

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

**AVALIAÇÃO DAS AMPLITUDES DE MOVIMENTO DO COTOVELO,
ANTEBRAÇO E PUNHO DURANTE MANUSEIO DE CARGA EM UM SETOR
INDUSTRIAL**

LUCIANA CRISTINA DA CUNHA BUENO SILVA

SÃO CARLOS
2008

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

**AVALIAÇÃO DAS AMPLITUDES DE MOVIMENTO DO COTOVELO,
ANTEBRAÇO E PUNHO DURANTE MANUSEIO DE CARGA EM UM SETOR
INDUSTRIAL**

ORIENTADORA: PROFA. DRA. HELENICE JANE COTE GIL COURY

ALUNA: LUCIANA CRISTINA DA CUNHA BUENO SILVA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Linha de pesquisa: Instrumentação e Análise Cinesiológica e Biomecânica do Movimento.

Área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia



APOIO FINANCEIRO: CAPES
SÃO CARLOS
2008

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

S586aa

Silva, Luciana Cristina da Cunha Bueno.

Avaliação das amplitudes de movimento do cotovelo, antebraço e punho durante manuseio de carga em um setor industrial / Luciana Cristina da Cunha Bueno Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2009.

56 f.

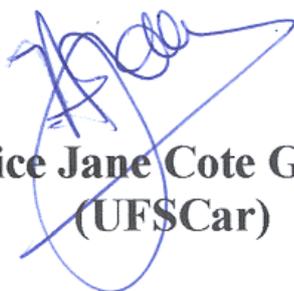
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Ergonomia. 2. Saúde e trabalho. 3. Lesões musculoesqueléticas - fatores de risco. 4. Eletrogoniometria. 5. Manuseio de carga. 6. Membros superiores. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE Luciana Cristina da Cunha Bueno Silva, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 19 DE FEVEREIRO DE 2009.

BANCA EXAMINADORA:



**Helenice Jane Cote Gil Coury
(UFSCar)**



**Tânia de Fátima Salvini
(UFSCar)**



**Luis Carlos Paschoarelli
(UNESP)**

DEDICATÓRIA

À minha família,

Aos meus pais José Antônio e Maria Cristina pelo apoio, incentivo e pela oportunidade de chegar até aqui. Pelo esforço que sempre fizeram para que eu tivesse uma boa educação, deixando muitas vezes seus sonhos de lado para que eu pudesse realizar os meus. Por serem exemplos de vida, de trabalho e dedicação. Eu sei que vocês sempre vão estar ao meu lado. Espero um dia poder ser para meus filhos uma parte do que vocês são para mim.

Ao meu irmão Daniel pela paciência, apoio e convivência. Você é uma das pessoas mais inteligentes que eu conheço.

Aos meus queridos avós João e Joana pelo imenso carinho e amor. Se ter pai e mãe na vida já é um grande privilégio, ter avós como vocês é uma benção ainda maior. Agradeço muito a Deus por ter vocês ao meu lado.

Ao Guilherme pelo amor e apoio nas horas mais difíceis, desde o vestibular!

Vocês são os amores da minha vida, e esta conquista também é de vocês. Não tenho como agradecer...

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À professora Helenice,

Por ter me acolhido no laboratório, pela oportunidade de aprendizado oferecida, pela disponibilidade e incentivo. Agradeço muito sua contribuição para minha formação profissional e pessoal, desde a graduação. Por ter acreditado que eu poderia realizar este trabalho. Pelo exemplo de profissionalismo e dedicação.

Minha imensa admiração e respeito.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos pelos ensinamentos ao longo das disciplinas cursadas, desde a graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo auxílio financeiro.

Aos funcionários do programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, especialmente à Kelly pela eficiência com que sempre me atendia.

Aos membros da banca que contribuíram valiosamente com este trabalho.

Aos voluntários que participaram deste estudo.

À Iolanda por mostrar que ser feliz é simples. Você é demais!

Às queridas amigas de laboratório Ana Beatriz, Cristiane, Letícia, Roberta e Tatiana pelo apoio nas horas alegres e nas dificuldades. Bia e Tati muito obrigada pela disponibilidade e por compartilharem sempre seus conhecimentos. Vocês são muito competentes. Bia muito obrigada pela contribuição neste e em outros trabalhos. Cris e Rô muito obrigada pelas risadas e pelas idas à Faber. Lê muito obrigada pela amizade e companheirismo desde o estágio. Obrigada pelo apoio de vocês na realização deste trabalho e por serem muito mais que colegas de laboratório!

Aos amigos de laboratório Rodrigo, Patrícia, Jerônimo e às meninas Aline, Natália e Fabiana pela convivência e amizade.

Ao Juninho pela competência com que realizou as ilustrações deste trabalho.

Meu muito obrigada a todos!

“De tudo, ficaram três coisas: a certeza de que ele estava sempre começando, a certeza de que era preciso continuar e a certeza de que seria interrompido antes de terminar”.

Portanto deveria:

“Fazer da interrupção um caminho novo. Fazer da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sono uma ponte, da procura um encontro”.

Fernando Sabino
(O Encontro Marcado)

RESUMO

Apesar da intensa mecanização ocorrida nos últimos anos, o manuseio de materiais ainda ocorre na maioria dos ambientes ocupacionais. Os movimentos de preensão têm sido relacionados com lesões musculoesqueléticas, no entanto, poucas pesquisas avaliando movimentos dos membros superiores por meio de medidas diretas em ambientes ocupacionais estão disponíveis na literatura. O objetivo do presente estudo foi descrever os tipos de preensão adotados durante o manuseio de caixas em diferentes alturas em paletes industriais, e registrar os movimentos do punho, antebraço e cotovelo. Sete trabalhadores experientes tiveram seus movimentos registrados por meio do eletrogoniômetro durante atividade real em ambiente ocupacional. A maioria dos trabalhadores posicionou as mãos na carga de forma assimétrica, sendo que as alças da caixa não foram utilizadas. Movimentos amplos do cotovelo e amplitudes extremas de extensão e desvio radial do punho foram observados nos diferentes tipos de preensões adotadas. Os testes de Kruskal-Wallis e post hoc de Dunn apontaram diferenças significativas nas amplitudes de movimento para as diferentes alturas de manuseio. Novos designs de caixas associados ao treinamento dos trabalhadores devem merecer atenção de estudos futuros como forma de diminuir a sobrecarga nos membros superiores durante manuseios.

Palavras-chave: prevenção de lesões musculoesqueléticas, saúde ocupacional, ergonomia, eletrogoniometria.

ABSTRACT

Despite the intense mechanization that has taken place over recent years, manual material handling still takes place in most occupational environments. Gripping loads have been related with musculoskeletal disorders, but few studies evaluating upper-limb movements by means of direct measurements in occupational environments are available in the literature. The aim of the present study was to describe the types of grip adopted during handling boxes at different heights on industrial pallets, and to record the wrist, forearm and elbow movements. Electrogoniometry was used to record the movements of seven experienced workers during a real activity in an occupational environment. Most of the workers positioned their hands on the load asymmetrically, and the box handles were not used. Large elbow movements and extreme amplitudes of wrist extension and radial deviation were observed according to the different types of grip. The Kruskal-Wallis and post-hoc Dunn tests indicated significant differences in the range of motion for the different heights of the handling task. In order to decrease the load on the upper limbs during manual material handling activities, new box designs associated with worker training, need to be investigated in future studies.

Key-words: prevention of musculoskeletal disorders, occupational health, ergonomics, electrogoniometer.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
2. INTRODUÇÃO.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1 SUJEITOS.....	7
3.2 TAREFA AVALIADA.....	7
3.3 EQUIPAMENTOS.....	8
3.4 PROCEDIMENTOS.....	9
3.5 ANÁLISE DE DADOS.....	11
4. RESULTADOS.....	13
4.1 TIPOS DE PREENSÃO.....	13
4.2. AMPLITUDE DE MOVIMENTO E TIPOS DE PREENSÃO.....	14
4.3. AMPLITUDE DE MOVIMENTO E ALTURAS DE MANUSEIO.....	16
5. DISCUSSÃO.....	19
6. CONCLUSÃO.....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
8. ANEXOS.....	29
8.1 ANEXO I: APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.....	30
8.2 ANEXO II: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	31
8.3 ANEXO III: E-MAIL DE SUBMISSÃO DO ESTUDO.....	33
8.4 ANEXO IV: ARTIGO COMPLETO SUBMETIDO NA REVISTA: INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS.....	34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ponto de origem em apoio inclinado (A) e ponto final dos manuseios no palete (B)..... 8
- Figura 2.** Tipos de preensão registrados durante a coleta de dados. A: preensão da caixa utilizando ambas as mãos nas alças; B: uma das mãos posicionada na alça e a outra mão utiliza a aba da caixa; C: ambas as mãos utilizam os bordos da caixa para preensão..... 13
- Figura 3.** Valores médios (—), desvios-padrão (□) e valores médios mínimos e máximos (|) para cada tipo de preensão (A, B.1, B.2, C) para os movimentos de: flexo-extensão dos cotovelos (Figura 3-A) direito (D) e esquerdo (E); prono-supinação dos antebraços (Figura 3-B) direito (D) e esquerdo (E); flexo-extensão dos punhos (Figura 3-C) direito (D) e esquerdo (E); desvios radio-ulnar dos punhos (Figura 3-D) direito (D) e esquerdo (E). A faixa cinza representa as amplitudes de movimento consideradas seguras para cada articulação de acordo com a literatura consultada..... 15
- Figura 4.** Valores médios (—), desvios-padrão (□) e valores médios mínimos e máximos (|) para cada altura de manuseio (A1, A2, A3 e A4) para os movimentos de: flexo-extensão dos cotovelos (Figura 4-A) direito (D) e esquerdo (E); prono-supinação dos antebraços (Figura 4-B) direito (D) e esquerdo (E); flexo-extensão dos punhos (Figura 4-C) direito (D) e esquerdo (E); desvios radio-ulnar dos punhos (Figura 4-D) direito (D) e esquerdo (E). A faixa cinza representa as amplitudes de movimento consideradas seguras para cada articulação de acordo com a literatura consultada..... 17

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O manuseio de materiais pode ser descrito como o movimento de cargas por meio da preensão, levantamento, abaixamento, e atos de empurrar, puxar ou carregar objetos no trabalho (YOON e SMITH, 1999). As tarefas de manuseio são associadas à alta incidência de lesões musculoesqueléticas (YEUNG et al., 2002). A região mais acometida é a coluna lombar seguida pelos membros superiores (DEMPSEY e HASHEMI, 1999; STRAKER, 1999).

Entre as décadas de 1960 e 1980 muitos estudos foram realizados utilizando diferentes abordagens (epidemiológica, fisiológica e biomecânica) para avaliar os efeitos do manuseio no sistema musculoesquelético. Com a mecanização e automação dos sistemas produtivos na década de 1980 aceitou-se que os principais fatores de risco relacionados ao manuseio estariam resolvidos. Isso explicaria o desinteresse pelo assunto e o número restrito de estudos sobre o tema na década de 1990. No entanto, ao final da década de 1990 percebeu-se que não apenas a produção gerada de forma automatizada precisava continuar sendo distribuída, como também isso ocorreria mais manualmente com o advento dos *call centers*, redes de distribuição e sistemas *delivery*. Assim, o manuseio voltava a ganhar importância como fator de risco no contexto industrial e, sobretudo, nos setores de serviço (MARRAS, 2000). Porém, maior número de estudos têm enfatizado a coluna lombar, com poucos estudos publicados referentes aos membros superiores.

Como fatores significativos para o desenvolvimento de lesões nos membros superiores podem ser citados: massa manuseada, repetição da tarefa (MARRAS, 2000), tempo insuficiente para a recuperação tecidual, posturas inadequadas e desempenho excessivo de força (COLOMBINI et al., 2008). Dentre estes fatores, a postura e o

movimento são variáveis importantes no design e avaliação do trabalho, pois amplitudes extremas das articulações podem alterar a resposta do tecido à carga de trabalho e diminuir o desempenho (WELLS, 2004). Estudos que avaliaram a força de preensão máxima em posturas pré-determinadas dos membros superiores afirmam que posturas envolvendo desvio do punho (KATTEL et al., 1996) ou prono-supinação extremas do antebraço (LASTAYO et al., 1995) reduzem a vantagem biomecânica na aplicação da força e representam um fator de risco para os membros superiores. Neste sentido, Paschoarelli et al. (2004) realizaram uma revisão da literatura explorando parâmetros angulares para avaliação dos movimentos dos membros superiores e sugeriram faixas de amplitude de movimento seguras e críticas para as articulações do punho e antebraço. Desta forma, os autores consideraram os movimentos de até 15° de flexo-extensão e entre 10° e 15° de desvio radio-ulnar como uma faixa de amplitude de movimento segura para a articulação do punho e, movimentos de até 45° de prono-supinação como uma faixa de amplitude de movimento segura para a articulação do antebraço. Para os cotovelos, Murray et al. (1995) avaliaram, através de modelo computacional, a influência do ângulo articular no momento dos músculos que cruzam o cotovelo. Os autores afirmaram que a faixa de 80° a 120° favorece o desenvolvimento de força dos principais músculos envolvidos na flexão do antebraço.

Tendo em vista a alta incidência de lesões nos membros superiores durante o manuseio de materiais e da carência de estudos que avaliem esta região durante o manuseio, estudos prévios foram realizados em laboratório (OLIVEIRA et al., submetido; SILVA et al., 2006) buscando avaliar as forças aplicadas pela mão em uma caixa instrumentada com faces ativas e os movimentos da articulação do punho durante a movimentação desta caixa entre diferentes alturas de uma prateleira. Estes estudos contribuíram com algumas respostas, tais como o fato de sujeitos experientes e

inexperientes na tarefa de manuseio utilizarem as faces inferior e lateral, de forma simétrica, para a realização de todos os manuseios. Porém, como este estudo foi realizado em laboratório, através de uma tarefa de manuseio padronizada, novos questionamentos surgiram. Dentre eles, identificou-se a necessidade de conhecer como indivíduos experientes realizariam o manuseio na situação real de trabalho, e quais os riscos para as articulações dos membros superiores durante essa atividade. Uma extensa revisão realizada por Sedgwick e Gormley (1998) mostrou que a maioria dos estudos são realizados em laboratório por meio de tarefas altamente padronizadas e que têm pequena aproximação com as tarefas de manuseio que ocorrem em situações reais de trabalho. Os principais fatores limitantes do desempenho do manuseio em situação de laboratório são a restrição da mobilidade dos pés (pés paralelos ou estáticos) e as maneiras de manusear a caixa (mãos fixas e com alças), situações que raramente são encontradas na prática (GAGNON, 2003). A avaliação de ambientes ocupacionais reais fornece maior riqueza de detalhes com relação aos fatores envolvidos na etiologia das desordens músculoesqueléticas. A simulação das tarefas ocorre em ambiente rigorosamente controlado e os resultados destes estudos muitas vezes não podem ser generalizados, de forma a trazer benefícios para a saúde dos trabalhadores e para as indústrias (SCOTT e RENZ, 2006).

Diante da importância da avaliação dos movimentos dos membros superiores durante o manuseio de materiais e da necessidade de se realizar avaliações precisas em ambiente real de trabalho foi desenvolvido o presente estudo, no qual buscou-se avaliar uma tarefa representativa dentre as situações de manuseio presentes em indústria, que pudesse ser generalizada para outros ambientes ocupacionais. O estudo realizado é apresentado a seguir e permitiu avaliar as amplitudes de movimento das articulações do punho, antebraço e cotovelo em uma situação real de manuseio, na qual pode-se

observar que os diferentes tipos de preensão adotados, bem como as alturas de manuseio (camadas do palete) influenciaram as amplitudes de movimento das articulações do cotovelo e punho e que a pega simétrica proporcionou posturas mais seguras e de maior vantagem biomecânica para estas articulações.

2. INTRODUÇÃO

Apesar da intensa mecanização e rápido avanço tecnológico ocorrido nos últimos anos, o manuseio de materiais ainda é comum em muitos ambientes ocupacionais (WANG et al., 2000). As tarefas de manuseio têm sido foco de muitos estudos já que são associadas à alta incidência de lesões musculoesqueléticas, principalmente na coluna lombar e membros superiores (DEMPSEY e HASHEMI, 1999; STRAKER, 1999; YEUNG et al., 2002). Muitos estudos têm dirigido atenção a região da coluna (GAGNON et al., 2002; PADULA e GIL COURY, 2003a; PADULA e GIL COURY, 2003b), porém o alto índice de reivindicações trabalhistas e os custos associados indicam que outras regiões do corpo, como os membros superiores, devem ser estudadas (DEMPSEY e HASHEMI, 1999).

A carência de estudos que avaliam os movimentos dos membros superiores parece estar relacionada à dificuldade em avaliá-los, uma vez que apresentam movimentos variados e complexos (RAU et al., 2000). Para minimizar essa dificuldade, os estudos são realizados em ambientes simulados, nos quais as tarefas de manuseio podem ser mais controladas. Como consequência, boa parte desses resultados não pode ser generalizada para situações reais, deixando de beneficiar a saúde dos trabalhadores e as indústrias (SCOTT e RENZ, 2006).

Estudos preventivos envolvendo tarefas simuladas de manuseio têm explorado, dentre outros fatores, a tarefa propriamente dita e as interfaces mão/caixa. Com relação à tarefa e visando diminuir a sobrecarga, sobretudo na região lombar, muitos estudos realizados em situações simuladas sugerem alturas ideais de levantamentos e abaixamentos (CIRIELLO 2001, 2003, 2005 e 2007). Wang et al. (2004) avaliaram os movimentos de desvio do punho durante manuseio de uma caixa entre diferentes alturas

também em situações simuladas. Esses autores observaram que a altura afetou significativamente a postura do punho e sugeriram que o manuseio deve ser realizado próximo à altura dos cotovelos. Para as interfaces mão/caixa estudo realizado em situação simulada sugere o uso de alças com o objetivo de melhorar o acoplamento mão/carga e minimizar a demanda física exigida pela tarefa (COURY e DRURY, 1982). Porém, um levantamento sobre o uso de caixas na indústria mostrou que poucas caixas possuem alças e, mesmo quando as alças estão disponíveis, os trabalhadores raramente as utilizam para efetuar o manuseio (DRURY et al., 1982).

Diante da alta incidência de lesões nos membros superiores durante o manuseio de materiais e da carência de estudos que avaliem as amplitudes de movimento por meio de medidas objetivas e durante tarefas reais, os objetivos do presente estudo foram (1) descrever os tipos de preensão adotados no manuseio de caixas; (2) avaliar riscos presentes nos movimentos registrados, à luz da literatura, referente a faixas de amplitude de melhor vantagem biomecânica; (3) comparar as amplitudes médias de cada articulação em diferentes alturas de manuseio em paletes industriais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 SUJEITOS

Um cálculo amostral foi realizado de acordo com Filho (1999). Foram estabelecidos: α de 5%; β de 20%; σ de 18,15 graus como o maior desvio-padrão esperado (estabelecido através de estudo piloto); Δ de 5 graus que foi considerado como a amplitude clinicamente significativa para o movimento das articulações do membro superior; que resultou em um valor de n igual a 6,27. Participaram do estudo sete sujeitos do sexo masculino com idade média de 36,5 ($\pm 8,9$) anos, 79,4 ($\pm 14,7$) kg e 1,7 ($\pm 0,05$) m. Os sujeitos representavam a totalidade do quadro de funcionários que exercia a atividade de manuseio de peso no setor gráfico de uma indústria, e tinham experiência mínima de dois anos na tarefa. Apenas um indivíduo possuía dominância manual esquerda.

Na ocasião da coleta, nenhum voluntário relatou a presença de sintomas associados às atividades exercidas que pudessem afetar os resultados. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética local (CAAE 0054.0.135.000-07).

3.2 TAREFA AVALIADA

A atividade de manuseio consistia na transferência de caixas de papelão com embalagens para material de escritório de um suporte inclinado (Figura 1-A) para um palete no qual as caixas eram empilhadas (Figura 1-B). O fechamento das caixas (abas) poderia ser realizado antes do manuseio (caixa sobre o suporte inclinado), ou após o depósito da caixa sobre o palete. O palete é uma plataforma de madeira sobre a qual se

põe a carga empilhada a fim de ser transportada em grandes blocos (MICHAELIS, 2008). A tarefa avaliada representa uma das atividades de manuseio mais comuns em ambientes de trabalho, principalmente quando se considera indústrias e centros de distribuição e estoque de produtos (MARRAS et al., 1999).

As caixas manuseadas apresentavam dimensões de 53 x 47 x 27 cm e possuíam orifícios ovais laterais (alças) para facilitar a pega, de dimensões 9 x 4 cm. As massas das caixas manuseadas variaram de 7 a 20 kg.

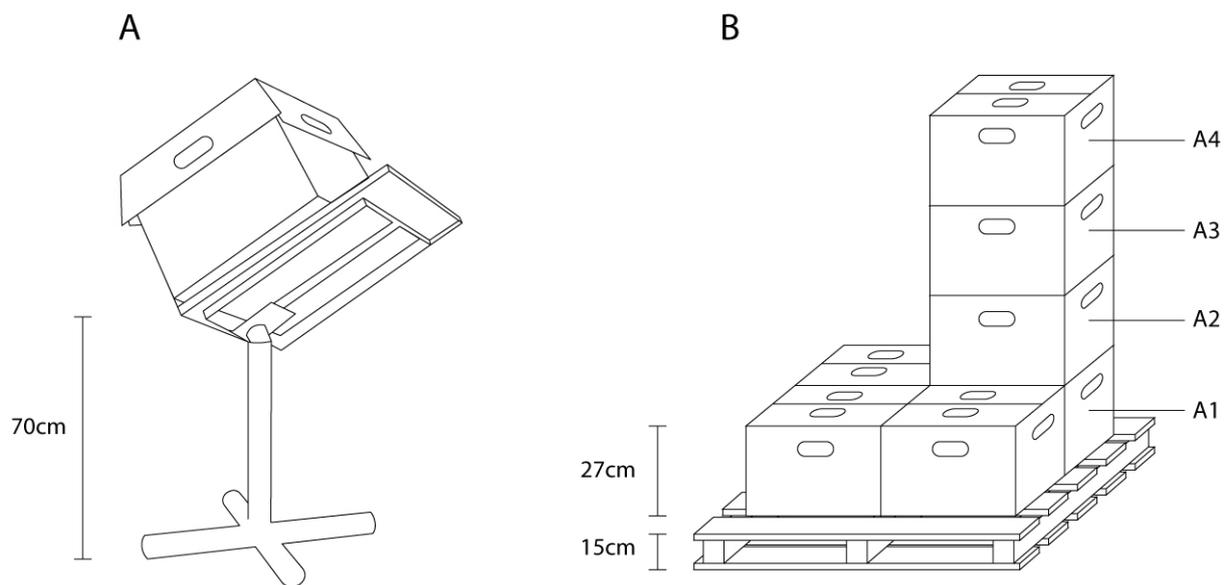


Figura 1: Ponto de origem em apoio inclinado (A) e ponto final dos manuseios no palete (B).

3.3 EQUIPAMENTOS

Os movimentos bilaterais dos membros superiores foram registrados por meio de eletrogoniômetros biaxiais (Biometrics, Gwent, UK). Cada sensor do eletrogoniômetro é constituído por dois terminais, um telescópico e outro fixo, os quais são acoplados sobre as regiões dos segmentos adjacentes à articulação que será

avaliada. Os sensores são interligados por uma mola protetora, dentro da qual existe um fio com uma série de *strain gauges*, montados em planos ortogonais (biaxial) cujo movimento entre seus terminais estimula os sensores e promove uma corrente elétrica que é lida em ângulos pela célula de aquisição de dados. Para a coleta dos dados foram utilizados os modelos XM65 (punho: flexo-extensão e desvios radial e ulnar), XM110 (cotovelo: flexo-extensão), Z110 (antebraço: prono-supinação) e a unidade de aquisição DataLog (Biometrics, Gwent, UK). A frequência de amostragem foi de 100 Hz e os dados foram registrados durante toda a coleta.

Os eletrogoniômetros utilizados neste estudo foram considerados confiáveis e acurados, com erros de até 3° para os planos de flexo-extensão e desvio (SHIRATSU e COURRY, 2003). Erros devido ao crosstalk também podem ser desconsiderados para a maioria das aplicações (HANSSON et al., 2004).

3.4 PROCEDIMENTOS

Inicialmente, os sujeitos foram informados a respeito do estudo e preparados para o início da coleta de dados. Os sensores foram fixados por meio de fita dupla-face nos seguimentos próximos às articulações, sobre uma linha traçada entre dois pontos anatômicos de referência para a identificação do centro dos segmentos. O centro da mola do eletrogoniômetro coincidiu com o centro articular, de acordo com instruções do fabricante (BIOMETRICS, GWENT, UK, 2007).

Para manutenção da fixação dos sensores durante todo o período de coleta foram utilizadas faixas elásticas sobre os terminais dos eletrogoniômetros. As faixas foram aplicadas com uma leve compressão de forma a não restringir os movimentos dos membros superiores e não tocar na mola protetora do fio onde estão contidos os *strain*

gages. As faixas auxiliam na manutenção do posicionamento do eletrogoniômetro e reduzem o efeito da movimentação dos tecidos moles (ROWE et al., 2001).

A calibração dos sensores eletrogoniométricos foi realizada a partir do registro de uma posição de referência, pré-determinada para cada articulação (BIOMETRICS, GWENT, UK, 2007). Além disso, a posição mecânica neutra do equipamento (0°) foi estabelecida por meio do registro do eletrogoniômetro fixo em um goniômetro universal alinhado (0°). O registro da posição de referência foi realizado através da manutenção dos membros superiores dos indivíduos na posição neutra de cada articulação, durante o período de um minuto. Para os sensores do punho foi solicitado aos sujeitos que apoiassem os antebraços sobre uma superfície plana e mantivessem as mãos alinhadas em pronação. Para os sensores do antebraço, ainda com os antebraços apoiados, foi solicitado aos sujeitos que adotassem a posição neutra de prono-supinação com os polegares voltados para cima. E, finalmente, para os sensores do cotovelo foi solicitado aos sujeitos que mantivessem os membros superiores alinhados junto ao corpo, com os cotovelos em extensão e as palmas das mãos voltadas para o corpo. Após a preparação e registro das posições de referência os sujeitos foram orientados a desenvolver seu trabalho da maneira mais natural possível.

Todas as coletas foram filmadas. A sincronização dos registros eletrogoniométricos com os registros da câmera foi feita através de um cabo de sincronização conectado ao DataLog, que disparava os registros dos sensores no mesmo momento em que uma luz era acesa. Desta forma, os períodos de início e término de cada um dos manuseios, bem como o posicionamento das caixas no palete e as pegadas adotadas pelos indivíduos puderam ser descritos. Os dados foram coletados no ambiente de trabalho durante o preenchimento de um palete. Cada palete era montado com 16 caixas, distribuídas em quatro camadas (alturas) (Figura 1).

3.5 ANÁLISE DE DADOS

Os tipos de preensão realizados durante as atividades de manuseio foram avaliados de maneira descritiva. Para a análise dos registros eletrogoniométricos foi desenvolvida uma rotina em ambiente MatLab (7.0.1). Os dados foram filtrados usando o filtro *Butterworth* de segunda ordem, atraso de fase zero e frequência de corte de 5 Hz. A frequência de corte foi determinada a partir de análise residual prévia (WINTER, 1990). Para garantir que todo o período da tarefa fosse contemplado pela análise, foi subtraído um segundo do início e adicionado um segundo ao término de cada manuseio. Sendo assim, foram separados do registro apenas os dados correspondentes aos instantes em que ocorreram os manuseios. Foram então calculadas as amplitudes de movimento médias, desvios-padrão, mínimos e máximos para cada um dos manuseios, de cada voluntário.

A presença de risco postural para as articulações do membro superior foi analisada segundo faixas de amplitude segura ou de vantagem biomecânica, descritas em revisão da literatura. Para a articulação do punho posturas de até 15° de flexo-extensão e 10° e 15° de desvios radio-ulnar, respectivamente, foram considerados como uma faixa de amplitude movimento segura (ARMSTRONG et al., 1986; McATAMENY e CORLLET, 1993; PASCHOARELLI et al., 2008). Para o antebraço amplitudes de até 45° foram consideradas seguras para os movimentos de pronosupinação (ARMSTRONG et al., 1986; McATAMENY e CORLLET, 1993; PASCHOARELLI et al., 2008). Com relação à articulação do cotovelo, a faixa de 80° a 120° de flexão foi considerada segura, uma vez que inclui amplitudes de maior vantagem biomecânica para os principais músculos envolvidos na flexão do antebraço (MURRAY et al., 1995).

Os resultados foram testados com relação à normalidade (teste de Shapiro-Wilks $P \geq 0,05$) e homocedasticidade (Levene $P \geq 0,05$). Como os dados não atingiram estes pressupostos, foram aplicados o teste estatístico de Kruskal-Wallis ($P \leq 0,05$) e o post hoc de Dunn ($P \leq 0,05$) para avaliar diferenças entre as alturas de manuseio (camadas de caixas no palete). O teste de Wilcoxon ($P \leq 0,05$) foi utilizado para avaliar diferenças entre os valores médios das amplitudes dos membros direito e esquerdo.

4. RESULTADOS

4.1 TIPOS DE PREENSÃO

Durante as tarefas de manuseio foram observados quatro tipos de preensão, que foram descritas de acordo com o uso ou não das alças da própria caixa manuseada - A: uso de ambas as alças (Figura 2-A); B.1: apenas a mão direita foi posicionada na alça, enquanto a mão esquerda foi posicionada no bordo inferior da aba contralateral da caixa (não ilustrado); B.2: o contrário da situação anterior: apenas a mão esquerda foi posicionada na alça, enquanto a mão direita foi posicionada no bordo inferior da aba contralateral da caixa (Figura 2-B); C: nenhuma das mãos foi posicionada nas alças, sendo que o bordo lateral da própria caixa foi utilizado para pega durante o manuseio da mesma (Figura 2-C).



Figura 2: Tipos de preensão registrados durante a coleta de dados. A: preensão da caixa utilizando ambas as mãos nas alças; B: uma das mãos posicionada na alça e a outra mão utiliza a aba da caixa; C: ambas as mãos utilizam os bordos da caixa para preensão.

Os trabalhadores não alteraram o tipo de preensão empregado durante os manuseios. Apenas um voluntário apresentou dois tipos de preensão durante toda a coleta (A e B.2), os demais adotaram uma das preensões descritas para os manuseios

realizados durante todo o preenchimento do palete. As preensões adotadas pelos trabalhadores foram: três trabalhadores adotaram a preensão A (uso de ambas as mãos nas alças); um trabalhador utilizou a preensão B.1 (mão direita na alça, mão esquerda no bordo inferior da aba contralateral da caixa); três indivíduos adotaram a preensão B.2 (mão esquerda na alça, mão direita no bordo inferior da aba contralateral da caixa); e um trabalhador utilizou a preensão C (pega bilateral nos bordos superiores da caixa). Assim, quatro indivíduos (57%) adotaram as preensões do tipo B.1 e B.2 em suas atividades.

4.2 AMPLITUDE DE MOVIMENTO E TIPOS DE PREENSÃO

A Figura 3 apresenta os valores médios, desvios-padrão e valores médios mínimos e máximos dos movimentos do membro superior durante o manuseio, para cada tipo de preensão descrito anteriormente.

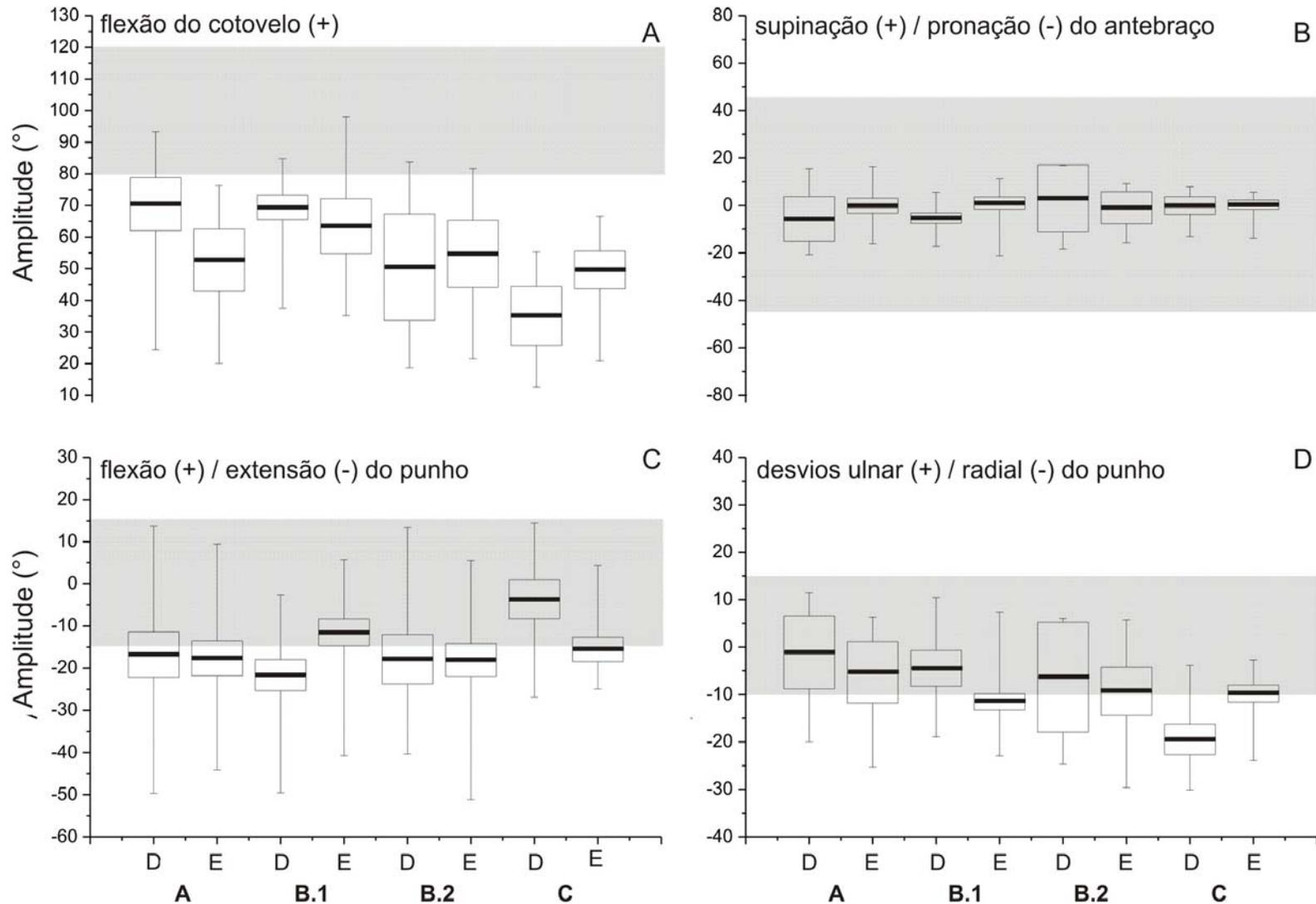


Figura 3: Valores médios (—), desvios-padrão (□) e valores médios mínimos e máximos (|) para cada tipo de preensão (A, B.1, B.2, C) para os movimentos de: flexo-extensão dos cotovelos (Figura 3-A) direito (D) e esquerdo (E); prono-supinação dos antebraços (Figura 3-B) direito (D) e esquerdo (E); flexo-extensão dos punhos (Figura 3-C) direito (D) e esquerdo (E); desvios radio-ulnar dos punhos (Figura 3-D) direito (D) e esquerdo (E). A faixa cinza representa as amplitudes de movimento consideradas seguras para cada articulação de acordo com a literatura consultada.

Valores médios de amplitude do movimento do cotovelo ocorreram fora da faixa de segurança para todos os tipos de preensões (Figura 3A). O valor médio mais distante da faixa segura foi encontrado no cotovelo direito (35°), na preensão C. Para o movimento de pronosupinação do antebraço, valores médios registrados dentro da faixa segura de amplitude de movimento foram registrados (Figura 3B).

Amplitudes médias, mínimas e máximas de flexo-extensão do punho ocorreram fora da faixa segura para a maioria dos tipos de preensão, com uma exceção em B.1 e em C (Figura 3C). Movimentos mais freqüentes de extensão e desvio radial foram registrados para os membros direito e esquerdo.

Para a maioria das preensões, amplitudes médias de desvios radio-ulnar ocorreram dentro da faixa de segurança, com exceção das preensões B.1 (punho esquerdo) e C (ambos os punhos).

4.3 AMPLITUDE DE MOVIMENTO E ALTURAS DE MANUSEIO

A Figura 4 apresenta os valores médios, desvios-padrão e valores médios mínimos e máximos dos movimentos do membro superior, por altura do palete, representadas por A1, A2, A3 e A4 (alturas ilustradas na Figura 1B).

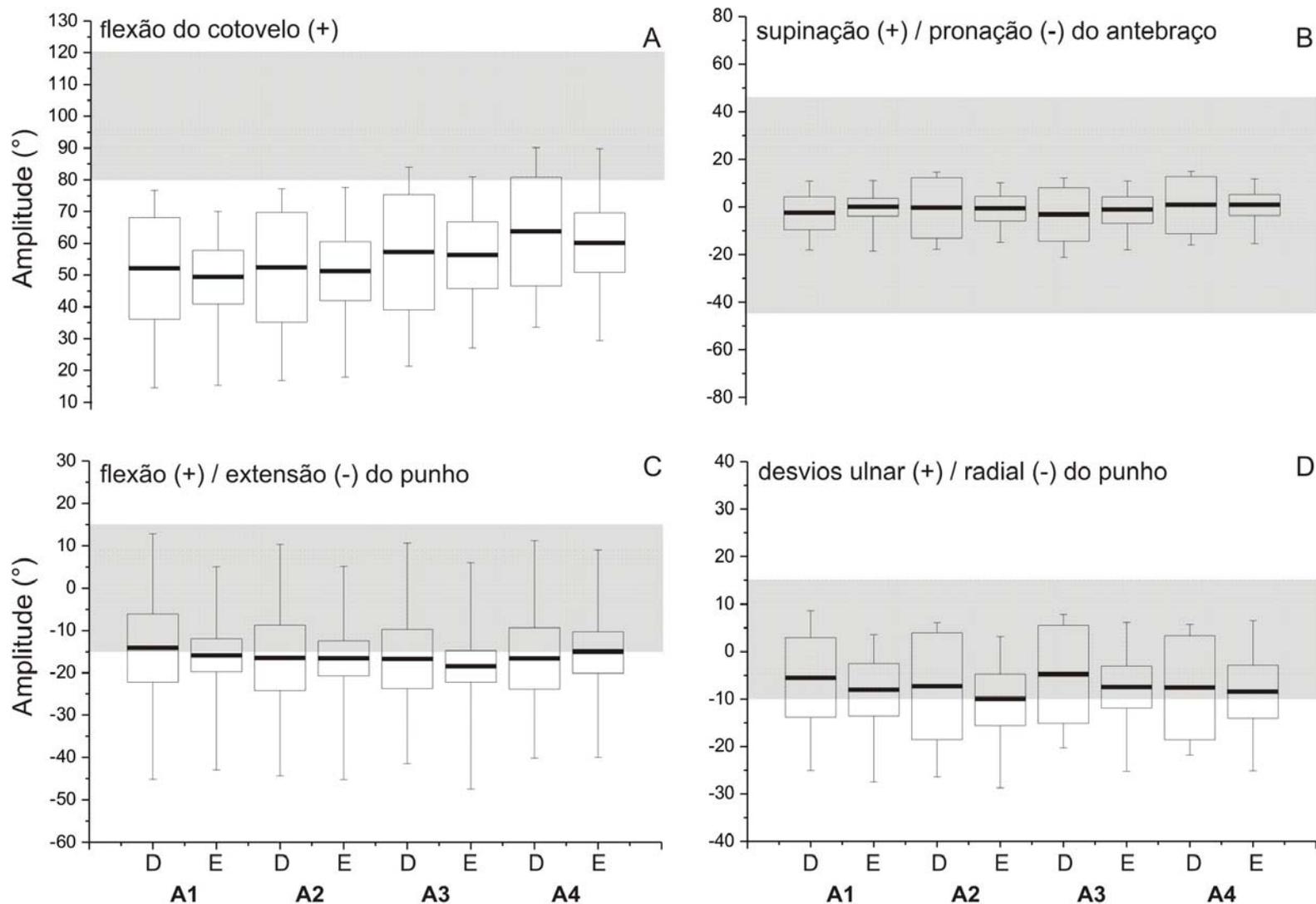


Figura 4: Valores médios (—), desvios-padrão (□) e valores médios mínimos e máximos (|) para cada altura de manuseio (A1, A2, A3 e A4) para os movimentos de: flexo-extensão dos cotovelos (Figura 4-A) direito (D) e esquerdo (E); prono-supinação dos antebraços (Figura 4-B) direito (D) e esquerdo (E); flexo-extensão dos punhos (Figura 4-C) direito (D) e esquerdo (E); desvios radio-ulnar dos punhos (Figura 4-D) direito (D) e esquerdo (E). A faixa cinza representa as amplitudes de movimento consideradas seguras para cada articulação de acordo com a literatura consultada.

Valores médios de amplitude de movimento ocorreram fora da faixa de segurança para a articulação do cotovelo em todas as alturas de manuseio (Figura 4A). Com a subida do empilhamento no palete, foram registrados valores médios de flexão do cotovelo ligeiramente maiores. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os membros direito e esquerdo.

Todas as amplitudes dos movimentos de prono-supinação do antebraço foram registradas dentro da faixa de amplitude segura de movimento. Diferenças estatisticamente significativas entre os membros direito e esquerdo ocorreram apenas para as alturas A1 e A3.

O punho apresentou-se em extensão e desvio radial durante praticamente todos os manuseios. Valores médios de extensão permaneceram no limite inferior da faixa de segurança e valores médios de desvio radial permaneceram limítrofes no inferior da faixa de segurança. Não foram identificadas diferenças significativas entre os membros para nenhuma das alturas.

Diferenças estatisticamente significativas foram identificadas entre as alturas do palete para os valores médios de flexão do cotovelo e extensão do punho esquerdo. A análise post hoc identificou diferenças entre as alturas A2 e A4 para os cotovelos direito e esquerdo e entre A1 e A4 para o cotovelo esquerdo. Para o movimento de extensão do punho esquerdo foram encontradas diferenças entre as alturas A3 e A4.

5. DISCUSSÃO

A variação das massas das caixas manuseadas (7 a 20 kg) não afetou o tipo de preensão adotada pelos sujeitos, fato que pode ser observado em estudos piloto. Segundo Authier et al. (1995) mudanças na carga manuseada têm pequeno efeito nas técnicas de manuseio. Um estudo prévio (OLIVEIRA et al., submetido) que avaliou o movimento do cotovelo e ombro e a atividade eletromiográfica dos músculos bíceps e deltóide mostrou que o incremento da carga tem maior repercussão na atividade eletromiográfica do que na amplitude de movimento das articulações.

As amplitudes de movimento foram influenciadas pelo tipo de pega adotada pelos trabalhadores e em menor grau pela altura do palete. As diferenças entre os membros direito e esquerdo ocorreram mais para os diferentes tipos de pega do que para as diferentes alturas do palete.

As pegas assimétricas (B.1: mão direita posicionada na alça, enquanto a mão esquerda estava no bordo inferior da aba contralateral da caixa; e B.2: contrário da situação anterior) foram mais freqüentes neste estudo (57% dos trabalhadores). No entanto, a preensão simétrica (pega A: ambas as mãos posicionadas nas alças), favoreceu a ocorrência de amplitudes mais seguras de movimento para o cotovelo e punho. As preensões assimétricas (B.1 e B.2) foram responsáveis por amplitudes extremas de flexão do cotovelo e desvio radial do punho. Amplitudes extremas de desvio do punho são nocivas ao organismo pois, segundo Drury et al. (1985) aumentam a freqüência cardíaca e percepção de esforço constituindo-se em um potencial fator de risco nas tarefas manuseio, principalmente quando objetos pesados são manuseados (WANG et al., 2000). Há forte evidência para a ocorrência da síndrome do túnel do carpo e tendinites na região do punho quando os fatores de risco força e postura estão

presentes no trabalho de forma combinada (BERNARD, 1997). Assim, uma vez que a preensão de caixas envolve aplicação de força as amplitudes extremas de desvio do punho devem ser controladas, pois potencializam o risco de lesões.

O uso de alças nas caixas tem sido considerado como uma forma de melhorar o acoplamento mão/caixa para evitar amplitudes extremas de movimento e reduzir a sobrecarga física e mecânica em todo o corpo (DEEB et al., 1985). No entanto, raramente as caixas manuseadas em ambientes ocupacionais possuem alças. Ainda, quando elas estão disponíveis, não são utilizadas por todos os trabalhadores (DRURY et al., 1982). O mesmo comportamento foi observado no presente estudo. Apesar das caixas manuseadas pelos trabalhadores apresentarem orifícios para a pega, apenas três sujeitos (42%) usaram esse recurso e apreenderam a caixa de forma simétrica. Uma possível explicação para este resultado seria o fato de que os trabalhadores buscaram posicionar ao menos uma das mãos na região inferior da caixa, usando o bordo da caixa para preensão (pegas B.1 e B.2). A busca pela região inferior da caixa pode ter razões biomecânicas. Em um estudo prévio realizado pelo nosso grupo (OLIVEIRA et al., submetido) avaliamos a posição das mãos durante o manuseio de uma caixa que possibilitava livre acesso por meio de todas as faces. Isso era possível porque a situação era simulada e a face inferior não estava em contato com a superfície de apoio. Resultados desse estudo mostraram que sujeitos experientes e inexperientes utilizaram a face inferior e lateral, de forma simétrica, para a realização de todos os manuseios. A escolha do posicionamento da mão na região inferior da caixa, identificada no presente estudo, parece sugerir a necessidade de utilização da face inferior como forma de se obter maior controle e vantagem biomecânica. Desta forma, os dados coletados em ambiente ocupacional real, descritos aqui, corroboram os resultados observados em

laboratório (OLIVEIRA et al., submetido), e reforçam a necessidade de condições que favoreçam a pega simétrica e melhor vantagem biomecânica durante o manuseio.

As alturas do palete influenciaram a amplitude de movimento, sobretudo para os movimentos de flexão dos cotovelos e extensão do punho esquerdo. Deeb et al. (1985) avaliaram a amplitude de movimento do cotovelo em tarefa de preensão de uma caixa em três alturas e relataram um aumento da amplitude de flexão com o aumento da altura, o que concorda com os resultados do presente estudo. O aumento da flexão do cotovelo associado ao aumento da altura de manuseio seria esperado, e resulta do aumento do alcance necessário para o depósito das caixas nas camadas superiores do palete. Apesar disso, movimentos fora da faixa de maior vantagem biomecânica ocorreram para os cotovelos em todas as alturas de manuseio avaliadas. Considerando que a tarefa de manuseio envolve uso de força, os movimentos registrados podem predispor os trabalhadores ao desenvolvimento de problemas musculoesqueléticos, como a epicondilite. Forte evidência foi encontrada entre este tipo de lesão e a combinação dos fatores de risco relacionados força e postura em amplo levantamento bibliográfico realizado pela NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) (BERNARD, 1997).

Com relação ao punho, estudos relataram diferenças significativas no movimento de desvio entre diferentes alturas (DEEB et al., 1985; OLIVEIRA et al., submetido; WANG et al., 2000), no entanto, no presente estudo estas diferenças não foram encontradas. Diferenças estatisticamente significativas com relação às alturas foram encontradas apenas para a amplitude de extensão do punho esquerdo. Uma possível explicação para a ausência dessas diferenças posturais do punho é que o ajuste para o posicionamento da caixa pode ter sido realizado por outras articulações, como o ombro. Um outro aspecto são os diferentes tipos de objetos manuseados nos diferentes

estudos, que podem ter influenciado as pegas e movimentos. No entanto, isso pode ser apenas especulado já que essas diferenças não podem ser agora comparadas.

Embora a altura do palete tenha influenciado as amplitudes de movimento do membro superior, o tipo de preensão apresentou relação direta com as amplitudes de movimento. Este resultado indica a necessidade de novos designs de caixas que favoreçam posturas mais funcionais do membro superior e o melhor acoplamento da mão na carga, proporcionando maior segurança ao trabalhador. Estes novos designs deveriam considerar o fato de que tanto trabalhadores quanto sujeitos inexperientes preferem utilizar parte da região inferior da caixa para a pega. Isso parece ser uma estratégia vantajosa e segura, pois oferece maior vantagem mecânica para a realização do manuseio uma vez que músculos mais potentes do braço, incluindo o bíceps, podem participar do movimento. Associado ao aprimoramento do design, o treinamento do trabalhador pode ser igualmente necessário para aumentar as chances de um manuseio mais seguro e confortável.

6. CONCLUSÃO

As alturas do palete influenciaram de maneira significativa as amplitudes de movimento dos cotovelos e punho, porém o tipo de preensão mostrou-se mais determinante para os movimentos destas articulações durante o manuseio. Quando utilizadas de forma simétrica, o uso das alças melhorou a amplitude de flexão do cotovelo e reduziu o desvio radial do punho. Apesar disso, a forma de preensão assimétrica, com uma das mãos sob o bordo da caixa, foi mais utilizada pelos trabalhadores. Sendo assim, novos estudos devem destinar atenção à proposição de novos designs de caixas que favoreçam o posicionamento simétrico das mãos, permitindo posturas mais seguras para os membros superiores. Novos designs de caixas associados ao treinamento dos trabalhadores poderão prevenir fatores de risco relacionados ao desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, T. J. Upper-extremity posture: definitions, measurement and control. In: CORLLET, N.; WILSON, J.; MANENICA, I. **The ergonomics of working postures: models, methods and cases** – The proceedings of the First International Occupational Ergonomics Symposium (1985, Zadar, Yugoslávia). London: Taylor & Francis, 1986. p. 59-73.

AUTHIER, M.; GAGNON, M.; LORTIE, M. Handling techniques: the influence of weight and height for experts and novices. **International Journal Occupational Safety and Ergonomics**, v. 1, n. 3, p. 262-275, 1995.

BERNARD, B. P. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. DHHS (NIOSH). Publication No. 97-141. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 1997.

BIOMETRICS. **Goniometer and torsionmeter operating manual**. Gwent, 2007. 25 p.

CIRIELLO, V. M. The effects of box size, vertical distance, and height on lowering tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 28, p. 61-67, 2001.

CIRIELLO, V. M. The effects of box size, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 32, p. 115-120, 2003.

CIRIELLO, V. M. The effects of box size, vertical distance, and height on lowering tasks for female industrial workers. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 857-863, 2005.

CIRIELLO, V. M. The effects of container size, vertical distance, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting for female industrial workers. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 1-5, 2007.

COLOMBINI, D.; OCCHIPINTI, E.; FANTI, M. As principais alterações atribuíveis à atividade ocupacional: definições, colocação e dimensão do problema. In: _____. **Método OCRA: para análise e a prevenção do risco por movimentos repetitivos**. Manual para a Avaliação e a gestão do risco. 1. ed. São Paulo: Editora LTr, 2008. p. 18-27.

COURY, B. G.; DRURY, C. G. Optimum handle positions in a box-holding task. **Ergonomics**, v. 25, n. 7, p. 645-662, 1982.

DEEB, J. M.; DRURY, C. G.; BEGBIE, K. L. Handle positions in a holding task as a function of task height. **Ergonomics**, v. 28, n. 5, p. 747-763, 1985.

DEMPSEY, P. G.; HASHEMI, L. Analysis of worker's compensation claims associated with manual materials handling. **Ergonomics**, v. 42, n. 1, p. 183-195, 1999.

DRURY, C. G.; LAW, C. H.; PAWENSKY, C. S. A survey of industrial box handling. **Human Factors**, v. 24, p. 553-565, 1982.

DRURY, C. G. et al. Experiments on wrist deviation in manual materials handling. **Ergonomics**, v. 28, n. 3, p. 577-589, 1985.

FILHO, U. D. Testando Hipóteses. In: _____. **Introdução à bioestatística**: para simples mortais. 1. ed. São Paulo: Editora Negócio, 1999. p. 75-77.

GAGNON, M.; DELISLE, A.; DESJARDINS, P. Biomechanical differences between best and worst performances in repeated free asymmetrical lifts. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 29, p. 73-83, 2002.

GAGNON, M. The efficacy of training for three manual handling strategies based on the observation of expert and novice workers. **Clinical Biomechanics**, v. 18, p. 601-611, 2003.

HANSSON, G.-A. et al. Measurements of wrist and forearm positions and movements: effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 14, p. 355-367, 2004.

KATTEL, B. P. et al. The effect of upper-extremity posture on maximum grip strength. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 18, p. 423-429, 1996.

LASTAYO, P.; CHIDGEY, L.; MILLER, G. Quantification of the relationship between dynamic grip strength and forearm rotation: a preliminary study. **Annal of Palstic Surgery**, v. 35, n. 2, p. 191-196, 1995.

MARRAS, W. S. et al. Effects of box features on spine loading during warehouse order selecting. **Ergonomics**, v. 42, n. 7, p. 980-996, 1999.

MARRAS, W. S. Occupational low back disorder causation and control. **Ergonomics**, v. 43, n. 7, p. 880-902, 2000.

McATAMENY, L.; CORLLET, N. Rula: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Applied Ergonomics**, v. 24, n. 2, p.91-99, 1993.

Michaelis: Dicionário da Língua Portuguesa. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 27 nov. 2008.

MURRAY, W. M.; DELP, S. L.; BUCHANAN, T. S. Variation of muscle moment arms with elbow and forearm position. **Journal of Biomechanics**, v. 28, n. 5, p. 513-525, 1995.

OLIVEIRA, A. B. et al. How is a box handled when all sides are free for contact? Submetido **Applied Ergonomics**.

OLIVEIRA, A. B.; GIL COURY, H. J. C. Upper limb muscular and postural behavior during manual material handling tasks. Submetido **Ergonomics**.

PADULA, R. S.; GIL COURY, H. J. C. Sagittal trunk movements during load carrying activities: a pilot study. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 32, p. 181-188, 2003a.

PADULA, R. S.; GIL COURY, H. J. C. An electrogoniometric study of trunk movements during lifting activities. In: EUROPE CHAPTER OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 2002, Dortmund. **Human Factors in the Age of Virtual Reality**. Netherlands: Shaker Publishing BV, 2003b. p. 279-282.

PASCHOARELLI, L. C.; GIL COURY, H. J. C. Amplitudes angulares seguras para avaliação de movimentos da extremidade do membro superior durante atividades: Uma revisão. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA II FÓRUM BRASILEIRO DE ERGONOMIA I CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM ERGONOMIA ABERGO JOVEM, 2004, Fortaleza. **Anais do Congresso**.

PASCHOARELLI, L.C.; OLIVEIRA, A. B.; GIL COURY, H. J. C. Assessment of the ergonomic design of diagnostic ultrasound transducers through wrist movements and subjective evaluation. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 999-1006, 2008.

RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; SCHMIDT, R. Movement biomechanics goes upwards: from the leg to the arm. **Journal of Biomechanics**, v. 33, p. 1207-1216, 2000.

ROWE, P.J.; MYLES, C.M.; HILLMANN S.J.; HAZLEWOOD, M.E. Validation of flexible electrogoniometry as a measure of joint kinematics. **Physiotherapy**, v. 87, n. 9, p. 479-488, 2001.

SCOTT, P. A.; RENZ, M. C. A combined field and laboratory investigation for the effective application of ergonomics in situ. **Applied Ergonomics**, v. 37, p. 785-792, 2006.

SEDGWICK, A. W.; GORMLEY, J. T. Training for lifting; an unresolved ergonomic issue? Technical Note. **Applied Ergonomics**, v. 29, n. 5, p. 395-398, 1998.

SHIRATSU, A.; COURY, H. J. C. G. Reability and accuracy of different sensors of a flexible eletrogoniometer. **Clinical Biomechanics**, v. 18, n. 7, p. 682-684, 2003.

SILVA, L. C. C. B. S.; OLIVEIRA, A. B.; GIL COURY, H. J. C. G. Avaliação da preensão durante manuseio com variação de carga em diferentes alturas. **Fisioterapia em Movimento**, v. 19, n.3, p. 111-119, 2006.

STRAKER, L. M. An overview of manual handling injury statistics in Western Australia. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 24, p. 357-364, 1999.

WANG, M-J. J.; CHUNG, H-C.; CHEN, H-C. The effect of handle angle on MAWL, Wrist Posture, RPE, and Heart Rate. **Human Factors**, v. 42, n. 4, p. 553-565, 2000.

WANG, M-J. J, CHUNG, H-C.; WU, H-C. Evaluating the 300mm wafer-handling task in semiconductor industry. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 34, p. 459-466, 2004.

WELLS, R. Elbow, forearm, and wrist. In: NICO J. DELLEMAN; CHRISTINE M. HASLEGRAVE; DON B. CHAFIN. **Working postures and movements: tools for evaluation and engineering**. . Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 297-310.

WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1990. 277 p.

YEUNG, S. S. et al. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers. **Spine**, v, 27, n. 19, p. 2166-2171, 2002.

YOON, H.; SMITH, J. L. Psychophysical and physiological study of one-handed combined tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 24, p. 49-60, 1999.

8. ANEXOS

8.1 ANEXO I: APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

Andamento do Projeto

Page 1 of 1

Andamento do projeto - CAAE - 0054.0.135.000-07				
Título do Projeto de Pesquisa Avaliação da atividade de manuseio de peso em ambiente simulado e em situação real de trabalho.				
Situação	Data Inicial no CEP	Data Final no CEP	Data Inicial na CONEP	Data Final na CONEP
Aprovado no CEP	12/06/2007 16:04:31	19/12/2007 16:28:05		
Descrição	Data	Documento	Nº do Doc	Origem
1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet	22/05/2007 08:50:39	Folha de Rosto	FR138116	Pesquisador
2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List)	12/06/2007 16:04:31	Folha de Rosto	0054.0.135.000-07	CEP
3 - Protocolo Aprovado no CEP	19/12/2007 16:28:03	Folha de Rosto	163/2007	CEP

 Voltar

8.2 ANEXO II: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia
Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada **Avaliação da Atividade de Manuseio de Peso em Ambiente Simulado e em Situação Real de Trabalho**. Você foi selecionado, pois após avaliação prévia, foi considerado apto a desenvolver a atividade. Você terá como direito a garantia de ser informado e de ter respondida qualquer pergunta ou esclarecimento sobre os procedimentos, objetivos, decorrências e riscos referentes às situações da pesquisa a que será submetido, ainda que isso possa influenciar a sua decisão de nele permanecer. Sua participação neste projeto de pesquisa não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento, sendo que sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a empresa. O objetivo do estudo é avaliar de maneira precisa o manuseio de carga em ambiente real de trabalho e posteriormente simular a tarefa em laboratório, visando avaliar a atividade nos diferentes ambientes e quantificar possíveis diferenças entre essas duas condições.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar a atividade de manuseio cotidianamente desenvolvida em seu ambiente de trabalho e posteriormente desempenhar a mesma tarefa em ambiente simulado. Para tal, a atividade de manuseio será filmada e serão utilizados marcadores esféricos, fixados por meio de fita dupla-face, em alguns pontos ósseos, sensores para medidas dos movimentos do punho e cotovelo direitos e uma caixa instrumentada com células de carga. Todos os equipamentos são isolados eletricamente e não oferecem nenhum risco de descarga elétrica. Sendo assim, não há riscos ou quaisquer benefícios relacionados à sua participação neste projeto de pesquisa.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. As imagens serão registradas de forma a possibilitar apenas a identificação dos marcadores esféricos, pois o objetivo é permitir a medida do movimento.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Helenice Jane Cote Gil Coury
Rodovia Washington Luís (SP-310), km 235
São Carlos - São Paulo - Brasil
CEP 13565-9050 telefone de contato (16) 3351-8634

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

São Carlos ____ , de _____ de 2007.

Participante da Pesquisa

8.3 ANEXO III: E-MAIL DE SUBMISSÃO DO ESTUDO



Luciana Silva <lucianafisio02@gmail.com>

Fw: Submission Confirmation

1 mensagem

Helenice <helenice@power.ufscar.br>
Para: Luciana Silva <lucianafisio02@gmail.com>

3 de fevereiro de 2009 14:30

----- Original Message ----- From: "International Journal of Industrial Ergonomics" <agramop@ces.clemson.edu>
To: <helenice@power.ufscar.br>
Sent: Tuesday, February 03, 2009 1:39 PM
Subject: Submission Confirmation

Dear Dr. Helenice Jane Cote Gil Coury,

Your submission entitled "MOVEMENTS OF THE ELBOW, FOREARM AND WRIST DURING INDUSTRIAL MANUAL MATERIAL HANDLING" has been received by International Journal of Industrial Ergonomics

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

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

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System
International Journal of Industrial Ergonomics

 **ERGON-S-09-00028[1].pdf**
311K

**8.4 ANEXO IV: ARTIGO COMPLETO SUBMETIDO NA REVISTA: INTERNATIONAL
JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS**

Elsevier Editorial System(tm) for International Journal of Industrial Ergonomics
Manuscript Draft

Manuscript Number:

Title: MOVEMENTS OF THE ELBOW, FOREARM AND WRIST DURING
INDUSTRIAL MANUAL MATERIAL HANDLING

Article Type: Original Research Paper

Keywords: prevention of musculoskeletal disorders; occupational health; ergonomics;
Electrogoniometer

Corresponding Author: Dr. Helenice Jane Cote Gil Coury, PhD

Corresponding Author's Institution: Federal University of Sao Carlos

First Author: Luciana C Bueno Silva , Máster

Order of Authors: Luciana C Bueno Silva , Master; Ana Beatriz Oliveira; Helenice Jane
Cote Gil Coury, PhD

Abstract: Despite the intense mechanization that has taken place over recent years, manual material handling (MMH) still takes place in most occupational environments. Gripping loads have been related with musculoskeletal disorders, but few studies evaluating upper-limb movements by means of direct measurements in occupational environments are available in the literature. The aim of the present study was to describe the types of grip adopted during handling boxes at different heights on industrial pallets, and to record the wrist, forearm and elbow movements.

Electrogoniometry was used to record the movements of seven experienced workers during a real activity in an occupational environment. Most of the workers positioned their hands on the load asymmetrically, and the box handles were not used. Large elbow movements and extreme amplitudes of wrist extension and radial deviation were observed according to the different types of grip. The Kruskal-Wallis and post-hoc Dunn tests indicated significant differences in the range of motion (ROM) for the different heights of the handling task. In order to decrease the load on the upper limbs during MMH activities, new box designs associated with worker training, need to be investigated in future studies.

Relevance to industry: This study may provide useful information for ergonomists to design safe MMH tasks focusing on upper-limb movements. In order to achieve better postures and decrease postural risks, it needs to be considered that the type of grip used to hold the box is more important than the height of the handling task.

Introduction

Despite the intense mechanization and rapid technological advances that have taken place over recent years, manual materials handling (MMH) is still common in many occupational environments (Wang et al., 2000). MMH tasks are associated with high incidence of musculoskeletal disorders (Dempsey and Hashemi, 1999; Straker, 1999; Yeung et al., 2002). Many studies have directed attention to the low back (Gagnon et al., 2002; Padula and Gil Coury, 2003a; Padula and Gil Coury, 2003b), but the high rate incidence of occupational compensation claims and the associated costs indicate that other regions of the body, like the arms, should be studied (Dempsey and Hashemi, 1999).

The lack of studies evaluating upper-limb movements seems to be related to the difficulty in evaluating such movements, since they are varied and complex (Rau et al., 2000). To deal with these difficulties, studies have been conducted in simulated environments in which the handling tasks can be better controlled. Consequently, a large proportion of these results cannot be generalized to real situations, and they fail to benefit workers' health and the companies concerned (Scott and Renz, 2006).

Preventive studies involving simulated handling tasks have explored the task itself and the hand/box coupling, among other factors. In order to decrease the load, particularly on low back, many studies conducted in simulated situations have suggested ideal heights for lifting and lowering tasks (Ciriello 2001, 2003, 2005 and 2007). Wang et al. (2004) evaluated the wrist deviation movements while handling a box between different heights, also in a simulated situation. These authors observed that the height of handling significantly affected wrist posture and suggested that the handling task should be carried out close to elbow height. Regarding hand/box coupling, a study conducted in a simulated situation suggested that handles should be

used, with the aim of improving the hand/load coupling and minimizing the physical demand required by the task (Corry and Drury, 1982). However, a survey on the use of boxes in industrial settings showed that few boxes had handles and, even when handles were available, the workers rarely used them to do the handling task (Drury et al., 1982).

Considering the high incidence of upper-limb disorders during MMH tasks and the lack of studies evaluating the range of motion (ROM) by means of objective measurements and during real tasks, the objectives of the present study were (1) to describe the types of grip adopted while handling boxes; (2) to evaluate the recorded risky movements, in the light of references in the literature considering the best biomechanical advantage; (3) to compare the mean ROM of each joint at different heights of handling task on industrial pallets.

Materials and Methods

Subjects

A sample calculation was made in accordance with Filho (1999). The following conditions were set: α of 5%; β of 20%; σ of 18.15° as the largest expected standard deviation; and Δ of 5° , which was considered to be the clinically significant ROM for arm joint movements. These parameters resulted in an n -value of 6.27. Seven male subjects of mean age $36.5 (\pm 8.9)$ years, mean weight $79.4 (\pm 14.7)$ kg and mean height $1.7 (\pm 0.05)$ m took part in the study. These subjects comprised the whole team of employees who performed MMH activities in the printing sector of an industrial company, and they had had at least two years of experience of this task. One individual was left-handed.

At the time of data collection, none of these subjects reported the presence of

any symptoms associated with the activities that they performed that might have affected the results. The study was approved by the local ethics committee (CAAE 0054.0.135.000-07).

Task analyzed

The handling task consisted of transferring cardboard boxes containing packages of office materials from an inclined support (Figure 1-A) to a pallet on which the boxes were piled up (Figure 1-B). The task evaluated is one of the most common handling tasks in occupational environments, particularly with regard to product stocking and distribution centers and companies (Marras et al., 1999).

The boxes that were handled presented dimensions of 53 x 47 x 27 cm. They had lateral cut-outs (oval orifices of dimensions 9 x 4 cm) on their sides that acted as handles to make it easier to grip the boxes. The box weight ranged from 7 to 20 kg.

Insert Figure 1

Equipment

The bilateral upper limbs movements were recorded using a biaxial electrogoniometers (Biometrics, Gwent, UK). The following models were used for data collection: XM65 (wrists: flexion-extension and radial-ulnar deviation); XM110 (elbows: flexion-extension); and Z110 (forearms: pronation-supination). The DataLog acquisition unit was used (Biometrics, Gwent, UK). The electrogoniometers used in the present study had previously been judged to be reliable and accurate (Shiratsu and Coury, 2003). The sampling frequency was 100 Hz. and data were recorded throughout the task.

Procedures

The subjects were firstly informed about the study and were prepared for starting the data collection. A double-side tape was used to attach the sensors to the subjects. The sensors were aligned to imaginary lines between pairs of anatomical landmarks. The center of the electrogoniometer spring coincided with the joint center, in accordance with the manufacturer's instructions (Biometrics, Gwent, UK, 2007).

To keep the sensors attached throughout the data collection period, elastic straps were used on electrogoniometer terminals. The elastic straps were applied using slight compression such that the arm movements were not restricted and the protective spring for the wire containing the strain gauges was not touched.

The electrogoniometer sensors were calibrated from recording a reference position that was predetermined for each joint (Biometrics, Gwent, UK, 2007). Furthermore, the mechanically neutral position of the equipment (0°) was established by means of recording on the electrogoniometer while attached to an aligned universal goniometer (0°). After preparing and recording the reference positions, the subjects were instructed to perform their work in the most natural manner possible. The entire data collection period was filmed and synchronized with the electrogoniometer recordings. The data were collected within the working environment while pallets were being filled. Each pallet was set up with 16 boxes, distributed in four layers (four heights). See Figure 1.

Data analysis

The types of grip used during the handling activities were evaluated descriptively. To analyze the electrogoniometer recordings, a MatLab (7.0.1, The Mathworks Inc., Natick, MA, USA) routine was developed. The data were low-pass

filtered at 5 Hz using a second-order zero-lag Butterworth filter. The cutoff frequency was determined from a previous residual analysis (Winter, 1990). To ensure that the whole task period was considered in the analysis, one second was subtracted from the start of each handling task and one second was added to its end. Thus, only the data corresponding to the instants during which the handling tasks took place were selected from the recordings. The mean, standard deviation, minimum and maximum of the ROM for each of the handling tasks were calculated for each subject.

The presence of postural risk for the arm joints was investigated in accordance with ROM that have been previously described in reviews of the literature as safe or as presenting biomechanical advantage. For the wrist joint, postures of up to 15° of flexion-extension and 10° and 15° of radial and ulnar deviation, respectively, were taken to be a safe ROM (Armstrong et al., 1982; McAtamney and Corlett, 1993; Paschoarelli et al., 2008). For the forearm, amplitudes of up to 45° for pronation-supination movements were taken to be safe (Armstrong et al., 1982; McAtamney and Corlett, 1993; Paschoarelli et al., 2008). For the elbow joint, the flexion range from 80° to 120° was taken to be safe, since this includes the ROM of greatest biomechanical advantage for the main muscles involved in forearm flexion (Murray et al., 1995).

The results were tested in relation to normality (Shapiro-Wilks test; $P \geq 0.05$) and homocedascity (Levene test; $P \geq 0.05$). Since the data did not attain these assumptions, the Kruskal-Wallis statistical test was applied ($P \leq 0.05$), with the post-hoc Dunn test ($P \leq 0.05$), to evaluate differences between the handling heights (box layers on the pallet). The Wilcoxon test ($P \leq 0.05$) was used to evaluate differences between the mean values for the ROM of the right and left arms.

Results

Types of grip

During the handling tasks, four types of grip were observed. These were described in terms of whether the handles of the box were used or not. A: both handles were used (Figure 2-A); B.1: only the right hand was positioned on the handle, while the left hand was positioned on the lower edge of the contralateral flap of the box (not illustrated); B.2: the contrary of the preceding situation: only the left hand was positioned on the handle, while the right hand was positioned on the lower edge of the contralateral flap of the box (Figure 2-B); C: neither of the hands was positioned on the handles, and the edges of the sides of the box were used to hold it during the handling task (Figure 2-C).

Insert Figure 2

The workers did not change the type of grip they used during the handling tasks. Only one of the subjects presented two types of grip during the data collection period (A and B.2), while the others used one of the grip types described above for all of the handling tasks performed while filling up the pallet. The grips that the workers used were as follows: three used grip A (both hands on the handles); one used grip B.1 (right hand on the handle and left hand on the lower edge of the contralateral flap); three used grip B.2 (left hand on the handle and right hand on the lower edge of the contralateral flap); and one used grip C (both hands on the upper edges of the box). Thus, four individuals (57%) used grip types B.1 and B.2 in their activities.

Range of motion and grip types

Figure 3 presents the mean values, standard deviations and minimum and maximum mean values of the arm movements during the handling tasks, for each grip

type described above.

Insert Figure 3

The mean values for elbow ROM were outside of the safe range for all of the grip types (Figure 3A). The mean value that was furthest from the safe range was found for the right elbow (35°) with grip C. For the pronation-supination movement of the forearm, mean values within the safe ROM were recorded (Figure 3B).

The mean, minimum and maximum amplitudes of wrist flexion-extension were outside of the safe range for most of the grip types, with the exception of one worker with B.1 and one with C (Figure 3C). The most frequent movements recorded for both the right and the left limbs were extension and radial deviation.

For most of the grips, the mean amplitudes of radial-ulnar deviations were within the safe range, with the exception of grip B.1 (left wrist) and grip C (both wrists).

Range of motion and handling heights

Figure 4 presents the mean values, standard deviations and minimum and maximum mean values for the arm movements, according to the pallet heights H1, H2, H3 and H4 (heights illustrated in Figure 1B).

Insert Figure 4

The mean values of the ROM were outside of the safe range for the elbow joint at all of the handling heights (Figure 4A). As the boxes were piled up on the pallet, the mean elbow flexion values became slightly greater. No statistically significant differences were found between the right and left arms.

All the amplitudes of pronation-supination movements were within the safe ROM. Statistically significant differences between the right and left arms occurred only for the heights H1 and H3.

The wrist presented extension and radial deviation for almost all of the handling tasks. The mean values for both extension and radial deviation remained at the lower limit of the safe range. No significant differences between the arms were identified for any of the heights.

Statistically significant differences between the heights on the pallet were identified for the mean values of elbow flexion and left wrist extension. Post-hoc analysis identified differences between the heights H2 and H4 for the right and left elbows and between H1 and H4 for the left elbow. For the left wrist extension movement, differences between the heights H3 and H4 were found.

Discussion

The ROM was influenced by the grip type used by the workers and, to a lesser degree, by the height of handling on the pallet. The differences between the left and right arms were more related to the different grip types than to the different heights on the pallet.

Asymmetrical grips (B.1: right hand on handle and left hand on lower edge of the contralateral flap; and B.2: the opposite of the situation in B.1) were the most frequent types in this study. However, symmetrical grips (A: both hands on the handles) favored safer ROM for the elbow and wrist. The asymmetrical grips (B.1 and B.2) were responsible for extreme amplitudes of elbow flexion and radial deviation of the wrist. Extreme amplitudes of wrist deviation are harmful to the body since, according to Drury et al. (1985), they increase the heart rate and perception of effort. They are therefore a potential risk factor in handling tasks, particularly when heavy objects are handled (Wang et al., 2000). There is a strong evidence to showing that the carpal tunnel syndrome and tendinitis can occur in the wrist region when force and posture risk

factors are present together in the work (Bernard, 1997). Thus, considering that gripping boxes involves the application of force, extreme wrist deviation amplitudes should be controlled because they boost the risk of injuries.

The use of handles on boxes has been considered to be a means of improving the hand/box coupling, in order to avoid extreme ROM and reduce the physical and mechanical overload throughout the body (Deeb et al., 1985). However, most of the boxes handled in occupational environments do not have handles. Moreover, when handles are available, they are not used by all the workers (Drury et al., 1982). This behavior was also observed in the present study. Even though the boxes handled by these workers had lateral cut-outs for them to hold the boxes, only three subjects (42%) used this resource and gripped the boxes symmetrically. One possible explanation for this result could be that the workers sought to position at least one of their hands underneath the boxes, thus gripping them using the lower edge (grips B.1 and B.2). There may be biomechanical reasons for seeking to use the bottom of the box. In a previous study by our group (Oliveira et al., submitted), we evaluated the position of the hands while handling a box to which free access to all faces was available. This was possible because the situation was simulated and the bottom of the box was not in contact with the support surface. The results from that study showed that both experienced and inexperienced subjects used the bottom and sides of the box symmetrically, to perform all the handling tasks. Choosing to position a hand on the bottom of the box, as identified in the present study, suggest that there is a need to use the bottom of the box as a means of obtaining greater control and biomechanical advantage. Thus, the data collected in a real occupational environment that are described here corroborate the results observed in the laboratory (Oliveira et al., submitted), and they support the need for conditions that favor symmetrical grip and

greater biomechanical advantage during handling tasks.

The heights on the pallet influenced the ROM, particularly with regard to elbow flexion movements and extension of the left wrist. Deeb et al. (1985) evaluated elbow ROM in a task involving gripping a box at three different heights and reported that the flexion amplitude increased with increasing height: the results from the present study agree with their finding. Increased elbow flexion associated with increasing height of the handling task would be expected, and it resulted in the present study from the increased reach that was needed to deposit the boxes on the higher layers of the pallet. Nevertheless, movements outside of the range of greatest biomechanical advantage occurred with the elbows at all the handling heights evaluated. Considering that handling tasks involve the use of force, the movements recorded may predispose such workers to develop musculoskeletal disorders like epicondylitis. Strong evidence was found between this type of injury and the combination of risk factors correlating force and posture, in a wide-ranging bibliographic review conducted by NIOSH (Bernard, 1997).

With regard to wrists, significant differences in deviation movements between different heights have been reported (Deeb et al., 1985; Oliveira et al., submitted; Wang et al., 2000). However, in the present study, these differences were not found. Statistically significant differences relating to heights were only found for the amplitude of left wrist extension. One possible explanation for the absence of postural differences regarding the wrists is that the adjustment for positioning the box might have been made by other joints, such as the shoulder. Another factor is the different types of objects handled in different studies, which may have influenced the grips and movements. However, this can only be a matter for speculation, since such differences cannot now be compared.

Although the height of the boxes on the pallet may have influenced the ROM of the upper limbs, the grip type presented a direct relationship with ROM. This indicates that there is a need for new box designs that favor arm postures that are more functional, along with better coupling between the hands and the load, thereby providing greater safety for workers. Such new designs should take into account the fact that both workers and inexperienced subjects prefer to use part of the bottom of the box to hold it. This seems to be an advantageous and safe strategy, since it provides greater mechanical advantage for carrying out manual handling task, given that more powerful arm muscles, including the biceps, can take part in the movement. Together with improving the design, training for workers is equally necessary, to increase the chances that the handling task will be safer and more comfortable.

Conclusion

The heights on the pallet significantly influenced the ROM of the elbows and wrists, but the grip type was shown to have a greater determining role in the elbow and wrist movements during the handling task. When used symmetrically, the use of the handles increased the amplitude of elbow flexion and reduced the radial deviation of the wrist. Nonetheless, asymmetrical grip with one hand on the edge of the box was the type most used among these workers. Thus, new studies should direct attention towards proposals for new box designs that would favor symmetrical positioning of the hands, thereby enabling safer postures for the arms. New box designs, together with training for workers may prevent risk factors relating to the development of musculoskeletal disorders.

Acknowledgements

This study was supported by CNPq, CAPES and Fapesp (05/53804-3) with grants and scholarships.

References

Armstrong TJ. Upper-extremity posture: definitions, measurement and control. In: Corlett N, Wilson J, Manenica I. The ergonomics of working postures: models, methods and cases – The proceedings of the First International Occupational Ergonomics Symposium (1985, Zadar, Yugoslavia). London: Taylor & Francis; 1986. p. 59-73.

Bernard BP. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. DHHS (NIOSH). Publication No. 97-141. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 1997.

Biometrics. Goniometer and torsionmeter operating manual. Gwent, 2007.

Ciriello VM. The effects of box size, vertical distance, and height on lowering tasks. *Int J Ind Ergon* 2001; 28:61-7.

Ciriello VM. The effects of box size, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting. *Int J Ind Ergon* 2003; 32:115-20.

Ciriello VM. The effects of box size, vertical distance, and height on lowering tasks for

female industrial workers. *Int J Ind Ergon* 2005; 35:857-63.

Ciriello VM. The effects of container size, vertical distance, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting for female industrial workers. *Int J Ind Ergon* 2007; 38:1-5.

Coury BG, Drury CG. Optimum handle positions in a box-holding task. *Ergonomics* 1982; 25(7):645-62.

Deeb JM, Drury CG, Begbie KL. Handle positions in a holding task as a function of task height. *Ergonomics* 1985; 28(5):747-63.

Dempsey PG, Hashemi L. Analysis of worker's compensation claims associated with manual materials handling. *Ergonomics* 1999; 42(1):183-95.

Drury CG, Law CH, Pawensky CS. A survey of industrial box handling. *Hum Factors* 1982; 24:553-65.

Drury CG, Begbie KL, Ulate C, Deeb JM. Experiments on wrist deviation in manual materials handling. *Ergonomics* 1985; 28(3):577-89.

Filho UD. *Introdução à bioestatística: para simples mortais*. 1st ed. São Paulo: Editora Negócio; 1999.

Gagnon M, Delisle A, Desjardins P. Biomechanical differences between best and worst

performances in repeated free asymmetrical lifts. *Int J Ind Ergon* 2002; 29:73-83.

Marras WS, Granata KP, Davis KG, Allread WG, Jorgensen MJ. Effects of box features on spine loading during warehouse order selecting. *Ergonomics* 1999; 42(7): 980-96.

Mcatameny L, Corllet N. Rula: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 1993; 24(2):91-9.

Murray WM, Delp SL, Buchanan TS. Variation of muscle moment arms with elbow and forearm position. *J Biomech* 1995; 28(5):513-25.

Oliveira AB, Pálinkás ESL, Silva LCCB, Padula RS, Coury HJCG. How is a box handled when all sides are free for contact? *Submetido Appl Ergon*.

Padula RS, Gil Coury HJC. Sagittal trunk movements during load carrying activities: a pilot study. *Int J Ind Ergon* 2003a; 32:181-88.

Padula RS, Gil Coury HJC. An electrogoniometric study of trunk movements during lifting activities. In: EUROPE CHAPTER OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 2002, Dortmund. *Human Factors in the Age of Virtual Reality*. Netherlands: Shaker Publishing BV; 2003b. p. 279-82.

Paschoarelli LC, Oliveira AB, Gil Coury H JC. Assessment of the ergonomic design of diagnostic ultrasound transducers through wrist movements and subjective evaluation. *Int J Ind Ergon* 2008; 38:999-1006.

Rau G, Disselhorst-Klug C, Schmidt R. Movement biomechanics goes upwards: from the leg to the arm. *J Biomech* 2000; 33:1207-16.

Scott PA, Renz MC. A combined field and laboratory investigation for the effective application of ergonomics in situ. *Appl Ergon* 2006; 37: 785-92.

Shiratsu A, Coury HJCG. Reability and accuracy of different sensors of a flexible eletrogoniometer. *Clin Biomech* 2003; 8(7):682-84.

Straker LM. An overview of manual handling injury statistics in Western Australia. *Int J Ind Ergon* 1999; 24:357-64.

Wang M-JJ, Chung H-C, Chen H-C. The effect of handle angle on MAWL, Wrist Posture, RPE, and Heart Rate. *Hum Factors* 2000; 42(4):553-65.

Wang M-JJ, Chung H-C, Wu H-C. Evaluating the 300mm wafer-handling task in semiconductor industry. *Int J Ind Ergon* 2004; 34:459-66.

Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1990.

Yeung SS, Genaidy A, Deddens J, Alhemood A, Leung PC. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers. *Spine* 2002; 27(19):2166-71.

Figure captions

Figure 1: Point of origin on an inclined support (A) and final destination of the handling tasks, on a pallet (B).

Figure 2: Grip types recorded during data collection. A: both hands using the handles of the box; B: one hand positioned on the handle and the other using the flaps of the box; C: both hands using the edges of the box to hold it.

Figure 3: Mean values (—), standard deviations (\square) and mean minimum and maximum values ($\|$) for each type of grip (A, B.1, B.2 and C) for the movements of: right (R) and left (L) elbow flexion-extension (Figure 3-A); right (R) and left (L) forearm pronation-supination (Figure 3-B); right (R) and left (L) wrist flexion-extension (Figure 3-C); and right (R) and left (L) wrist radial-ulnar deviation (Figure 3-D). The grey band represents the ROM that are considered safe for each joint, according to the literature.

Figure 4: Mean values (—), standard deviations (\square) and mean minimum and maximum values ($\|$) for each handling height (H1, H2, H3 and H4) for the movements of: right (R) and left (L) elbow flexion-extension (Figure 4-A); right (R) and left (L) forearm pronation-supination (Figure 4-B); right (R) and left (L) wrist flexion-extension (Figure 4-C); and right (R) and left (L) wrist radial-ulnar deviation (Figure 4-D). The grey band represents the ROM that are considered safe for each joint, according to the literature.

