocorreram consistentemente apenas para a postura de flexão anterior, confirmando nossa segunda hipótese. As tarefas de manuseio de caixas foram associadas a uma maior variação da exposição apenas na ativação do trapézio. No entanto, apenas avaliamos o desvio padrão minuto a minuto.

O manuseio de caixas é identificado na literatura como um fator de risco para o desencadeamento de lesão musculoesquelética, com recomendações claras no controle das cargas manuseadas e nas alturas de deposição das caixas (Marras 2000, Ciriello 2003 e Oliveira et al., 2011). As indicações adversas associadas ao manuseio de caixas são normalmente avaliadas com base em ambientes laboratoriais de simulação de tarefas (Marras 2000; Ciriello et al. 2003; Oliveira et al. 2011). No entanto, os trabalhadores em ambientes industriais geralmente executam uma grande variedade de tarefas, incluindo o manuseio de caixas. Portanto, sua interação com outras tarefas em um ambiente real deve ser considerada. Observa-se que as tarefas de manuseio foram menos frequentes em relação às demais tarefas realizadas, com duração mais curta de tempo. Por outro lado, os resultados mostraram que as tarefas de manuseio exigiram uma alta carga de pico no músculo trapézio e na flexão anterior do tronco, em relação ao trabalho total. Além disso, o tamanho de efeito entre as comparações em relação ao manuseio de caixas foi grande ou muito grande, indicando a importância de reduzir a demanda biomecânica da tarefa de manuseio de caixas. Assim, da mesma forma que os resultados de avaliações simuladas, os resultados desse estudo sugerem que as tarefas de manuseio requerem intervenções para prevenir e controlar a carga musculoesquelética, particularmente nos membros superiores e na coluna. No entanto, a variabilidade da exposição foi maior no músculo trapézio durante o manuseio quando comparado com outras tarefas nas cargas de pico, por possibilitarem mais possibilidades de variação.

Como apenas o desvio padrão minuto a minuto foi utilizado outras métricas de variação também devem ser investigadas.

Os dados das posturas de elevação dos membros superiores não apresentaram o mesmo comportamento. Possivelmente, a justificativa seja pelas alturas pré-estabelecidas pela empresa, para controlar os níveis de empilhamento das caixas. Esta foi uma estratégia previamente adotada para evitar posturas de ombro muito elevadas, que pode explicar parcialmente a falta de diferenças nas posturas de ombro ao comparar as tarefas. Ainda assim, o braço esquerdo apresentou maiores amplitudes de elevação durante a tarefa de manuseio em relação às tarefas de não manuseio e tarefas vigorosas. Essas diferenças podem ser associadas a estratégias motoras desenvolvidas por sujeitos experientes (Gagnon 2005). De acordo com a literatura, tais estratégias incluem uma ampla gama de movimentos dos punhos, inclinação da caixa e movimentos antecipatórios dos pés, permitindo melhor controle, aproximação e distribuição da carga (Gagnon et al., 2000; Plamondon et al., 2010). A comparação da exposição biomecânica durante as tarefas de manuseio com outras tarefas consideradas pesadas disponíveis na literatura (Arvidsson et al., 2006, Nordander et al., 2016) sugerem que a tarefa de manuseio também não foi associada com grandes amplitudes de elevação do braço. Da mesma forma, a ativação muscular observada no presente estudo é semelhante à observada em tarefas industriais.

Com base nos principais achados identificados na literatura, intervenções para controlar a carga biomecânica imposta pelas tarefas de manuseio de caixas devem ser consideradas para evitar o risco de sobrecarga aguda nos tecidos e o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos (Barbe et al., 2013, Srinivasan e Mathiassen 2012, Nordander et al 2009, Sjøgaard e Sjøgaard 2014, Nordander et al., 2016). Além disso, uma diminuição da sobrecarga durante o manuseio das caixas não deve implicar em uma menor variabilidade da exposição pela alta demanda física das demais tarefas realizadas. Estudos recentes têm sugerido que uma variação na exposição pode evitar a sobrecarga e prevenir o desenvolvimento de sintomas e distúrbios musculoesqueléticos (Mathiassen et al., 2003; Richter et al 2009). A principal diferença na variação da exposição durante o manuseio de caixas foi identificada para o músculo trapézio, mas apenas o desvio padrão minuto a minuto foi utilizado como métrica de variação. Identifica-se uma literatura voltada para o trabalho sedentário, que sugere melhor distribuição da carga de trabalho como uma intervenção para melhorar a variabilidade, como a introdução de pausas e rodízio de tarefas (Larsen et al., 2009). No entanto, o

presente estudo pode ser um primeiro passo no desenvolvimento de avaliações e propostas de futuras intervenções ergonômicas em um contexto de trabalho pesado.

Uma consideração importante é a cerca da postura em pé adotada para a realização de todas as tarefas realizadas. A demanda dessa postura diária não permite a recuperação motora adequada, especialmente por não se observar variação de sentado para em pé e vice-versa. Oranye et al. (2016), em uma análise de regressão envolvendo um setor de saúde, identificaram que o risco de lesão física foi 2,7 vezes maior em trabalhos realizados em pé em relação aos desempenhados na postura sentada. Sjøgaard e Sjøgaard (2014) sugerem que tarefas dinâmicas e moderadamente pesadas poderiam evitar a sobrecarga musculoesquelética por meio da ativação variada de fibras musculares do tipo I e II, uma vez que uma recuperação adequada é oferecida. Como uma abordagem para introduzir variabilidade ocupacional e desempenho mais seguro das tarefas no ambiente industrial, as mudanças na postura corporal também devem ser investigadas.

A exposição do trabalho, associada com as informações das proporções de todas as tarefas realizadas, pode ser considerada uma forma de analisar a distribuição das tarefas ao longo do tempo de trabalho, bem como uma metodologia para investigar as relações da demanda de tarefa com os possíveis desencadeamentos de distúrbios musculoesqueléticos (Svendsen et al., 2005). Como o objetivo do estudo foi identificar as cargas biomecânicas específicas das tarefas de manuseio, as análises foram baseadas em tarefas que ocorreram com maior frequência, e não apenas no trabalho total (Winkel e Mathiassen, 1994). Observações diretas também foram realizadas anteriormente para realizar a classificação das tarefas mais frequentes.

Apesar da importância de desenvolver estudos em ambientes reais, observa-se algumas limitações inerentes. Os participantes não realizaram a mesma sequência e a mesma frequência de tarefas. Os trabalhadores foram avaliados durante suas rotinas de trabalho, e a ordem das tarefas realizadas foi diferente entre os trabalhadores. Além disso, a coleta de dados não foi realizada em mais de um dia de trabalho, e a variabilidade entre os dias não foi avaliada. Por outro lado, um ambiente de trabalho é um sistema complexo com várias interações, que não são reprodutíveis em ambientes de laboratório (Dempsey e Mathiassen, 2006, Mathiassen et al., 2003, Westgaard e Winkel, 1996, Mathiassen e Winkel, 1991). De acordo com Trask et al. (2008), a avaliação da exposição biomecânica durante quatro horas, como foi realizado neste estudo, pode ser suficientemente longo para estimar o tempo total de exposição do trabalho. Portanto,

essa metodologia de avaliação em ambiente real, com menor custo e dispêndio de tempo, pode ser considerada ao invés de avaliações de turno completo. Uma limitação importante nos estudos realizados em ambientes reais é o número reduzido de sujeitos disponíveis, especialmente nos dias atuais em que os sistemas de produção são restritos de operadores. Apesar disso, o número de participantes do presente estudo foi semelhante ao de outros que avaliaram a exposição biomecânica em ambientes de reais de trabalho (Moriguchi et al., 2011, Arvidsson et al., 2013). Além disso, todos os trabalhadores foram recrutados na mesma empresa, garantindo a validade interna do estudo, uma vez que todos os sujeitos foram expostos às mesmas condições organizacionais e ambientais (Domholdt 2010).

Conclusão

A exposição biomecânica da tarefa de manuseio de caixas foi diferente das outras tarefas realizadas em ambiente reais de trabalho industrial. As diferenças são mais evidentes na comparação isolada das tarefas. As comparações entre tarefas de manuseio e exposição total do trabalho foram semelhantes, pois os trabalhadores também realizaram outras tarefas com demandas biomecânicas moderadas. Sugere-se a implementação de intervenções com o objetivo de diminuir a carga biomecânica da tarefa de manuseio, e assim controlar as cargas de pico e prevenir o desencadeamento de distúrbios musculoesqueléticos.

Atividades de Pesquisa

Durante o curso de doutorado (Novembro/2012 – Novembro/2016), tivemos o apoio financeiro da FAPESP por meio de bolsa. Nesse período, foram desenvolvidos os dois estudos já apresentados nesta tese. Fui também coautora de outros projetos desenvolvidos no grupo de pesquisa. O primeiro foi relacionado ao incremento da variação da postura durante o uso do computador por meio do uso de mesas com altura ajustável, cujos resultados foram uma publicação no periódico *Ergonomics*¹ e outro manuscrito aceito no *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*². A outra colaboração foi com o projeto sobre a influência da automação industrial na variação da exposição biomecânica em trabalho manual repetitivo. Os resultados foram submetidos à *Ergonomics*³. Gostaria de enfatizar a importância do trabalho em equipe do laboratório (LACO), que de fato traz colaborações essenciais para realização dos estudos da presente tese.

Além dos resultados já mencionados, pude participar durante o curso de doutorado, apresentações orais em três grandes eventos científicos da área de pesquisa *International Society of Electrophysiology and Kinesiology* (ISEK 2014); Congresso Brasileiro de Ergonomia (ABERGO, 2014); *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (AHFE 2014); *International scientific conference on the prevention of work-related musculoskeletal disorders* (PREMUS 2016).

Por fim, realizei o estágio sanduíche também com apoio da FAPESP na *Virginia Polytechnic Institute and State University – Industrial System Engineer (ISE)*, orientada pelo Dr. Maury A. Nussbaum. Durante esse período, participei de discussões científicas relacionadas ao Estudo 1 da tese, e pude refazer as análises estatísticas do artigo.

¹ Barbieri, Dechristian França; Srinivasan, Divya; Mathiassen, Svend Erik; Nogueira, Helen Cristina; Oliveira, Ana Beatriz. The ability of non-computer tasks to increase biomechanical exposure variability in computer-intensive office work. *Ergonomics* (London. Print). , v.58, p.1 - 15, 2014.

² Barbieri, Dechristian França; Srinivasan, Divya; Mathiassen, Svend Erik; Nogueira, Helen Cristina; Oliveira, Ana Beatriz. Sit-stand tables with semi-automated position changes: a new interactive approach for reducing sitting in office work. Aceito no *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*.

³ Francisco Locks, Gert-Åke Hansson, Helen Cristina Nogueira, Henrik Enquist, Andreas Holtermann, Ana Beatriz Oliveira. Biomechanical exposure of industrial workers – Influence of automation process. Submetido à *Ergonomics*.

Colaborei em coleta de dados da sobrecarga física de mulheres durante a simulação de tarefas da indústria automobilística. Como tema central do estágio, fiquei responsável pela análise e redação de mais dois artigos, em parceria com Dr. Nussbaum (um submetido ao periódico *Ergonomics*⁴ e outro em fase final de preparo). A temática é sobre as influências do ciclo de trabalho e da massa das ferramentas utilizadas durante o trabalho acima da cabeça, utilizando o relato do desconforto percebido. Também participei de uma disciplina oferecida pelo Dr. Nussbaum sobre metodologia de pesquisa, e de mini cursos oferecidos pelo departamento *ISE*.

Atividades de ensino

Participei das atividades desenvolvidas na Disciplina de Estágio Fisioterapia na Atenção Básica auxiliando na supervisão dos estagiários na Unidade de Saúde da Família Jockey Clube – São Carlos, no período de 16 de março a 03 de julho de 2015.

Atividade de Extensão

Participei no ambulatório para atendimento fisioterapêutico aos portadores de dor orofacial em 2013 na Unidade de Saúde Escola (USE) – UFSCar – São Carlos.

⁴ Deepti Sood, Maury A. Nussbaum, Kris Hager and Helen Nogueira. Predicted endurance times during overhead work: influences of duty cycle and tool mass estimated using perceived discomfort. Submetido à *Ergonomics*.

Os estudos realizados nesta tese colaboram com as investigações prévias do grupo, que tem como objetivo melhorar as condições de trabalho durante o manuseio de caixas. As adaptações sobre o objeto a ser manuseado, considerando diferentes níveis de experiência com o trabalho, nos apresentam as perspectivas de benefícios destinadas aos possíveis usuários dos ajustes propostos. Da mesma forma, a melhor compreensão sobre a distribuição do manuseio de caixas em um contexto real de trabalho indica o quão relevante são as intervenções focadas no objeto a ser manuseado.

Observa-se na literatura uma redução no desenvolvimento de estudos que envolvem o manuseio de cargas. Inicialmente, as investigações eram mais voltadas para essa temática devido ao elevado número de distúrbios musculoesqueléticos com ênfase na coluna lombar. Sequencialmente, houve um incremento nas medidas de automação nos países desenvolvidos e, conseqüentemente, um aumento de postos de trabalho mais sedentários e repetitivos. Os estudos em saúde ocupacional se destinaram a essa nova problemática advinda do trabalho sedentário. No entanto, os estudos que continuam abordando o trabalho envolvendo o manuseio de caixas identificaram outras regiões corporais frequentemente acometidas por lesões musculoesqueléticas, como por exemplo, os membros superiores. Além disso, em países em desenvolvimento, o manuseio de materiais ainda é bastante presente em diversos contextos de trabalho. Seja pela falta de recursos financeiros para adotar a automação de processos, seja pela necessidade de transporte mais seletivo que o manuseio de caixas demanda em setores industriais, de distribuição de alimentos, construção civil etc. Dessa forma, considerando o contexto local onde foram desenvolvidos os estudos desta tese, bem como os recursos físicos e financeiros utilizados, espera-se que os resultados encontrados colaborem com o incremento da saúde ocupacional.

Conclui-se que a adaptação de caixas por meio de pegas pode ser uma intervenção adequada para diminuir a carga física imposta durante o manuseio. Usuários com maior tempo de experiência no trabalho apresentaram redução da carga física com esse novo design. Os novatos, por sua vez, demonstraram ainda vantagens adicionais com o uso das caixas protótipos. Ao analisar um contexto real de trabalho identifica-se a mesma necessidade de intervenções no manuseio de caixas, apesar da menor duração dessa tarefa em relação às demais tarefas do trabalho real. Por fim, sugerem-se estudos

futuros que tenham o objetivo de realizar intervenções no ambiente real de trabalho, seja pela introdução de caixas adaptadas ou pela melhor distribuição das tarefas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allread, W.G., Marras, W.S., Burr, D.L., 2000. Measuring trunk motions in industry: variability due to task factors, individual differences, and the amount of data collected. *Ergonomics* 43, 691-701.

Arvidsson, I. M., Arvidsson, A., Hansson G.a., Johansson C.R., and Skerfving S. 2006. "Musculoskeletal Disorders among Female and Male Air Traffic Controllers Performing Identical and Demanding Computer Work." *Ergonomics* 49 (11): 1052–1067. doi:10.1080/00140130600733816.

Arvidsson, I.M., Balogh, I., Hansson, G.A., Ohlsson, K., Åkesson, I., Nordander, C., Akesson, I., Nordander. C. 2012. "Rationalization in Meat Cutting - Consequences on Physical Workload." *Applied Ergonomics* 43 (6): 1026–1032. doi:10.1016/j.apergo.2012.03.001.

Arvidsson, Inger, Gert Åke Hansson, Svend Erik Mathiassen, and Staffan Skerfving. 2006. "Changes in Physical Workload with Implementation of Mouse-Based Information Technology in Air Traffic Control." *International Journal of Industrial Ergonomics* 36 (7): 613–622. doi:10.1016/j.ergon.2006.03.002.

Authier, M., Lortie, M., Gagnon, M., 1996. Manual handling techniques: Comparing novices and experts. *Int. J. Ind. Ergon.* 17, 419-429. Biometrics, 1997. Goniometer and torsionmeter operating manual. Gwent: UK.]

Authier, M., Gagnon M., and Lortie M. 1995. "Handling Techniques: The Influence of Weight and Height for Experts and Novices." *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 1 (3): 262–275. doi:10.1080/10803548.1995.11076324.

Barbe, Mary F, Sean Gallagher, Vicky S Massicotte, Michael Tytell, Steven N Popoff, and Ann E Barr-Gillespie. 2013. "The Interaction of Force and Repetition on Musculoskeletal and Neural Tissue Responses and Sensorimotor Behavior in a Rat Model of Work-Related Musculoskeletal Disorders." *BMC Musculoskeletal Disorders* 14 (1): 303. doi:10.1186/1471-2474-14-303.

Barbieri, Dechristian França, Divya Srinivasan, Svend Erik Mathiassen, Helen Cristina Nogueira, and Ana Beatriz Oliveira. 2015. "The Ability of Non-Computer Tasks to Increase Biomechanical Exposure Variability in Computer-Intensive Office Work." *Ergonomics* 58 (1): 50–64. doi:10.1080/00140139.2014.965753.

Blache, Y, Desmoulins L., P Allard, A Plamondon, and M Begon. 2015. "Effects of Height and Load Weight on Shoulder Muscle Work during Overhead Lifting Task." *Ergonomics* 58 (5): 748–761. doi:10.1080/00140139.2014.980336.

Ciriello, Vincent M. 2005. "The Effects of Box Size, Vertical Distance, and Height on Lowering Tasks for Female Industrial Workers." *International Journal of Industrial Ergonomics* 35 (9): 857–863. doi:10.1016/j.ergon.2005.03.003.

Ciriello, Vincent M. 2007. "The Effects of Container Size, Frequency and Extended Horizontal Reach on Maximum Acceptable Weights of Lifting for Female Industrial Workers." *Applied Ergonomics* 38 (1): 1–5. doi:10.1016/j.apergo.2006.02.001.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155–159.

Deeb, J.M., Drury, C.G., Begbie, K.L., 1985. Handle positions in a holding task as a function of task height. *Ergonomics* 28, 747-763.

Delise, A., Gagnon, M., Desjardins, P., 1996. Load Acceleration and Footstep Strategies in Asymmetrical Lifting and Lowering. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 2, 185-195.

Drury, C.G., Deeb, J.M., Hartman, B., Woolley, S., Drury, C.E., Gallagher, S., 1989. Symmetric and asymmetric manual materials handling. Part 1: Physiology and psychophysics. *Ergonomics* 32, 467-489.

Dutta, T., Holliday, P.J., Gorski, S.M., Baharvandy, M.S., Fernie, G.R., 2012. A biomechanical assessment of floor and overhead lifts using one or two caregivers for patient transfers. *Appl. Ergon.* 43, 521-531.

Foley, Michael, ã Ma, and Barbara Silverstein. 2015. "The Long-Term Burden of Work-Related Carpal Tunnel Syndrome Relative to Upper-Extremity Fractures and Dermatitis in Washington State." doi:10.1002/ajim.22540.

Gagnon, Denis, André Plamondon, and Christian Larivière. 2016. "A Biomechanical Comparison between Expert and Novice Manual Materials Handlers Using a Multi-Joint EMG-Assisted Optimization Musculoskeletal Model of the Lumbar Spine." *Journal of Biomechanics* 49 (13). Elsevier: 2938–2945. doi:10.1016/j.jbiomech.2016.07.009.

Gagnon, M., 2003. The efficacy of training for three manual handling strategies based on the observation of expert and novice workers. *Clin. Biomech.* 18, 601-611.

Gagnon, M., 2005. Ergonomic identification and biomechanical evaluation of workers strategies and their validation in a training situation: Summary of research. *Clin.Biomech.* 20, 569-580.

Gagnon, M., Delisle, A., Desjardins, P., 2002. Biomechanical differences between best and worst performances in repeated free asymmetrical lifts. *Int. J. Ind. Ergon.* 29,73-83.

Gagnon, M., Larrive, a., Desjardins, P., 2000. Strategies of load tilts and shoulders positioning in asymmetrical lifting. A concomitant evaluation of the reference systems of axes. *Clin. Biomech.* 15, 478-488.

Garg, A., Saxena, U., 1980. Container Characteristics and Maximum Acceptable Weight of Lift. *Hum. Factors* 22, 631-636.

Godwin, A. a., Stevenson, J.M., Agnew, M.J., Twiddy, A.L., Abdoli-Eramaki, M., Lotz,

C. a., 2009. Testing the efficacy of an ergonomic lifting aid at diminishing muscular fatigue in women over a prolonged period of lifting. *Int. J. Ind. Ergon.*39, 121-126.

Golriz, S., Walker, B., 2011. Can load carriage system weight, design and placement affect pain and discomfort? A systematic review. *J. Back Musculoskelet. Rehabil.*24, 1-16.

Habes, D., W. Carlson, and D. Badger. 1985. "Muscle Fatigue Associated with Repetitive Arm Lifts: Effects of Height, Weight and Reach." *Ergonomics* 28 (2): 471-488. doi:10.1080/00140138508963156.

Hansson, G.-A., Balogh, I., Ohlsson, K., Granqvist, L., Nordander, C., Arvidsson, I., Akesson, I., Unge, J., Rittner, R., Stromberg, U., Skerfving, S., 2009. Physical workload in various types of work: Part I. Wrist and forearm. *Int. J. Ind. Ergon.* 39,221-233.

Hansson, G.A., Balogh, I., Unge Bystrom, J., Ohlsson, K., Nordander, C., Asterland, P., Sjolander, S., Rylander, L., Winkel, J., Skerfving, S., 2001. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. *Scand. J. Work. Environ. Heal.* 27, 30-40.

Hermens, H.J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., Rau, G., 2000. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 10, 361-374.

Hodder, J.N., Holmes, M.W.R., Keir, P.J., 2010. Continuous assessment of work activities and posture in long-term care nurses. *Ergonomics* 53, 1097-1107.

Jonsson, B., 1982. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. *J. Hum. Ergol. (Tokyo)*. 11, 73-88.

Jensen, C., L. Finsen, K. Hansen, and H. Christensen. 1999. "Upper Trapezius Muscle Activity Patterns during Repetitive Manual Material Handling and Work with a Computer Mouse." *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 9 (5): 317-325. doi:10.1016/S1050-6411(99)00007-3.

Jung, H.S., Jung, H.S., 2010. A survey of the optimal handle position for boxes with different sizes and manual handling positions. *Appl. Ergon.* 41, 115-122.

Jung, H.S., Jung, H.-S., 2008. Design of liquid container handles in accordance with user preferences. *Ergonomics* 51, 247-260.

Koehoorn, M., Xu, F., Village, J., Trask, C., Teschke, K., 2010. Back injury trajectories in heavy industries: defining outcomes for epidemiological research. *J. Occup. Environ. Med.* 52, 908-912.

Larsen, Mette K, Afshin Samani, Pascal Madeleine, Henrik B Olsen, Karen Sjøgaard, and Andreas Holtermann. 2009. "Short-Term Effects of Implemented High Intensity

Shoulder Elevation during Computer Work.” *BMC Musculoskeletal Disorders* 10: 101. doi:10.1186/1471-2474-10-101.

Lee, J., Nussbaum, M. a., 2012. Experienced workers exhibit distinct torso kinematics/kinetics and patterns of task dependency during repetitive lifts and lowers. *Ergonomics* 1-13.

Legg, S J, and W S Myles. 1981. “Maximum Acceptable Repetitive Lifting Workloads for an 8-Hour Work-Day Using Psychophysical and Subjective Rating Methods.” *Ergonomics* 24 (November): 907–916. doi:10.1080/00140138108924913.

Madeleine, P, and T M T Madsen. 2009. “Changes in the Amount and Structure of Motor Variability during a Deboning Process Are Associated with Work Experience and Neck-Shoulder Discomfort.” *Applied Ergonomics* 40 (5). Elsevier Ltd: 887–894. doi:10.1016/j.apergo.2008.12.006.

Madeleine, P., Lundager, B., Voigt, M., Arendt-Nielsen, L., 2003. Standardized lowload repetitive work: Evidence of different motor control strategies between experienced workers and a reference group. *Appl. Ergon.* 34, 533-542.

Madeleine, P., Voigt, M., Mathiassen, S.E., 2008. The size of cycle-to-cycle variability in biomechanical exposure among butchers performing a standardised cutting task. *Ergonomics* 51, 1078-1095.

Marras, W.S., Allread, W.G., Burr, D.L., Fathallah, F. a, 2000. Prospective validation of a low-back disorder risk model and assessment of ergonomic interventions associated with manual materials handling tasks. *Ergonomics* 43, 1866-1886.

Marras, W.S., Granata, K.P., Davis, K.G., Allread, W.G., Jorgensen, M.J., 1999. Effects of box features on spine loading during warehouse order selecting. *Ergonomics* 42,980-996.

Marras, W.S., Parakkat, J., Chany, a. M., Yang, G., Burr, D., Lavender, S. a., 2006. Spine loading as a function of lift frequency, exposure duration, and work experience. *Clin. Biomech.* 21, 345-352.

Marras, W S. 2000. “Occupational Low Back Disorder Causation and Control.” *Ergonomics* 43 (7): 880–902. doi:10.1080/001401300409080.

Mathiassen, S.E., Winkel, J., Hagg, G.M., 1995. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. *J.Electromyogr. Kinesiol.* 5, 197-226.

Mathiassen, Svend Erik, Alex Burdorf, Allard J van der Beek, and Gert-Ake Hansson. 2003. “Efficient One-Day Sampling of Mechanical Job Exposure Data--a Study Based on Upper Trapezius Activity in Cleaners and Office Workers.” *AIHA Journal: A Journal for the Science of Occupational and Environmental Health and Safety* 64 (2): 196–211. doi:10.1080/15428110308984809.

Mathiassen, Svend Erik, Catarina Nordander, Susanne W. Svendsen, Helen M. Wellman, and Patrick G. Dempsey. 2005. "Task-Based Estimation of Mechanical Job Exposure in Occupational Groups." *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 31 (2): 138–151. doi:10.5271/sjweh.861.

MC_Gill, 2007. Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention and Rehabilitation.

Miranda, Helena, Eira Viikari-Juntura, Sami Heistaro, Markku Heliövaara, and Hilikka Riihimäki. 2005. "A Population Study on Differences in the Determinants of a Specific Shoulder Disorder versus Nonspecific Shoulder Pain without Clinical Findings." *American Journal of Epidemiology* 161 (9): 847–855. doi:10.1093/aje/kwi112.

Moriguchi, Cristiane Shinohara, Taísa Trevizani, Roberta De Fátima Carreira Moreira, Letícia Bergamin Januário, Ana Beatriz De Oliveira, and Helenice Jane Cote Gil Coury. 2012. "Need for Recovery Assessment among Nursing Professionals and Call Center Operators." *Work* 41 (SUPPL.1): 4838–4842. doi:10.3233/WOR-2012-0773-4838.

Muslim, K., Nussbaum, M. a, 2014. Musculoskeletal symptoms associated with posterior load carriage: An assessment of manual material handling workers in Indonesia. *Work* 00, 1-9.

Nogueira, Helen Cristina, Luciana Cristina da Cunha Bueno Silva, Helenice Jane Cote Gil Coury, Dechristian França Barbieri, and Ana Beatriz Oliveira. 2016. "Can Experience Modulate Handler Responses to Boxes Designed to Decrease Musculoskeletal Load?" *Ergonomics* 139 (August): 1–9. doi:10.1080/00140139.2016.1218942.

Nordander, Catarina, Gert Åke Hansson, Kerstina Ohlsson, Inger Arvidsson, Istvan Balogh, Ulf Strömberg, Ralf Rittner, and Staffan Skerfving. 2016. "Exposure-Response Relationships for Work-Related Neck and Shoulder Musculoskeletal Disorders - Analyses of Pooled Uniform Data Sets." *Applied Ergonomics* 55: 70–84. doi:10.1016/j.apergo.2016.01.010.

Oliveira, A. B., Silva, L.C.C.B., Palinkas, E.S.L., Padula, R.S., Coury, H.J.C.G., 2012. How is a box handled when all surfaces can be freely held? *Ergonomics* 55, 78-86.

Oliveira, A.B., Silva, L.C.C.B., Coury, H.J.C.G., 2011. How do low/high height and weight variation affect upper limb movements during manual material handling of industrial boxes? *Rev. Bras. Fisioter.* 15, 494-502.

Oranye, Nelson Ositadimma, Bernadine Wallis, Kim Roer, O T Reg Mb, Gail Archer-heese, O T Reg Mb, and Zaklina Aguilar. 2016. "Do Personal Factors or Types of Physical Tasks Predict Workplace Injury?" *Do Personal Factors or Types of Physical Tasks Predict Workplace Injury ?* 64 (4). doi:10.1177/2165079916630552.

Paschoarelli, L.C., de Oliveira, A.B., Gil Coury, H.J.C., 2008. Assessment of the ergonomic design of diagnostic ultrasound transducers through wrist movements and subjective evaluation. *Int. J. Ind. Ergon.* 38, 999-1006.

Plamondon, a., Delisle, a., Bellefeuille, S., Denis, D., Gagnon, D., Lariviere, C., 2014. Lifting strategies of expert and novice workers during a repetitive palletizing task. *Appl. Ergon.* 45, 471-481.

Plamondon, A., Denis, D., Delisle, A., Lariviere, C., Salazar, E., 2010. Biomechanical differences between expert and novice workers in a manual material handling task. *Ergonomics* 53, 1239-1253.

Richter, J M, S E Mathiassen, H P Slijper, E a B Over, and M a Frens. 2009. "Differences in Muscle Load between Computer and Non-Computer Work among Office Workers." *Ergonomics* 52 (12): 1540–1555. doi:10.1080/00140130903199905.

Samani, Afshin, Andreas Holtermann, Karen Sjøgaard, and Pascal Madeleine. 2009. "Active Pauses Induce More Variable Electromyographic Pattern of the Trapezius Muscle Activity during Computer Work." *Journal of Electromyography and Kinesiology* 19 (6). Elsevier Ltd: e430–e437. doi:10.1016/j.jelekin.2008.11.011.

Silva, L.C.C.B., Oliveira, A.B., Alem, M.E.R., Paschoarelli, L.C., Coury, H.J.C.G., 2012. Are cutout handles used when available in real occupational settings? Description of grips and upper extremities movements during industrial box handling. *Work* 41, 4808-4812.

Silva, L.C.D.C.B., de Oliveira, A.B., Silva, D.C., Paschoarelli, L.C., Coury, H.J.C.G., 2013. Evaluation of reusable cardboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects. *Int. J. Ind. Ergon.* 43, 154-160.

Sjøgaard, Gisela, and Karen Sjøgaard. 2014. "Muscle Activity Pattern Dependent Pain Development and Alleviation." *Journal of Electromyography and Kinesiology* 24 (6): 789–794. doi:10.1016/j.jelekin.2014.08.005.

Sporrong, H.; Sandsjo, L.; Kadefors, R. & Heberts, P. Assessment of workload and arm position during different work sequences: a study with portable devices on construction workers. *Appl. Ergon.*, 30:495-503,1999

Srinivasan, D., Mathiassen, S.E., 2012. Motor variability in occupational health and performance. *Clin. Biomech.* 27, 979-993.

Stergiou, N., Harbourne, R., Cavanaugh, J., 2006. Optimal movement variability: a new theoretical perspective for neurologic physical therapy. *J. Neurol. Phys. Ther.* 30, 120-129.

Straker, L., 1999. Body discomfort assessment tools. In: W. Karwowski and W. Marras, eds. *The occupational ergonomics handbook*. 1st ed. Boca Raton, USA: CRC Press.

Straker, L M, M G Stevenson, and L T Twomey. 1997. "A Comparison of Risk Assessment of Single and Combination Manual Handling Tasks: 2. Discomfort, Rating of Perceived Exertion and Heart Rate Measures." *Ergonomics* 40 (6): 656–669. doi:10.1080/001401397187955.

Sullivan, Gail M, and Richard Feinn. 2012. "Using Effect Size - or Why the P Value Is Not Enough." *Journal of Graduate Medical Education* 4 (3): 279–282. doi:10.4300/JGME-D-12-00156.1.

Svendsen, S W, S E Mathiassen, and J P Bonde. 2005. "Task Based Exposure Assessment in Ergonomic Epidemiology: A Study of Upper Arm Elevation in the Jobs of Machinists, Car Mechanics, and House Painters." *Occupational and Environmental Medicine* 62 (1): 18–27. doi:10.1136/oem.2004.015966.

Trask, Catherine M, Kay Teschke, James Morrison, Peter Wallace Johnson, Judy Village, and Mieke Koehoorn. 2008. "How Long Is Long Enough? Evaluating Sampling Durations for Low Back EMG Assessment." *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 5 (10): 664–670. doi:10.1080/15459620802313840.

Trask, C., Teschke, K., Morrison, J., Village, J., Johnson, P., Koehoorn, M., 2010. Using observation and self-report to predict mean, 90th percentile, and cumulative low back muscle activity in heavy industry workers. *Ann. Occup. Hyg.* 54, 595- 606.

Van Rijn, Rogier M., Bionka Ma Huisstede, Bart W. Koes, and Alex Burdorf. 2010. "Associations between Work-Related Factors and Specific Disorders of the Shoulder - A Systematic Review of the Literature." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 36 (3): 189–201. doi:10.1093/rheumatology/kep013.

Vrije, Hoozemans, Universteit Amsterdam, Wiebe De Vries, and Hankamp Rehab. 2016. "Effect of Lifting Height and Load Mass on Low Back Loading.," no. October (July): 1053–1063. doi:10.1080/00140130801958642.

Winter, D., 1990. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, second ed.

Winkel, J, and Svend Erik Mathiassen. 1994. "Assessment of Physical Work Load in Epidemiologic Studies: Concepts, Issues and Operational Considerations." *Ergonomics* 37 (6): 979–988. doi:10.1080/00140139408963711.

Winkel, Jørgen, and Rolf H. Westgaard. 1996. "Editorial: A Model for Solving Work Related Musculoskeletal Problems in a Profitable Way." *Applied Ergonomics* 27 (2): 71–77. doi:10.1016/0003-6870(95)00061-5.

Yeung, S.S., Genaidy, A., Deddens, J., Alhemood, A., Leung, P.C., 2002. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 27, 2166-2172.

7. ANEXOS

Comprovante de submissão do estudo 2

29/10/2016

ScholarOne Manuscripts

 Ergonomics

[# Home](#)

[/ Author](#)

[Review](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to
Ergonomics

Manuscript ID
TERG-2016-0442

Title
How does the biomechanical exposure in manual box handling differ from exposure in other tasks in the real industrial context?

Authors
Nogueira, Helen
Locks, Francisco
Barbieri, Dechristian
Oliveira, Ana

Date Submitted
29-Oct-2016

[Author Dashboard](#)