

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

**Registros de movimentos do pescoço: estado da arte, validação e  
aplicação e avaliação durante o trabalho de técnicos de  
enfermagem**

**Letícia Carnaz**

**São Carlos**

**2011**

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

**Registros de movimentos do pescoço: estado da arte, validação e  
aplicação e avaliação durante o trabalho de técnicos de  
enfermagem**

**Letícia Carnaz**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Fisioterapia. Área de Concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

**Orientação:** Professora Dr<sup>a</sup> Helenice Jane Cote Gil Coury.

**Apoio Financeiro:** FAPESP- Processo N° 2008-51168-0

**São Carlos**

**2011**

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

C288rm

Carnaz, Letícia.

Registros de movimentos do pescoço : estado da arte, validação e aplicação e avaliação durante o trabalho de técnicos de enfermagem / Letícia Carnaz. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

100 f.

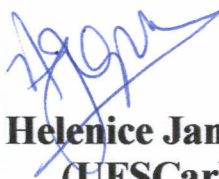
Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Fisioterapia. 2. Mensuração do movimento. 3. Ambiente de trabalho. 4. Dor no pescoço. 5. Validade concorrente. 6. Revisão sistemática. I. Título.

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

**Membros da banca examinadora para defesa de tese de doutorado de LETÍCIA CARNAZ, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 09 de junho de 2011**

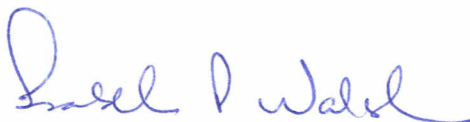
**Banca Examinadora:**



**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helenice Jane C. Gil Coury  
(UFSCar)**



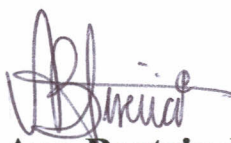
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Helena Palucci Marziale  
(USP/RP)**



**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel Aparecida Porcatti de Walsh  
(UFTM)**



**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiana de Oliveira Sato  
(UFSCar)**



**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Beatriz de Oliveira  
(UFSCar)**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais e ao meu irmão,

Aos meus pais por serem guias tão maravilhosos. À minha mãe pelo exemplo de coragem, trabalho, perseverança, companheirismo e dedicação. Ao meu pai pela serenidade, integridade, amor e por nunca deixar de sonhar e lutar por uma vida melhor. E por vocês, juntos, serem a melhor família que alguém pode ter. Agradeço a Deus infinitamente por ter me permitido estar aqui com vocês.

Ao meu irmão por ser o meu melhor amigo, por ter me ensinado a conviver e admirar o diferente, com seu jeito engraçado e extrovertido. Sei que estará ao meu lado sempre.

Tudo isso é para vocês. Eu os amo demais.

Obrigada por tudo!

***“Honey you are a rock***

***Upon which I stand...***

***And honey you should know***

***That I could never go on without you”***

Coldplay

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

À Professora Helenice,

Por esses 8 anos de trabalho em conjunto! Parece que foi ontem que eu entrei no laboratório...

Muito obrigada por ter cultivado em mim o gosto pela pesquisa e por ter se dedicado de infinitas maneiras para que eu aprendesse da melhor forma possível, respeitando os meus erros, os meus acertos e sempre me fazendo acreditar que tudo iria dar certo.

Vou levar sempre comigo seu exemplo de dedicação, ética, trabalho e competência.

Como eu já disse, trabalhar ao seu lado é sempre uma grande lição.

***“Mestre não é quem sempre ensina,  
mas quem de repente aprende”***

Guimarães Rosa

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me abençoar em todos os momentos e colocar pessoas tão especiais em meu caminho.

Aos professores Gert-Åke Hansson, Glauco Caurin e Paulo Santiago pela ajuda na realização do segundo estudo. Em especial ao Gert, pela leitura atenta e pelas discussões enriquecedoras em todos os momentos.

Aos membros da banca, por generosamente aceitarem participar dessa avaliação e contribuir com a finalização desse trabalho.

Aos meus avós, em especial a minha avó Leca, por sua alegria, suas orações e apoio em todos os momentos.

Aos meus tios, que sempre se fizeram presentes, em especial ao meu tio Bento, à tia Luci e à tia Geni, jamais esquecerei o incentivo dado aos meus estudos.

À Bia, à Cris e à Lu pela ajuda na realização dos estudos. À Bia por todas as noites de trabalho exaustivas na tentativa de sincronizar os equipamentos. À Cris, pela ajuda nas coletas de dados, foram muitas madrugadas na Santa Casa. À Lu, por ter generosamente me “emprestado” seu pescoço infinitas vezes nos estudos piloto.

Às minhas amigas Lu, Anielle e Bia. À Lu pelo companheirismo, pelo apoio incondicional, pelas conversas e caminhadas intermináveis na Avenida São Carlos. À Ani, pela generosidade, pelo acolhimento, pelas conversas e risadas impagáveis, enfim por todo o apoio dos últimos tempos. À Bia pela ajuda em todos os momentos, pela disposição, pela iniciativa, por ter sempre bons conselhos e idéias, conheço poucas pessoas com tantas habilidades como você. Vou sentir muita falta de vocês!

Aos colegas de laboratório (atuais ou que já se foram) Cris, Lu, Fabi, Mari, Roberta, Tati, por estarem sempre dispostos a ajudar em todos os momentos e pelas discussões enriquecedoras.

À Iolanda por fazer os nossos dias sempre tão melhores. Muito obrigada pelo chá quentinho, pelas conversas, pelos sábios conselhos. Queria poder te levar junto comigo!

À Kelly por ser sempre tão prestativa e eficiente, pelas conversas engraçadas depois da reunião do Conselho.

A todos os meus voluntários, em especial, aos funcionários da Santa Casa por terem me permitido acompanhar seus dias de trabalho e pela generosidade em dividir suas experiências profissionais. Espero poder contribuir com a profissão de vocês!

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

Muito obrigada!



## RESUMO

A dor no pescoço tem sido altamente prevalente entre trabalhadores. Em ambiente ocupacional, fatores de risco físico, particularmente a postura, são considerados preponderantes no desenvolvimento de dor no pescoço. Contudo, as posturas e os movimentos dessa região não têm sido adequadamente avaliados no ambiente de trabalho, devido ao uso de métodos de medida não confiáveis. Além disso, a maioria dos estudos que avaliam a postura durante as atividades ocupacionais tem focado na avaliação do punho e da mão. Assim, para contribuir com o entendimento do registro dos movimentos do pescoço em ambiente de trabalho, três estudos foram desenvolvidos. O objetivo do primeiro estudo foi investigar as aplicações e limitações dos sistemas de medidas diretas para registro do movimento do pescoço em ambiente de trabalho. Os resultados desse estudo revelaram que na maioria dos artigos, os três eixos de movimento do pescoço não foram registrados simultaneamente. Deficiências nos equipamentos disponíveis explicam esta falha, demonstrando que os sensores e os sistemas precisam ser melhorados para que um entendimento da real exposição ocupacional do pescoço possa ser alcançado. Mais estudos também são necessários para avaliar os movimentos do pescoço em profissionais que realizam trabalho pesado, tais como enfermeiros e eletricitistas, já que nenhum artigo avaliando essas ocupações foi identificado. Baseado nesses resultados, uma alternativa para o registro tridimensional dos movimentos do pescoço em ambiente ocupacional seria o uso de eletrogoniômetros flexíveis. Mas nem os eletrogoniômetros, nem os inclinômetros (medida direta mais comumente usada) foram comparados com um sistema considerado mais preciso e confiável. Assim, o objetivo do segundo estudo foi avaliar a validade concorrente entre eletrogoniômetros flexíveis (EGM), inclinômetros (INC) e um sistema de análise tridimensional baseado em registro de vídeo (IMG) numa coleta de dados simultânea e sincronizada. O EGM apresentou grandes diferenças quando comparado com o INC e com a IMG. Além disso, os sensores do EGM restringiram fisicamente a amplitude de movimento completa de flexo-extensão do pescoço. Inclinômetros, os quais não podem registrar o movimento de rotação, apresentaram boa validade concorrente em relação à IMG, exceto para o movimento de flexo-extensão. Devido a condições

não-ótimas durante o movimento de flexo-extensão, a IMG subestimou esses movimentos. Os resultados dos estudos descritos acima delinearam o terceiro estudo cujo objetivo foi quantificar as posturas da cabeça, tronco superior e braços de técnicos de enfermagem durante a realização de suas atividades ocupacionais e verificar se há diferenças entre as posturas dos profissionais com e sem sintomas. Os resultados mostraram que a maioria das atividades dos técnicos de enfermagem envolve considerável risco postural para a cabeça, tronco superior e braços. O risco postural variou entre as atividades: houve maior exposição para a região do pescoço nas tarefas de separar medicação e anotar em prontuário médico. Em geral, os trabalhadores com sintomas no pescoço e ombro apresentaram maior amplitude de movimento e maior fração do tempo gasto em posturas extremas do que os trabalhadores assintomáticos, mas sem diferença significativa entre esses dois grupos.

Palavras-chave: registro do movimento, ambiente ocupacional, dor no pescoço, validade concorrente, revisão sistemática, técnicos de enfermagem.

## **ABSTRACT**

Neck pain has been highly prevalent among workers. In occupational settings physical risk factors, especially posture, are considered fundamental in neck pain development. However, neck posture and movements have not been properly evaluated at workplace due to the use of not reliable measurement methods. Furthermore, most of the studies that evaluate posture during occupational activities have focused on the wrist and hand assessment. Thus, in order to contribute with information about neck movements recording in occupational settings, three related studies were developed. The aim of the first study was to investigate the applications and limitations of the systems for direct measurement of neck movement in the workplace. The results of this study showed that in most of the articles the three axes of neck movement were not simultaneously recorded. Deficiencies in available equipment explain this flaw, demonstrating that sensors and systems need to be improved so that a true understanding of real occupational exposure can be achieved. Further studies are also needed to assess neck movement in those who perform heavy-duty work, such as nurses and electricians, since no report about such jobs was identified. Based on these results, an option to record three-dimensional neck movements in occupational settings is the use of flexible electrogoniometers. But neither electrogoniometers, nor inclinometers (direct measurement most commonly used) were compared with a system considered more accurate and precise. Then, the objective of the second study was to assess concurrent validity between flexible electrogoniometers (EGM), inclinometers (INC) and a three-dimensional analysis system based on video recording (IMG) in simultaneous and synchronized data collection. EGM presented high differences when compared with INC and IMG. Moreover, the EGM sensors physically restricted the full neck flexion-extension range of motion. Inclinometers, which cannot record rotation movement, presented good concurrent validity in relation to IMG, except for flexion-extension movement. Due to non-optimal conditions during flexion-extension movement, IMG underestimated these movements. The results of the studies described above designed the third study that aimed to quantify the head, upper back and upper arm postures of practical nurses while performing their occupational activities and to verify if there are

differences between the postures of professionals with and without symptoms. The results showed that most of the activities of practical nurses involve considerable postural risk for the head, upper back and upper arms. The postural risk varied among tasks: there was more exposure for the neck region when separating medication and keeping medical records. In general, workers with symptoms in the neck and upper arm region presented greater amplitude of movement and a higher fraction of time spent in awkward postures than asymptomatic workers, but with no significant difference between these two groups.

Key words: movement recording, workplace, neck pain, concurrent validity, systematic review, practical nurses.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas seguidas para a seleção dos 13 artigos completos incluídos no estudo.....	16
Figura 2. A) Sistema de Referência global usado para o procedimento de calibração do sistema de vídeo; B) Posicionamento das câmeras de vídeo e iluminadores no ambiente de coleta de dados. O led acoplado às costas da cadeira e o cabo conectando o led às unidades de aquisição do eletrogoniômetro e do inclinômetro foram usados para sincronização dos instrumentos; C) Fixação dos marcadores reflexivos (destacados em preto), inclinômetros (destacados em cinza) e goniômetros na cabeça e tronco superior dos sujeitos.....	35
Figura 3. Diferenças entre eletrogoniômetro (EGM) e imagem (IMG) para flexo-extensão, inclinação e rotação para um sujeito realizando movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Cinco ciclos foram realizados para cada movimento. Ângulos positivos denotam a flexão, inclinação e rotação para a esquerda. ....	42
Figura 4. Diferenças entre inclinômetro (INC) e imagem (IMG) para flexo-extensão, inclinação e rotação para um sujeito realizando movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Cinco ciclos foram realizados para cada movimento. Ângulos positivos denotam a flexão, inclinação e rotação para a esquerda. ....	44
Figura 5. Diferenças entre eletrogoniômetro (EGM) e inclinômetro (INC) para flexo-extensão, inclinação e rotação para um sujeito realizando movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Cinco ciclos foram realizados para cada movimento. Ângulos positivos denotam a flexão, inclinação e rotação para a esquerda. ....	47
Figura 6. Média e intervalo de confiança das médias para os percentis 10, 50 e 90 e para as frações de tempo gasto acima de 15°, 30° e 45° da cabeça de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8-auto-cuidado, T9-deslocamento no hospital. *Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas. ....	68
Figura 7. Média e intervalo de confiança das médias para os percentis 10, 50 e 90 e para as frações de tempo gasto acima de 15°, 30° e 45° do tronco superior de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8- auto-cuidado, T9-deslocamento no hospital. *Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas. ....	70

Figura 8. Média e intervalo de confiança das médias para os percentis 10, 50 e 90 dos braços direito e esquerdo de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8- auto-cuidado, T9-deslocamento no hospital. \*Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas..... 72

Figura 9. Média e intervalo de confiança das médias para a fração de tempo gasto (%) acima de 30°, 60° e 90° dos braços direito e esquerdo de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8- auto-cuidado, T9-deslocamento no hospital. \*Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas. .... 73

Figura 10. Médias e intervalos de confiança para as frações de tempo gasto acima de 15°, 30° e 45° para a cabeça e tronco superior e acima de 30°, 60° e 90° para os braços direito e esquerdo dos sujeitos sintomáticos e assintomáticos..... 75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos itens da lista de avaliação da qualidade dos estudos proposta por ARIENS et al. (2000). Os itens em destaque foram utilizados por essa revisão para avaliação da qualidade dos estudos incluídos.....	12
Tabela 2. Equipamentos utilizados, duração do registro postural, objetivo das medidas, atividades ocupacionais e principais resultados dos estudos incluídos na revisão.....	17
Tabela 3. Pontuação de cada item avaliado por dois revisores independentes. Como o item “dados de carga física no trabalho coletado e usado na análise foi aplicado como um critério de inclusão desse estudo, ele não foi considerado na soma total da pontuação.....	25
Tabela 4. Média (°) e, entre parênteses, desvio padrão (°) da ADM de flexo-extensão inclinação e rotação, registrada pelo sistema de imagem (IMG), pelos eletrogoniômetros (EGM) e inclinômetros (INC) para 12 sujeitos realizando os movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Os eixos ao redor do qual os sujeitos foram instruídos a realizar os movimentos (eixos principais de movimento) estão em destaque.....	39
Tabela 5. Média (°) e, entre parênteses, desvio padrão do RMS das diferenças entre eletrogoniômetro e o sistema de imagens (EGM-IMG), inclinômetro e o sistema de imagens (INC-IMG) e eletrogoniômetro e inclinômetro (EGM-INC) para os eixos de flexo-extensão, inclinação e rotação de 12 sujeitos realizando os movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução. A razão (%) entre essas diferenças e a amplitude de movimento para o sistema de referência (veja Tabela 4) está também apresentada entre colchetes. Para os movimentos de flexo-extensão, inclinação e rotação, as diferenças estão relacionadas à amplitude de movimento do eixo principal; para os movimentos de circundução, as diferenças estão relacionadas a amplitude do seu eixo de movimento correspondente. Para a comparação entre EGM-INC a razão não foi calculada para o movimento de rotação já que o INC (sistema de referência para essa comparação) não é capaz de registrar o movimento de rotação. Os eixos os quais os sujeitos foram instruídos a realizar os movimentos (eixos principais de movimento) estão em destaque.....	47

## SUMÁRIO

<b>1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PRIMEIRO ESTUDO.....</b>	<b>7</b>
2.1. INTRODUÇÃO.....	9
2.2. MÉTODOS.....	10
2.3. RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	14
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	29
<b>3. SEGUNDO ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	33
3.2. MÉTODOS.....	34
3.3. RESULTADOS.....	39
3.4. DISCUSSÃO.....	48
3.5. CONCLUSÕES.....	54
<b>4. TERCEIRO ESTUDO.....</b>	<b>56</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	59
4.2.MÉTODOS.....	60
4.3. RESULTADOS.....	65
4.4. DISCUSSÃO.....	76
4.5 .CONCLUSÕES.....	80
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO E.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO F.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO G.....</b>	<b>100</b>



## **1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho são definidas como doenças multifatoriais que acometem a população trabalhadora, e em parte são causadas pelo trabalho, e/ou agravadas, aceleradas ou exacerbadas por exposições ocupacionais, sendo a principal causa de prejuízo na capacidade para o trabalho (WEEVERS et al., 2005). Essas condições compreendem um conjunto de doenças inflamatórias e degenerativas que resultam em dor, comprometimento funcional e, por seu caráter crônico, trazem prejuízo à vida familiar, social e produtiva do indivíduo (BUCKLE E DEVEREUX, 2002, MELHORN, 1998; PÅLSSON et al., 1998).

Entre as regiões corporais mais afetadas pelas doenças musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho, o pescoço destaca-se por grande incidência e prevalência de lesões no mundo todo. Em ambientes ocupacionais, JENSEN e HARMS-RINGAHL (2007) observaram prevalência de 42-50% de espondilose cervical em dentistas, de 54-76% em mineiros e de 84% em transportadores de carne. Já GURGUEIRA et al. (2003) e BOS et al. (2006) encontraram que a prevalência de sintomas no pescoço em enfermeiros variava entre 28-48%.

Essa elevada prevalência de lesões e sintomas no pescoço implica em ônus tanto para empresas privadas como para o setor público, com os gastos relativos à saúde dos trabalhadores. É estimado que 5,4 milhões de dias trabalhados são perdidos anualmente devido ao tempo fora do trabalho em função das desordens no pescoço e membros superiores na Grã-Bretanha (BUCKLE e DEVERAUX, 2002). Na Holanda em 1995, os custos com afastamentos e despesas médicas foram em torno de 7,5 bilhões de dólares. Por volta de 40% desses gastos foram com doenças musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho, dentre as quais estão as lesões do pescoço (KONINGSVELD et al. apud ARIENS et al., 2000).

A dor no pescoço é assumida como uma doença multifatorial, ou seja, vários fatores de risco contribuem para o seu desenvolvimento. Esses fatores de risco podem ser relacionados ao trabalho ou não, e são divididos em três categorias: físicos/biomecânicos, psicossociais, organizacionais e individuais (ARIENS et al., 2000).

Os fatores de risco físicos/biomecânicos são considerados preponderantes no desenvolvimento de dor no pescoço no ambiente ocupacional, são eles: flexão repetida ou manutenção do pescoço fletido por períodos prolongados no trabalho, posturas extremas de flexo-extensão ou atividades que exijam a rotação e inclinação do pescoço, cargas estáticas nos músculos do pescoço e ombro, trabalho físico pesado e tarefas de precisão ou vibração transmitida através dos membros superiores (ÅKESSON et al., 1997; BERNARD, 1997; ARIENS et al., 2000; JENSEN e HARMS-RINGDAHL, 2007; PALMER e SMEDLEY, 2007). Contudo, as posturas extremas e estáticas representam os fatores de risco físico que mais contribuem para o desenvolvimento de lesões no pescoço, segundo o Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional –NIOSH– (BERNARD, 1997). Isso porque a sobrecarga mecânica nos tecidos, ocasionada pela postura, pode ser um importante elemento promotor de dor e desconforto (COURY, 1999).

A associação entre posturas inadequadas e desenvolvimento de lesão revela a necessidade de que o movimento que ocorre em ambiente ocupacional seja registrado, já que através do registro é possível quantificar e identificar as posturas extremas ou aquelas cuja configuração espacial determine menores vantagens biomecânicas para a execução de tarefas. Além disso, a partir das análises posturais é possível a realização de intervenções que contribuam para a redução do desconforto musculoesquelético, aumento da eficiência dos movimentos dentro de limites seguros, prevenção de acidentes e melhora do desempenho dos trabalhadores (COURY,1999).

Apesar da relevância, obter medidas posturais no ambiente ocupacional requer uma série de medidas que envolvem custos, disponibilidade de tempo, treinamento de avaliadores, aquisição de equipamentos, entre outros. Tradicionalmente, as posturas e movimentos têm sido registrados por protocolos gráficos e observacionais tais como: Avaliação Rápida dos Membros Superiores – RULA- (MCATAMNEY e CORLETT, 1993) e Avaliação Rápida do Corpo Inteiro – REBA- (HIGNETT e MCATAMNEY, 2000). Estes protocolos têm a vantagem de serem baratos e práticos para uso em muitos locais de trabalho, entretanto, apresentam limitações como: subjetividade, baixa precisão, necessidade de observadores altamente treinados e pouca aplicabilidade a tarefas dinâmicas,

limitando-se a atividades estáticas e repetitivas (VAN DER BEEK e FRINGS-DRESSEN, 1998; YEN e RADWIN, 2002). Além de suas validades interna e externa serem questionáveis (JUUL-KRISTENSEN et al., 1997). Apesar dessas limitações, em algumas situações ocupacionais estas são as únicas formas possíveis de registro.

Por outro lado, estudos que utilizam medidas biomecânicas quantitativas (medidas diretas) são mais precisos e confiáveis. Além disso, apresentam aplicabilidade tanto para tarefas estáticas quanto dinâmicas e envolvem articulações variadas (JUUL-KRISTENSEN et al., 2001). Entretanto, esses instrumentos de medida são complexos e podem influenciar a realização da tarefa, fazendo com que a atividade avaliada não seja representativa da tarefa real (COURY, 1999).

Dentre as técnicas de medida direta para as diversas articulações, os eletrogoniômetros flexíveis e os inclinômetros têm se destacado, pois apresentam as vantagens de serem leves, portáteis e simples de operar (CAMPBELL-KYUREGHYAN et al., 2005; ROWE et al., 2001; SPIELHOLZ, 1998; TESIO et al., 1995), sendo aplicáveis tanto ao ambiente clínico quanto ao ocupacional (BALL E JOHNSON, 1993; CAMPBELL-KYUREGHYAN et al., 2005). Além de avaliações iniciais desses sistemas sugerirem que possam ser precisos e confiáveis (HANSSON et al.<sup>a</sup>, 2001; HANSSON et al., 2004; SHIRATSU e COURY, 2003).

Apesar das várias técnicas de registro postural existentes, as posturas e movimentos do pescoço, adotados no ambiente ocupacional, não têm sido devidamente avaliados. Dentre as pesquisas que realizam avaliação da exposição física para a região do pescoço, o principal problema é a não utilização de métodos de medida padronizados e de qualidade aceitável (ARIENS et al., 2000). Além disso, a maioria dos estudos não faz observações ou medidas pertinentes dessa articulação, pois adotam como foco primário o registro das articulações do punho e da mão (BERNARD, 1997).

Nesse contexto, o primeiro estudo apresentado nesse trabalho teve por objetivo investigar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, a aplicabilidade e as

limitações das técnicas de medida direta disponíveis para registrar os movimentos do pescoço em ambiente ocupacional. Os resultados dessa revisão apontaram para uma escassez de estudos avaliando os três eixos dos movimentos cervicais simultaneamente. Isso ocorreu devido às deficiências dos equipamentos atualmente disponíveis, indicando a necessidade do desenvolvimento de novos equipamentos ou o aprimoramento dos já existentes. Outra lacuna identificada na literatura por esse estudo foi a ausência de estudos que avaliassem a postura e os movimentos do pescoço de trabalhadores realizando atividades consideradas mais pesadas e variadas, tais como as atividades de enfermeiros e de eletricitistas.

A partir desses resultados, uma alternativa para o registro dos três eixos de movimento do pescoço em ambiente ocupacional seria a aplicação de eletrogoniômetros flexíveis, visto que esses são equipamentos portáteis e que quando combinados à torsiômetros permitem o registro tridimensional dos movimentos do segmento avaliado. Contudo, os eletrogoniômetros flexíveis e os inclinômetros (equipamento mais utilizado para o registro de movimentos bidimensionais do pescoço em ambiente ocupacional) não foram comparados com um outro equipamento considerado mais acurado e preciso como os sistemas tridimensionais de análise de imagens. Assim, um segundo estudo foi proposto com o objetivo de avaliar a validade concorrente entre eletrogoniômetros flexíveis, inclinômetros e um sistema tridimensional de imagens baseado em registro de vídeo.

O segundo estudo apontou que apesar de aplicáveis a ambientes ocupacionais, os registros dos eletrogoniômetros flexíveis apresentaram diferenças relevantes quando comparados aos registros do sistema de imagens e aos inclinômetros, além de restringirem fisicamente a realização da amplitude de movimento completa de flexo-extensão do pescoço. Já os inclinômetros, apesar de não registrarem a rotação do pescoço, apresentaram boa validade concorrente quando comparados ao sistema de imagens, exceto para o movimento de flexo-extensão. O sistema de imagens, devido a condições não-ótimas relacionadas à reconstrução dos marcadores, subestimou as amplitudes de movimento de flexo-extensão do pescoço.

Assim, a partir dos resultados dos dois estudos descritos anteriormente, um terceiro estudo foi proposto com o objetivo de avaliar, por meio de inclinômetros, os padrões de movimento da cabeça, tronco superior e membros superiores em técnicos de enfermagem com e sem dor cervical. Os profissionais de enfermagem foram avaliados tendo em vista a elevada prevalência de sintomas de dor na região do pescoço e membros superiores desses profissionais, além da ausência de estudos que avaliassem a sobrecarga postural a que esses trabalhadores estão expostos durante a realização de suas atividades ocupacionais.

Os resultados desse estudo indicaram que os técnicos de enfermagem de uma Unidade de Terapia Intensiva apresentam alta sobrecarga postural nas regiões do pescoço e membros superiores para todas as atividades realizadas em ambiente ocupacional. Particularmente, as tarefas de separar medicação e fazer anotações em prontuário médico merecem atenção, pois além da maior exposição postural, essas atividades também apresentaram maior duração no turno de trabalho. Em relação à comparação dos trabalhadores com e sem sintomas, não houve diferença estatística na sobrecarga postural entre esses dois grupos. Contudo, os indivíduos sintomáticos apresentaram maiores amplitudes de movimento e frações de tempo gasto em amplitudes extremas do que os sujeitos assintomáticos.

Os estudos desenvolvidos são apresentados a seguir. O primeiro estudo foi publicado no periódico internacional *Sensors (Basel)* (CARNAZ et al., 2010). O segundo estudo está em fase final de redação para submissão ao *Journal of Electromyography and Kinesiology* e o terceiro estudo foi submetido ao periódico *International Journal of Nursing Studies*. Os textos originais estão apresentados nos ANEXOS A, B e C, respectivamente.

## **2. PRIMEIRO ESTUDO**

(Versão em Português)

### **UMA REVISÃO DAS MEDIDAS DIRETAS DO PESCOÇO EM AMBIENTE OCUPACIONAL.**

CARNAZ, L.; BATISTÃO, M.V.; COURY, H.J.C.G. A Review of Direct Neck Measurement in Occupational Settings. **Sensors** (*Basel*), v.12, n.10, p. 10967-10985, 2010.

## **2. PRIMEIRO ESTUDO**

### **UMA REVISÃO DAS MEDIDAS DIRETAS DO PESCOÇO EM AMBIENTE OCUPACIONAL.**

#### **RESUMO**

Nenhuma diretriz está disponível para orientar pesquisadores a respeito da viabilidade e aplicabilidade de equipamentos e sensores para registrar, de forma precisa, os movimentos do pescoço em ambiente ocupacional. Nesse estudo, relatos a respeito do uso de medidas diretas para o registro dos movimentos do pescoço em ambiente ocupacional foram revisados. Dois revisores independentes, usando palavras-chave relevantes, pesquisaram nas seguintes bases de dados para a seleção de estudos elegíveis: Cinahal, Cochrane, Embase, Lilacs, PubMed, MEDLINE, PEDro, Scopus e Web of Science. Depois de aplicar o critério de inclusão, dos 33666 títulos iniciais, 13 artigos que usavam métodos de medida direta para o registro dos movimentos do pescoço em ambiente ocupacional foram recuperados. Esses estudos foram metodologicamente avaliados considerando as características de seu desenho, avaliação da exposição e resultados, e análise estatística. Os resultados mostraram que os três eixos de movimento do pescoço (flexo-extensão, inclinação e rotação) não foram simultaneamente registrados na maioria dos estudos revisados. Deficiências nos equipamentos disponíveis explicam essa lacuna e indicam que sensores e sistemas precisam ser melhorados para permitir o entendimento da real exposição ocupacional. Ainda, mais estudos são necessários avaliando os movimentos do pescoço de trabalhadores em atividades pesadas, tais como enfermeiros e eletricitas, já que nenhum artigo foi identificado avaliando tais ocupações.

Palavras-chave: equipamentos portáteis, medidas diretas, movimentos cervicais e exposição ocupacional.



## 2.1 INTRODUÇÃO

Os distúrbios no pescoço relacionados ao trabalho estão associados a um alto grau de dor e incapacidade na população trabalhadora (CÔTÉ et al., 2008). Esse fato pode ser evidenciado pelos altos índices de prevalência de dor e lesões musculoesqueléticas no pescoço em diferentes grupos ocupacionais, tais como, dentistas - 48% (ÅKESSON et al., 1999), enfermeiros - 45,8% (TRINKOFF et al., 2002), atendentes de telefone - 43,2% (ROCHA et al., 2005) e trabalhadores de escritório - 63% (KAMWENDO et al., 1991), dentre outros.

A origem desses distúrbios musculoesqueléticos é considerada multifatorial (ARIENS et al., 2000), sendo que tem sido demonstrada forte associação entre fatores de risco biomecânicos, como posturas e movimentos, e a ocorrência de dor no pescoço relacionada ao trabalho (BERNARD, 1997; COSTA e VIEIRA, 2010). Isso porque, a adoção de posturas inadequadas afeta a cinemática articular e o recrutamento muscular promovendo um aumento da carga compressiva na coluna cervical e gerando dor e distúrbios na região (SZETO et al., 2005).

Essa associação entre posturas inadequadas e desenvolvimento de lesão musculoesquelética revela a necessidade de se registrar as posturas e movimentos do pescoço em ambiente ocupacional para que esses aspectos possam ser quantificados e avaliados (COURY et al., 1999). Entretanto, ARIENS et al. (2000) em uma revisão da literatura relataram escassez de estudos que avaliassem a exposição física do pescoço por meio de métodos de medida direta padronizados e de qualidade aceitável.

Nesse sentido, novos equipamentos portáteis, tais como eletrogoniômetros e inclinômetros, foram disponibilizados na última década para o registro da postura e dos movimentos em ambiente ocupacional. Avaliações iniciais desses sistemas de medida direta sugerem que possam ser precisos e confiáveis (SHIRATSU e COURY, 2003; HANSSON et al., 2001<sup>a</sup>; HANSSON et al., 2004). Outras características desejáveis é que sejam fáceis de operar e que não interfiram na realização do trabalho (TESIO et al., 1995, SPIELHOLZ, 1998; ROWE et al., 2001; CAMPBELL-KYUREGHYAN et al., 2005). Além disso, seria recomendável que pudessem

permitir avaliações abrangentes de todos os movimentos do pescoço e que apresentassem sensibilidade para identificar pequenas variações de movimentos.

Assim, o objetivo dessa revisão foi investigar a aplicabilidade e limitações das técnicas de medida direta disponíveis na literatura utilizadas para registrar os movimentos do pescoço em ambiente ocupacional. Para tal, estudos de qualidade metodológica foram identificados e avaliados quanto a tipos de movimentos do pescoço registrados, grupos ocupacionais avaliados e principais resultados obtidos.

## **2.2 MÉTODOS**

### **2.2.1 Estratégias de busca na literatura**

Uma pesquisa nas bases de dados Biblioteca Cochrane, Cinahl, Embase, Lilacs, Pedro, Pubmed/Medline e Web of Science/Science Direct foi conduzida usando as seguintes palavras-chave: neck, cervical spine, head, posture, movement, risk factors, work exposure, occupational exposure, work related musculoskeletal disorders, pain, symptom, discomfort, recording, workplace, worksite, work, job e occupational activity. Cada base de dados eletrônica foi pesquisada para identificar estudos publicados na língua inglesa a partir do primeiro ano disponível até o mês de junho de 2009.

#### *Critérios de inclusão*

Os critérios de inclusão desta revisão foram atender simultaneamente aos aspectos: realização de *medidas diretas* da postura e ou movimentos do *pescoço* de trabalhadores ativos em *ambiente ocupacional*.

#### *Critérios de exclusão*

Todos os estudos que não atenderam, simultaneamente, aos 3 critérios de inclusão acima descritos foram excluídos desta revisão.

### **2.2.2 Procedimentos de identificação dos estudos**

Inicialmente, dois revisores independentes selecionaram os estudos com base nos títulos, excluindo aqueles claramente não relacionados com o tema da revisão. A seguir, todos os títulos selecionados tiveram seus resumos analisados para identificar aqueles que atendessem aos critérios de inclusão. Os textos completos dos artigos potencialmente relevantes foram recuperados para avaliação final. As listas de referências desses artigos foram checadas, de forma independente pelos dois revisores, para identificar estudos potencialmente relevantes, que não tinham sido recuperados pela busca eletrônica. Possíveis discordâncias durante o processo foram solucionadas por consenso.

### **2.2.3 Procedimentos de avaliação dos estudos**

Os dois revisores avaliaram de forma independente a qualidade metodológica dos estudos usando uma adaptação da lista de critérios (Tabela 1) proposta por ARIENS et al. (2000) para avaliação da qualidade metodológica de estudos observacionais. Essa lista avalia os estudos em relação a sua validade e precisão, contemplando as seguintes categorias: objetivo do estudo, população estudada, medidas de exposição, medidas de resultado e apresentação e análise dos dados. Como o objetivo dessa revisão foi avaliar a qualidade metodológica dos estudos considerando as medidas de exposição física, apenas os itens da escala de ARIENS et al. [6] que estavam altamente associados com a qualidade das medidas diretas foram considerados. Além disso, como apenas estudos transversais atenderam ao critério de inclusão do presente estudo, os itens da escala relacionados a estudos caso-controle e coorte foram excluídos. A Tabela 1 mostra em destaque os itens que foram efetivamente avaliados.

Tabela 1. Descrição dos itens da lista de avaliação da qualidade dos estudos proposta por ARIENS et al. (2000). Os itens em destaque foram utilizados por essa revisão para avaliação da qualidade dos estudos incluídos.

Item categories with different item definitions	Design <sup>a</sup>			I, V/P <sup>b</sup>
<i>Study purpose</i>				
A. Positive IF a specific, clearly stated purpose was described	Cr	Ca	Pr	I
<i>Study design</i>				
B. Positive if the main features (description of sampling frame, distribution by age and gender) of the study population were stated.	Cr	Ca	Pr	I
C. Positive if the participation rate at the beginning of the study was at least 80%	Cr	Ca	Pr	V/P
D. Positive if the cases and referents were drawn from the same population and a clear definition of the cases and referents was stated. Person with neck pain in the last 90 days had to be excluded from the reference group	Ca			V/P
E. Positive if the response after 1 year of follow-up was at least 80% or if the nonresponse was not selective	Pr			V/P
<i>Exposure measurements</i>				
F. Positive if the data on physical load at work were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
G. Positive if the data on physical load at work were collected and used using standardized methods of acceptable quality	Cr	Ca	Pr	V/P
H. Positive if the data on psychosocial factors at work were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
I. Positive if the data on psychosocial factors at work were collected and used using standardized methods of acceptable quality	Cr	Ca	Pr	V/P
J. Positive if the data on physical and psychosocial factors during leisure time were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
K. Positive if the data on historical exposure at work were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
L. Positive if the data on history of neck disorders, gender, and age were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	
M. Positive if the exposure assessment was blinded with respect to disease status	Cr	Ca		
N. Positive if exposure was measured in an identical way among the cases and referents	Ca			
O. Positive if the exposure was assessed at a time prior to the occurrence of the outcome	Ca			
<i>Outcome measurements</i>				
P. Positive if data on outcome were collected using standardized methods of acceptable quality	Cr	Ca	Pr	V/P
Q. Positive if incident cases were used (prospective enrollment)	Ca			V/P
R. Positive if the data on outcome were collected for at least 1 year	Pr			V/P
S. Positive if the data on outcome were collected at least every 3 months	Pr			V/P
<i>Analysis and data presentation</i>				
T. Positive if the statistical model used was appropriate for the outcome studied and the measures of association estimated with this model were presented (including confidence intervals)	Cr	Ca	Pr	V/P
U. Positive if the study controlled for confounding	Cr	Ca	Pr	V/P
V. Positive if the number of cases in the multivariate analysis was at least 10 times the number of independent variables in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P

<sup>a</sup> This column shows whether the item was used in the quality list for cross-sectional (Cr), case-referent (Ca) or prospective cohort (Pr) studies.

<sup>b</sup> This column shows if the stated item was an information (I) or a validity/precision item.

<sup>c</sup> This item was scored positive if one of the following criteria was met: (i) for direct measurements, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa >0.40; (ii) for observational methods, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa >0.40; for the inter- or intraobserver reliability.

<sup>d</sup> This item was scored positive if one of the following criteria was met: (i) for self-reported data, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa >0.40; (ii) for registered data, data must show that the registration system was valid and reliable; and (iii) for physical examination, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa 0.40 for the intraobserver reliability.

#### **2.2.4 Avaliação da qualidade metodológica propriamente dita**

Os estudos incluídos foram avaliados por meio dos itens da escala adaptada recebendo sinal positivo (+) ou negativo (-) quando o método, respectivamente, contemplasse ou não o item analisado. O item com informação não claramente descrita foi assinalado como não descrito (ND). Os itens classificados como positivos receberam 1 ponto. Como eram 6 os itens de interesse na escala, teoricamente, a soma total desses itens poderia gerar um total de 6 pontos. No entanto, um dos itens (Medidas de Exposição Física Item F, Tabela 1) era também parte dos critérios de inclusão do estudo, o que tornava redundante considerá-lo também para a avaliação da qualidade metodológica. Assim, considerando-se os itens passíveis de receber pontuação, um estudo poderia atingir um total máximo de 5 pontos. Com base nessa pontuação, os estudos foram categorizados como de alta qualidade metodológica quando obtivessem pelo menos 3 pontos (> 50%) nos itens pontuáveis (ARIENS et al., 2000; HOOFTMAN et al., 2004).

Cada estudo foi classificado quanto a sua qualidade metodológica por dois revisores independentes, sendo que as discordâncias entre eles foram discutidas até que se alcançasse um consenso. Quando uma concordância não era alcançada, um terceiro revisor (pesquisador sênior) era consultado para realizar o julgamento final.

#### **2.2.5 Extração dos Dados**

Os revisores extraíram, de forma independente, as seguintes informações dos artigos: o nome do equipamento utilizado para o registro postural do pescoço, os tipos de movimentos registrados pelo instrumento (flexo-extensão, inclinação e rotação do pescoço), a duração do registro postural, o objetivo do estudo, o número de sujeitos avaliados, a atividade ocupacional avaliada, e os resultados numéricos do registro da postura ou dos movimentos do pescoço.

#### **2.2.6 Níveis de Evidência**

Sistemas de pontuação para níveis de associação entre risco e desenvolvimento de lesão musculoesquelética, considerando estudos de coorte, caso-controle e transversais, são largamente utilizados por revisões de estudos

observacionais em ambiente ocupacional (ARIENS et al, 2000, HOOFTMAN et al., 2004). Contudo, não coube a utilização de qualquer desses sistemas nessa revisão, visto que não houve estudos de coorte ou caso-controle associando riscos presentes em ambiente ocupacional e desenvolvimento de lesão musculoesquelética que atendessem aos critérios de inclusão desse estudo. Assim, somente estudos transversais que registrassem posturas por meio de medidas diretas em contexto ocupacional foram incluídos. Dentro desse contexto, os estudos incluídos avaliaram outros aspectos, tais como, comparações entre indivíduos sintomáticos e assintomáticos, entre gêneros, etc.

Os níveis de evidência para os estudos transversais dessa revisão foram estabelecidos a partir de critérios propostos por Bradford-Hill (SACKETT et al., 2000):

- ✓ Forte evidência: Dois ou mais estudos de alta qualidade com resultados multivariados consistentes;
- ✓ Moderada evidência: Um estudo de alta qualidade ou dois estudos de baixa qualidade com resultados multivariados consistentes;
- ✓ Limitada evidência: Um estudo de baixa qualidade ou resultados não ajustados;
- ✓ Conflituosa evidência: Estudos inconsistentes com a mesma qualidade metodológica (consistente alta qualidade ou consistente baixa qualidade).

### **2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *Busca eletrônica*

A busca eletrônica resultou em um total de 33666 referências, das quais 8108 foram identificadas como títulos repetidos, portanto, 25558 ficaram disponíveis para análise dos revisores. Cada revisor leu, de forma independente, o total de títulos recuperados e destes, 1576 títulos foram considerados pertinentes.

Esses resumos foram lidos pelos revisores de forma independente e, após nova análise de pertinência, 23 foram considerados pertinentes ao tema da revisão. Os textos completos desses estudos foram localizados e lidos. Destes, 10 artigos foram excluídos pelos seguintes motivos: não descreveram os métodos e ou os equipamentos utilizados para o registro postural, pela participação de trabalhadores afastados ou, por simularem as atividades ocupacionais. Portanto, 13 estudos foram incluídos nesta revisão. As etapas de seleção dos estudos podem ser observadas na Figura 1.

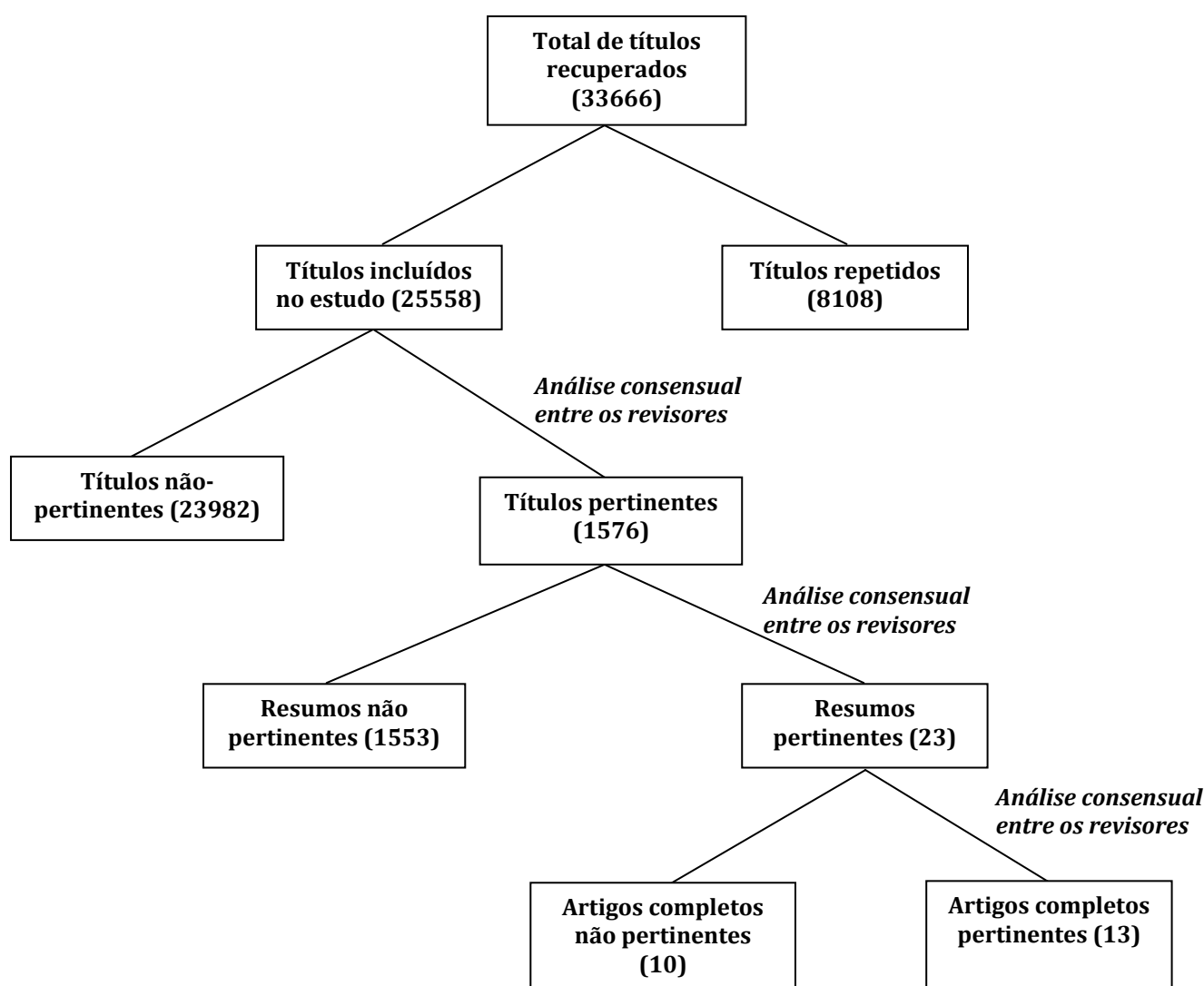


Figura 1. Etapas seguidas para a seleção dos 13 artigos completos incluídos no estudo.

### *Características dos estudos incluídos*

A Tabela 2 apresenta as principais características dos 13 estudos incluídos na revisão, a saber: 1) equipamento utilizado para o registro postural e duração do registro, 2) movimentos do pescoço registrados, 3) objetivo do estudo, 4) atividade ocupacional e número de sujeitos avaliados e, 5) resultados apresentados.



Tabela 2. Equipamentos utilizados, duração do registro postural, objetivo das medidas, atividades ocupacionais e principais resultados dos estudos incluídos na revisão.

Artigo	Equipamento e duração do Registro Postural	Movimentos registrados	Objetivo das Medidas	Atividade Ocupacional e número de trabalhadores*	Resultados
AARÅS (1988)	Fisiômetro -Aprox. 1 hora-	Flexão/ extensão	Analisar a posição do membro superior e da cabeça como um indicador de carga no ombro.	Trabalhadores Industriais Total: Não descrito Incluídos: 14 trabalhadores (11 mulheres, 3 homem) Avaliados: 14 trabalhadores	Flexão da cabeça foi negativamente correlacionada com a flexão do braço e com a carga no músculo trapézio (porção superior).
AARÅS et al. (1988)	Fisiômetro -Aprox. 1 hora-	Flexão/ extensão	Estudar a relação entre carga postural para um grupo de trabalhadores e o desenvolvimento de distúrbio musculoesquelético relacionado ao tempo de emprego.	Trabalhadores Industriais Total: 331 trabalhadores Incluídos: 331 trabalhadores Avaliados: Não descrito	A carga postural influenciou os afastamentos. Contudo, a flexão da cabeça influenciou a carga do trapézio muito menos do que a posição do braço. Os trabalhadores dos sistemas 10C e 11B apresentaram maior flexão de cabeça comparados com os trabalhadores do sistema 8B. As medidas mostraram uma variação da flexão média de 39° a 58° para 10C, de 15° a 48° para 11B e de 9° a 31° para o 8B, respectivamente.
ÅKESSON et al. (1997)	Inclinômetros (Logger Teknologi) -16 min-	Flexão/ extensão e flexão lateral	Descrever os potenciais fatores de risco para pescoço e membros superiores em mulheres dentistas – comparação entre indivíduos sintomáticos e assintomáticos.	Dentistas Total: Não descrito Incluídos: 12 trabalhadores Avaliados: 12 trabalhadores (6 sintomáticos, 6 assintomáticos)	Não houve diferenças relevantes entre dentistas sintomáticos e assintomáticos para os movimentos de flexo-extensão, mas maiores diferenças foram identificadas quando os movimentos de flexão lateral foram analisados. <i>Ângulos da cabeça:</i> 1) Flexão/extensão: Assintomáticos: 41(7); Sintomáticos: 42(11) 2) Flexão lateral: Assintomáticos: 50(6); Sintomáticos: 24(7) <i>Ângulos da Porção Superior das Costas</i> 1) Flexão/extensão : Assintomáticos : 26(4); Sintomáticos : 19(8) 2) Flexão lateral: Assintomáticos : 25(7); Sintomáticos : 13(3)

Artigo	Equipamento e duração do Registro Postural	Movimentos registrados	Objetivo das Medidas	Atividade Ocupacional e número de trabalhadores*	Resultados
ARVIDSSON et al., (2006) <sup>a</sup>	Inclinômetros (Logger Teknologi) -59min (56-65)-	Flexão/ extensão	Avaliar a carga física em um grupo de homens e mulheres.	Controladores de tráfego aéreo Total: 187 trabalhadores Incluídos: 187 trabalhadores Avaliados: 14 trabalhadores (7 mulheres, 7 homens)	A sobrecarga postural mostrou apenas pequenas diferenças entre os gêneros. <i>Ângulos da cabeça</i> (p>0.05): Mulheres: 8°; Homens: 12°. <i>Ângulos do tronco superior</i> (p>0.05): Mulheres: 13°; Homens: 12°.
ARVIDSSON et al., (2006) <sup>b</sup>	Inclinômetros (Logger Teknologi) Sistema antigo: 59 min (56-65) Sistema novo: 51 min (46-55) Intervalo: 40 min (30-49)	Flexão/ extensão	Avaliar a exposição física, em termos de postura, movimentos e carga muscular entre controladores de tráfego aéreo realizando a mesma tarefa usando dois sistemas.	Controladores de tráfego aéreo Total: Não descrito Incluídos: 14 trabalhadores Avaliados: 14 trabalhadores (7 mulheres, 7 homens)	Houve grandes diferenças na carga musculoesquelética entre os sistemas, antigo e novo. Durante as pausas, as amplitudes de movimento do pescoço foram maiores do que durante o trabalho. <i>Flexão do pescoço</i> 1) Mulheres (p<0.05 antigo vs. novo; p<0.05 pausa vs. trabalho no sistema antigo e novo) Antigo: 37(4); Novo: 28(10); Pausa:50(5) 2) Homens ( p<0.05 pausa vs. trabalho no sistema antigo e novo): Antigo: 35(9); Novo:26(14); Pausa:50(9)
ARVIDSSON et al., (2008)	Inclinômetros (Logger Teknologi) -56 min (36-66)-	Flexão/ extensão e flexão lateral	Avaliar se mulheres com desordens musculoesqueléticas definidas clinicamente realizam o trabalho de forma diferente das mulheres saudáveis.	Controladores de tráfego aéreo Total: 70 trabalhadores Incluídos: 70 trabalhadores Avaliados: 24 trabalhadores (13 sintomáticos, 11 assintomáticos)	<i>Flexão/extensão do pescoço</i> (p>0.05): Sintomáticos: 44(9); Assintomáticos: 42(10). <i>Flexão lateral do pescoço</i> (p>0.05): Similar em sintomáticos e assintomáticos.
BALOGH et al. (2006)	Inclinômetros (Logger Teknologi) 1.5 horas (manual) 1 hora (linha semi-automática) e 4 horas (linha automática)	Flexão/ extensão	Quantificar mudança na carga física como consequência de um desenvolvimento técnico gradual de três gerações de sistemas.	Operadores do processamento de tábuas de madeira Total: 152 trabalhadores Incluídos: 152 trabalhadores Avaliados: 31 mulheres operadoras (25 manual e semi-automático e 6 linha automática)	<i>Ângulos da cabeça</i> (p<0.05 manual vs. semi-automático, manual vs. automático, semi-automático vs. automático) Manual: 10th: 4(1;6); 90th: 29(27;31) Semi-automático: 10th: -1(-4;2); 90th: 21(18;24) Automático: 10th: -10(-17;-2); 90th: 31(24;38)

Artigo	Equipamento e duração do Registro Postural	Movimentos registrados	Objetivo das Medidas	Atividade Ocupacional e número de trabalhadores*	Resultados
BYSTRÖM et al. (2002)	Inclinômetros (Logger Teknologi)  Desenho de Tabelas (DT): 1) mouse: 26 min 2) teclado: 25 min  Modelagem de sólidos (SM): 1) mouse: 23 min 2) keyboard: 22 min  Em pé: 13 min	Flexão/ extensão	Determinar a carga física no pescoço e membros superiores de desenhistas assistidos por computador (CAD), e avaliar o impacto de dois diferentes sistemas de CAD, dois diferentes dispositivos de entrada de dados e as posições sentada e em pé.	Trabalhadores de computador Total: 16 trabalhadores Incluídos: 15 trabalhadores Avaliados: 9 trabalhadores (homens)	DT usando o mouse Ângulo da cabeça: 10th: 4(-3-15); 90th: 21(13-33) Ângulo da porção superior das costas: 10th: 5(-13-33);m90th: 12(-9-46) Comparando as aplicações: As diferenças inter-individuais são grandes para a porção superior das costas. Comparando os dispositivos: Não foram encontradas diferenças significantes quando os dispositivos foram comparados. Comparando sentado e em pé Na postura em pé, a flexão da cabeça foi maior e da porção superior das costas menor.
EKLUND et al. (1994)	Potenciômetros Elétricos (Nickometer,Goteborg)  Empilhadeiras: 40 min; Máquinas florestais:30 min Guindastes: 40 min	Flexão/ Extensão, flexão lateral e rotação	Identificar causas importantes da carga postural para o trabalho dos motoristas, especialmente quanto à postura da cabeça.	Motoristas Total: Não descrito Incluídos: 16 trabalhadores Avaliados:16 trabalhadores (3 mulheres, 13 homens) 5 empilhadeiras 9 máquinas florestais 2 guindastes	Empilhadeiras Cabeça estava rodada para a esquerda quando dirigindo, e para a direita quando manuseando mercadorias. Quando muito acima do chão, extensão da cabeça em combinação com a rotação. Máquinas Florestais Maior rotação da cabeça foi identificada para a cabine giratória quando comparada com outras máquinas. Guindastes Guindaste convencional demandou maior flexão de tronco superior, a qual foi compensada com leve extensão da cabeça quando comparado com o guindaste redesenhado, onde houve menor flexão lateral da cabeça.

Artigo	Equipamento e duração do Registro Postural	Movimentos registrados	Objetivo das Medidas	Atividade Ocupacional e número de trabalhadores*	Resultados
HANSSON et al. (2001) <sup>b</sup>	Inclinômetros (Logger Teknologi) 3,5 horas (1-7 horas)	Flexão/Extensão	Avaliar a concordância entre a exposição avaliada por meio de questionários e por medidas técnicas em diferentes posturas e movimentos.	Trabalhadores de escritório Total: 363 trabalhadores de escritório Incluídos: 276 responderam ao questionário; Medidos: 41 (24 mulheres, 17 homens)  Faxineiras Total: 273 faxineiras Incluídos: 218 responderam ao questionário; Avaliados: 41 (41 mulheres, 0 homens)	Considerando as posturas, houve pouca concordância entre a exposição avaliada por meio de questionário e medidas técnicas. Trabalha com a cabeça: 1) Extensão: Trabalhadores de escritório (k=0.18); Faxineiras (k=0.18). 2) Pouca flexão: Trabalhadores de escritório (k=0.34); Faxineiras (k=0.24) 3) Muita flexão: Trabalhadores de escritório (k=-0.07) Faxineiras (k=0.07) Trabalho com as costas: 1) Muita flexão: Trabalhadores de escritório (k=-0.06) Faxineiras (k=-0.12)
JONKER et al., (2009)	Inclinômetros (Logger Teknologi) 4 horas	Flexão/ extensão e flexão lateral	Avaliar a associação entre posturas /movimentos de trabalho e a sobrecarga auto-relatada.	Dentistas  Total: 73 dentistas Incluídos: 24 dentistas Avaliados: 24 dentistas	Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre a percepção de sobrecarga no trabalho e os ângulos do pescoço. Ângulos do pescoço Flexão/extensão 10th: -12.5(-16;-9) 90th: 27.4(24.2;30.5) Flexão lateral 10th: -9.5(-11.8;-7.1) 90th: 15.4(12.4;18.4) Ângulos do pescoço (flexo/extensão) associada com: Movimentos repetitivos (r=0.07,p=0.75); posições de trabalho monótono (r=0.01,p=0.99); posições de trabalho desconfortáveis (r=-0.21,p=0.35)

Artigo	Equipamento e duração do Registro Postural	Movimentos registrados	Objetivo das Medidas	Atividade Ocupacional e número de trabalhadores*	Resultados
JUUL-KRISTENSEN et al. (2001)	Inclinômetros (Logger Teknologi) 55 min	Flexão/ extensão e flexão lateral	Comparar posturas e movimentos no trabalho repetitivo em uma indústria de processamento de aves usando método de observação em registros de vídeo e medidas diretas.	Trabalhadores processamento de aves. Total: Não descrito Incluídos: 21 trabalhadores (3 trabalhadores foram excluídos devido a problemas técnicos); Avaliados : 18 trabalhadores	A diferença entre o método observacional e as medidas diretas foi 27% para a flexão do pescoço. Depois de ajustes para as diferentes posições de referência utilizadas, as diferenças entre os métodos diminuíram para 13%. <i>Ângulo da cabeça</i> Flexão/extensão: 10 <sup>th</sup> : 8(7); 90 <sup>th</sup> : 31(5) Flexão Lateral 10 <sup>th</sup> : -9(4) 90 <sup>th</sup> : 7(4) <i>Ângulo do Tronco superior</i> Flexão/extensão: 10 <sup>th</sup> : 3(5); 90 <sup>th</sup> : 16(4) Flexão Lateral: 10 <sup>th</sup> : -10(4); 90 <sup>th</sup> : 5(4)
NORDANDER et al. (2008)	Inclinômetros (Logger Teknologi) 3 horas e 58 min	Flexão/ extensão	Avaliar se trabalhadores homens e mulheres, que realizam tarefas idênticas no trabalho, diferem em relação ao risco de distúrbios, bem como a exposições físicas ou psicossociais.	Tarefas industriais repetitivas. Total: 514 trabalhadores Incluídos: 277 trabalhadores; Avaliados: 37 trabalhadores (19 mulheres e 18 homens)	Nenhuma diferença significativa entre os gêneros foi encontrada considerando as posturas da cabeça durante o trabalho. <i>Flexão/extensão da cabeça</i> Mulheres: 50 <sup>th</sup> : 22(9.8); 90 <sup>th</sup> : 41(9.2) Homem: 50 <sup>th</sup> : 24(6.3); 90 <sup>th</sup> : 43(7.5)

\*Total = número total de trabalhadores; incluídos= número de trabalhadores incluídos no estudo; avaliados= número de trabalhadores avaliados por medidas diretas

A partir dos dados descritos na Tabela 2, observa-se que inclinômetros são as ferramentas mais utilizadas no registro dos movimentos do pescoço em ambiente ocupacional. De acordo com HANSSON et al. (2001<sup>a</sup>), esses equipamentos são utilizados para o registro do pescoço porque são práticos, portáteis e permitem o registro de longos períodos de tempo em ambiente real de trabalho . Em apenas 3 estudos foram utilizados outros equipamentos, que foram um fisiômetro (AARAS, 1988; AARAS et al., 1988) e um potenciômetro elétrico (EKLUND et al., 1994). Esses três estudos são cronologicamente anteriores aos demais.

A duração dos registros de movimentos variou entre 13 minutos (BYSTRÖM et al., 2002) e 7 horas (HANSSON et al., 2001<sup>b</sup>), sendo que nenhuma associação entre duração do registro dos movimentos e outros aspectos dos estudos foi verificada.

Em relação aos movimentos registrados, o movimento de flexo-extensão do pescoço foi avaliado por todos os estudos incluídos nessa revisão. Contudo, apesar dos inclinômetros e potenciômetros elétricos registrarem os movimentos de inclinação do pescoço, apenas 5 estudos (EKLUND et al., 1994; ÅKESSON et al., 1997; JUUL-KRISTENSEN et al., 2001; ARVIDSSON et al., 2008; JONKER et al., 2009) relataram resultados para este movimento. Apenas 1 estudo (EKLUND et al., 1994) relatou resultados para o movimento de rotação da cabeça através de potenciômetros elétricos. Em parte, essa condição pode ser explicada pelo equipamento utilizado, visto que os inclinômetros (equipamento utilizado em 10 dos 13 estudos) têm por princípio de medida o ângulo relativo ao vetor de aceleração total. Em condições estáticas, esse ângulo coincide com a linha de gravidade, o que impossibilita o registro da rotação ao longo da vertical (HANSSON et al., 2001<sup>a</sup>). Apesar dos inclinômetros permitirem o registro da inclinação do pescoço, isso só ocorreu em apenas 4 dos 10 estudos que utilizaram esse equipamento. Essa lacuna no registro dos movimentos de flexão lateral e rotação do pescoço é um aspecto bastante crítico, pois prejudica consideravelmente nossa compreensão sobre a movimentação cervical. A dinâmica desses movimentos tem sido reconhecida como biomecânica e fisiologicamente complexa (KESHNER, 1990; CONLEY et al., 1995). Os movimentos do pescoço ocorrem por meio da movimentação dos discos intervertebrais, das articulações zigoapofisárias e uncovertebrais, as quais apresentam superfícies geométricas complementares. Essa configuração anatômica determina que os

movimentos nos planos cardinais sejam dependentes entre si e, portanto, combinados (BOGDUK e MERCER, 2000; WHITE e PANJABI, 1990; YOGANANDAM et al., 2001). A combinação de movimentos é definida como “a associação consistente de um movimento ao redor de um eixo com um outro movimento ao redor de outro eixo” (LEVANGIE E NORKIN, 2001). Os movimentos funcionais do pescoço ocorrem ao redor dos três eixos de movimento simultaneamente. Contudo o que se observa é que também os estudos clínicos têm investigado cada eixo de movimento isoladamente (CASTRO et al., 2000, WANG et al., 2005), No entanto, os movimentos combinados têm um papel importante na funcionalidade do pescoço (COOK et al., 2006; FERRARIO et al., 2002) e estão sujeitos a sofrer alterações na presença de dor, lesões e doenças da coluna cervical (FEIPEL et al., 1999).

Da mesma forma, o registro isolado dos movimentos de flexo-extensão do pescoço verificado nos estudos revisados aqui deixa de representar a real exposição postural a que os indivíduos estão submetidos em ambiente ocupacional. Considerando a interdependência entre os movimentos cervicais, qualquer equipamento destinado a registrá-los deve ser apto a registrar todos os movimentos simultaneamente. Isso permitirá que estudos futuros incluam registros simultâneos dos três eixos de movimento do pescoço. Para tal, pode ser necessário o aprimoramento de inclinômetros e outros equipamentos, ou mesmo o desenvolvimento de novos sistemas.

É importante notar que esses equipamentos não devem restringir fisicamente a amplitude de movimento do pescoço em nenhum de seus eixos, ainda devem ser leves, portáteis e permitirem o registro da postura por longos períodos do turno de trabalho.

Considerando a atividade ocupacional exercida pelos trabalhadores, a análise dos estudos permitiu verificar que, de maneira geral, a postura e os movimentos do pescoço foram registrados em trabalhadores que realizavam atividades ocupacionais sedentárias e/ou repetitivas, como dentistas, controladores de voo e trabalhadores de escritório ou de indústrias. O único estudo que avaliou postura e os movimentos do pescoço em atividades mais variadas foi o estudo de HANSSON et al. (2001<sup>b</sup>), o qual também incluiu faxineiras em sua amostra. A escolha de grupos ocupacionais envolvidos com atividades sedentárias e repetitivas pode estar relacionada a alta prevalência de queixas de dor no pescoço nessas populações (CÔTÉ et al., 2008). Além disso, tem sido reconhecida na literatura a

associação entre dor no pescoço e membros superiores, e a realização de atividades sedentárias (TURHAN et al., 2008; ELTAYEB et al., 2009). Contudo, sabe-se que também existe alta prevalência de sintomas no pescoço em atividades consideradas mais pesadas e variadas, tais como, em atividades de eletricitistas (MORIGUCHI et al., 2009) e enfermeiros (TRINKOFF et al., 2002). No entanto, essas atividades ainda não tiveram a exposição postural do pescoço avaliada por medidas diretas, que são consideradas mais válidas e precisas.

Os objetivos das medidas realizadas variaram largamente entre os estudos avaliados. Em dois estudos (ARVIDSSON et al., 2006<sup>a</sup>, NORDANDER et al., 2008) foram avaliadas as diferenças na postura e movimentos entre os gêneros, em outros dois estudos (ÅKESSON et al., 1997; ARVIDSSON et al., 2008) trabalhadores com e sem sintomas cervicais tiveram seus movimentos e posturas comparados. Em três estudos (ARVIDSSON et al., 2006<sup>b</sup>, BALOGH et al., 2006, BYSTRÖM et al., 2002) os autores compararam os efeitos de modificações de postos de trabalho em sistemas de produção antes e após intervenções ergonômicas ou mecanização da produção. Em outros três estudos (HANSSON et al., 2001<sup>b</sup>; JONKER et al., 2009; JUUL-KRISTENSEN et al., 2001) foram realizadas comparações entre medidas diretas (resultados objetivos) e medidas observacionais/auto-relato de sobrecarga. Por fim, dois estudos (AARAS et al., 1988; EKLUND et al., 1994) tiveram por objetivo avaliar a sobrecarga postural dos movimentos do pescoço e em um último estudo (AARAS, 1988) a relação entre a postura da cabeça e a sobrecarga do ombro foi analisada. Os objetivos dos estudos serão discutidos conjuntamente com as suas características metodológicas posteriormente no item “Características dos estudos associado à qualidade metodológica”.

#### *Avaliação da qualidade metodológica*

Os resultados da avaliação da qualidade metodológica, realizada pela escala de ARIENS et al. (2000) adaptada, estão apresentados na Tabela 3.



Tabela 3. Pontuação de cada item avaliado por dois revisores independentes. Como o item “dados de carga física no trabalho coletado e usado na análise foi aplicado como um critério de inclusão desse estudo, ele não foi considerado na soma total da pontuação.

	AARÅS (1988)	AARÅS et al. (1988)	ÅKESSON et al. (1997)	ARVIDSSON et al. (2006)A	ARVIDSSON <sup>b</sup> et al. (2006)	ARVIDSSON et al. (2008)	BALOGH et al. (2006)	BYSTRÖM et al. (2002)	EKLUND et al. (1994)	HANSSON et al. (2001) <sup>b</sup>	JONKER ET AL., (2009)	JUUL- KRISTENSEN et al. (2001)	NORDANDER et al. (2008)
<i>Desenho</i>													
Taxa de Participação na linha de base de pelo menos 80% ou não selecionado	ND	ND	ND	-	ND	-	-	-	ND	-	-	ND	-
<i>Avaliação da Exposição</i>													
Dados de sobrecarga física no trabalho coletados e usados na análise.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Dados de carga física coletados usando métodos padronizados de qualidade aceitável.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Avaliação dos Resultados</i>													
Dados nos resultados coletados com métodos padronizados de qualidade aceitável.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Análise</i>													
Modelo estatístico apropriado para o resultado estudado e uma medida de associação (incluindo intervalo de confiança) apresentada.	-	-	-	-	-	-	+	-	ND	-	+	-	+
Número de casos na análise multivariada de pelo menos 10 vezes o número de variáveis independentes.	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Pontuação Total</i>	2/5	2/5	3/5	3/5	2/5	3/5	4/5	2/5	3/5	3/5	4/5	3/5	4/5

Dos 13 artigos avaliados, 9 apresentaram uma pontuação igual ou superior a 3 pontos, portanto, foram considerados estudos de alta qualidade metodológica. Contudo, nenhum estudo avaliado atingiu a pontuação máxima (5 pontos). Contribui para esse resultado o fato de que o item que avaliou a taxa de participação dos sujeitos (representatividade da amostra) não foi pontuado como positivo para nenhum dos estudos avaliados. Isso ocorreu devido ao critério restrito que adotamos o qual só considerava esse item da escala como positivo, quando pelo menos 80% da amostra tivesse sido avaliada por meio de medidas diretas. Alguns dos estudos incluídos avaliaram um grande número de sujeitos por meio de questionários e avaliação física, contudo, os equipamentos foram aplicados apenas numa pequena porcentagem desses indivíduos. Exemplo disso é o estudo de ARVIDSSON et al. (2006<sup>a</sup>) no qual foram avaliados 187 funcionários, entretanto apenas 14 deles tiveram suas medidas de postura e movimentos do pescoço registrados por inclinômetros.

Esse resultado demonstra a dificuldade dos estudos que utilizam medidas diretas em avaliar um grande número de trabalhadores. Isso é bastante compreensível quando se considera que os procedimentos e a análise de dados exigidos por esse tipo de estudo demandam considerável tempo e custos financeiros (YEN e RADWIN, 2002). Há que se considerar também que a taxa de participação dos trabalhadores é diferente quando se trata de preencher um questionário ou de aceitar ter equipamentos fixados no corpo para um monitoramento de seus movimentos durante horas de trabalho. Portanto, o pequeno número de sujeitos avaliados em estudos que utilizam medidas diretas parece ser uma característica desse tipo de estudo, e não uma limitação.

Um outro item que tendeu a ser negativamente avaliado pela escala, e no qual apenas 3 estudos (BALOGH et al., 2006; NORDANDER et al., 2008; JONKER et al., 2009) foram pontuados como positivos, foi referente à adequação do modelo estatístico utilizado e a apresentação de intervalo de confiança. A maior parte dos estudos que não obteve pontuação positiva para esse item apresentou modelos estatísticos relativamente adequados, entretanto, o intervalo de confiança dos resultados não foi descrito. O intervalo de confiança tem sido reconhecido como desejável nos artigos científicos, pois através dele é possível fazer inferências sobre a consistência e importância clínica dos resultados. De acordo com SIM e REID (1999), isso ocorre porque o intervalo de confiança depende da variabilidade dos dados e do tamanho amostral.

### *Características dos estudos associado à qualidade metodológica*

Os dois estudos (ARVIDSSON et al., 2006<sup>a</sup>, NORDANDER et al., 2008) nos quais a diferença entre os gêneros foi avaliada, foram considerados estudos de alta qualidade metodológica. Nesses dois estudos não foram identificadas diferenças significativas para a postura e os movimentos do pescoço entre homens e mulheres durante a atividade ocupacional, o que fornece uma forte evidência sobre o assunto.

Considerando a comparação entre sujeitos sintomáticos e assintomáticos, dois estudos de alta qualidade metodológica (ÅKESSON et al., 1997; ARVIDSSON et al., 2008) se dedicaram a estudar esse tema. No estudo de ÅKESSON et al. (1997) pequenas diferenças foram identificadas entre dentistas com e sem sintomas para o movimento de flexo-extensão da cabeça e do tronco. Contudo, diferenças maiores para os movimentos de inclinação da cabeça e do tronco, respectivamente, 26° e 12°, foram relatadas. Já ARVIDSSON et al. (2008) não relatam diferenças entre controladores de voo sintomáticos e assintomáticos para o movimento de flexo-extensão da cabeça e do tronco superior, entretanto esse estudo não avaliou os movimentos de inclinação da cabeça e tronco superior. Esses resultados indicam forte evidência científica para a ausência de diferenças entre indivíduos com e sem sintomas para o movimento de flexo-extensão do pescoço. Mas, moderada evidência científica para a existência de diferenças entre esses grupos para o movimento de inclinação do pescoço. Esses resultados reforçam a necessidade de que todos os movimentos do pescoço sejam avaliados simultaneamente em estudos sobre exposição postural para essa região corporal.

Em dois estudos de baixa qualidade metodológica (ARVIDSSON et al., 2006<sup>b</sup>, BYSTRÖM et al., 2002) e em um estudo de alta qualidade metodológica (BALOGH et al., 2006) modificações nos postos de trabalho ou em sistema de produção foram avaliadas. ARVIDSSON et al. (2006<sup>b</sup>) compararam os antigos e novos postos de trabalho de controladores de voo e identificaram redução significativa da flexão do pescoço após a implementação de melhorias no local de trabalho. BYSTRÖM et al. (2002) avaliaram computer-aided design (CAD) workers fazendo uso de dois programas o PROFESSIONAL-CADAM® e o PRO/Engineering® e também compararam o uso exclusivo de um mouse ao uso do mouse associado ao teclado para operação dos programas acima descritos. Os autores não encontraram diferenças entre as posturas e movimentos do pescoço quando compararam o uso dos diferentes programas e o uso de mouse e do mouse associado ao

teclado. BALOGH et al. (2006) avaliaram a sobrecarga do pescoço promovida por sistemas de produção manual, semi-automático e automático. Neste estudo os autores identificaram diferença estatística significativa entre o sistema manual e semi-automático, manual e automático e semi-automático e automático para a flexão da cabeça. Contudo, ao discutirmos os resultados desses estudos, não cabe estabelecer evidência científica para esses achados, visto que eles investigam condições bastante distintas entre si, tanto em termos de ambientes ocupacionais avaliados, quanto de intervenções realizadas como também de desfechos clínicos ou operacionais avaliados. Assim, o que pode ser afirmado a partir desses estudos, é que a utilização de medidas diretas pode ser um recurso sensível e útil para identificar variações em posturas e movimentos em situações pré e pós- intervenções ergonômicas.

HANSSON et al. (2001<sup>b</sup>) e JONKER et al. (2009) avaliaram a correlação entre o auto-relato de sobrecarga física dos trabalhadores e os resultados obtidos por meio de medidas diretas em dois estudos considerados de alta qualidade metodológica. Ambos os estudos não encontraram correlação entre a sobrecarga relatada pelos trabalhadores e os ângulos do pescoço registrados por inclinômetros. Os resultados desses estudos revelam forte evidência científica para a ausência de correlação entre esses dois métodos de medida indicando que um não deveria ser utilizado em substituição ao outro. Contudo, devemos considerar que esses estudos não foram realizados em situações posturais mais extremas de exposição. Nessas condições a percepção dos indivíduos tende a se tornar mais acurada (SOUZA e COURY, 2005). JUUL-KRISTENSEN et al. (2001) descreveram a relação entre um método observacional de avaliação da postura e movimentos e os ângulos registrados por meio de medidas diretas. Para o método observacional, o avaliador deveria escolher entre duas categorias para a flexão do pescoço (<20° ou >20°). A duração média para a categoria “flexão do pescoço >20°” foi 92% no método observacional e 65% no registro dos inclinômetros. Essa diferença entre os métodos diminuiu para 13% quando os ajustes para a posição de referência do pescoço foram realizados para os dois métodos. Como apenas um estudo comparou métodos observacionais com medidas diretas, moderada evidência científica para a existência de diferenças entre os métodos foi observada.

De maneira geral, os métodos observacionais, aplicados por meio de protocolos de registro, têm a vantagem de serem baratos e práticos e podem ser utilizados em diversos

locais de trabalho. Entretanto apresentam limitações evidentes tais como, subjetividade, baixa precisão, necessidade de observadores altamente treinados e pouca aplicabilidade a tarefas dinâmicas, limitando-se a atividades mais estáticas e repetitivas (VAN DER BEEK e FRINGS-DRESSEN, 1998; YEN E RADWIN, 2002). Além disso, têm as suas validades interna e externa questionáveis (JUUL-KRISTENSEN et al., 1997). Apesar dessas limitações, em algumas situações ocupacionais estas são as únicas formas possíveis de registro. Por outro lado, estudos que utilizam medidas biomecânicas quantitativas por meio de medidas diretas são mais precisos e confiáveis. Além disso, apresentam aplicabilidade tanto para tarefas estáticas quanto dinâmicas e podem registrar diferentes articulações (JUUL-KRISTENSEN et al., 2001). Todavia, esses instrumentos de medida são complexos e, dependendo de suas características físicas, podem influenciar a realização da tarefa, fazendo com que a atividade avaliada não seja representativa da tarefa real (COURY, 1999).

#### **2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados deste estudo apontam a escassez de estudos avaliando os três eixos dos movimentos cervicais simultaneamente. Isso decorre diretamente de deficiências em equipamentos e sistemas atualmente disponíveis, e indica a necessidade do desenvolvimento de novos equipamentos ou do aprimoramento dos já existentes. Considerando a complexidade dos movimentos cervicais e o fato de que cada movimento que ocorre em um dos planos necessariamente combina-se com algum grau de movimento em outro plano, a exposição postural real presente nas atividades ocupacionais apenas poderá ser avaliada por meio de equipamentos capazes de registrar simultaneamente todos os movimentos.

Uma outra lacuna identificada na literatura é a ausência de estudos que avaliem a postura e os movimentos do pescoço de trabalhadores que realizam atividades consideradas mais pesadas e variadas. Isso é importante porque esses trabalhadores, tais como enfermeiros e eletricitas, também apresentam alta prevalência de queixas de dor no pescoço (TRINKOFF et al., 2002; MORIGUCHI et al., 2009).

Ainda, o número de sujeitos avaliados por medidas diretas não atingiu em nenhum estudo aqui incluído a taxa de participação considerada mínima para que um estudo de avaliação de exposição ocupacional alcance qualidade metodológica, de acordo com

algumas recomendações da literatura (ARIENS et al., 2000; HOOFTMAN et al., 2004). Contudo, essa constatação deve ser analisada com cautela. Considerando-se as dificuldades metodológicas inerentes aos estudos que realizam medidas diretas, o pequeno número de sujeitos avaliados parece ser mais uma característica do que uma limitação desses estudos. Assim, novas recomendações, voltadas especificamente para estes estudos, são necessárias para garantir a qualidade metodológica desses estudos.

### **Agradecimentos**

Esse estudo foi apoiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2008/51168-0; 2008/53995-1), CNPq (301.772/2010-0).

### **3. SEGUNDO ESTUDO**

(Versão em português)

#### **ELETROGONIÔMETROS FLEXÍVEIS, INCLINÔMETROS E UM SISTEMA TRIDIMENSIONAL DE ANÁLISE DE VÍDEO: VALIDADE CONCORRENTE DO REGISTRO DOS MOVIMENTOS DO PESCOÇO.**

Carnaz L, Moriguchi CS, Oliveira AB, Santiago PRP, Caurin GAP, Hansson G-Å, Coury HJCG. Flexible Electrogoniometers, Incliniometers and a Three-dimensional System Analysis Based on Video: Concurrent Validity for Recording Neck Movements. Manuscrito em fase final de redação para ser submetido ao **Journal of Electromyography and Kinesiology**.

### 3. SEGUNDO ESTUDO

#### **ELETROGONIÔMETROS FLEXÍVEIS, INCLINÔMETROS E UM SISTEMA TRIDIMENSIONAL DE ANÁLISE DE VÍDEO: VALIDADE CONCORRENTE DO REGISTRO DOS MOVIMENTOS DO PESCOÇO.**

##### **RESUMO**

Esse estudo avaliou a validade concorrente entre goniômetros (EGM), inclinômetros (INC) e um sistema de análise tridimensional baseado em registro de vídeo (IMG) em uma coleta de dados simultânea e sincronizada. Doze mulheres realizaram quatro movimentos do pescoço: flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução. As diferenças entre EGM, INC e IMG foram calculadas a cada instante. Para o *movimento de flexo-extensão*, IMG subestimou a amplitude de movimento (ADM) em 20%; além disso, o EGM apresentou um *crossstalk* de 20% para os eixos de inclinação e rotação. Durante o *movimento de inclinação*, todos os sistemas apresentaram ADM similar e diferenças entre os sistemas moderada (4-7%) para os eixos principais e ortogonais. Para o *movimento de rotação*, o EGM registrou um alto erro *crossstalk* (15%) para o eixo de flexo-extensão. Durante o *movimento de circundução*, a IMG subestimou a ADM para a flexo-extensão em aproximadamente 20% e as diferenças entre os sistemas foram altas (aproximadamente 20%); exceto para a diferença INC-IMG considerando o eixo da inclinação e para a diferença EGM-INC considerando o eixo da flexo-extensão, as quais foram inferiores a 10%. Para aplicação em ambiente ocupacional, o INC apresentou boa validade concorrente, embora não possa registrar os movimentos de rotação. O EGM deveria ser ajustado para que seu erro *crossstalk* fosse reduzido e para permitir o registro completo da ADM do pescoço. Devido a condições não-ótimas durante o movimento de flexo-extensão, a IMG subestimou estes movimentos. Para os movimentos complexos, diferenças na representação angular podem ter aumentado as diferenças entre os sistemas.

Palavras-chave: Ambiente ocupacional, registro do movimento, validade concorrente, movimentos do pescoço.



### 3.1 INTRODUÇÃO

Distúrbios no pescoço relacionados ao trabalho estão associados com um alto grau de dor e incapacidade na população trabalhadora (CÔTÉ et al., 2008). A origem destes distúrbios tem sido reconhecida como multifatorial, incluindo evidência que as posturas e os movimentos durante o trabalho sejam fatores de risco associados (COSTA e VIEIRA, 2010).

A adoção de posturas inadequadas afeta a cinemática articular e o recrutamento muscular, promovendo um aumento da carga compressiva na coluna cervical e levando à dor e distúrbios nessa região (SZETO et al., 2005). Esse fato destaca a necessidade do registro da postura e movimentos em ambiente ocupacional de forma que essas variáveis possam ser quantificadas e avaliadas.

Diferentes sistemas, tais como análise tridimensional baseada em registros de vídeo, sistemas opto - eletrônicos de rastreamento de marcadores, eletrogoniômetros e inclinômetros têm sido usados para registrar movimentos em situações dinâmicas. Entretanto, não há nenhum método de registro dos movimentos do pescoço que possa ser considerado como “padrão-ouro”. A avaliação concorrente entre instrumentos tem sido relatada como a melhor forma de validação para o movimento cervical até o momento (CHEN et al., 1999).

Sistemas de análise tridimensional baseados em registro de vídeo e rastreamento de marcadores geralmente são aceitos como os métodos mais precisos para o registro dos movimentos do pescoço (CASTRO et al., 2000). Contudo, a principal limitação de tais sistemas é o fato deles não serem viáveis em ambiente ocupacional, já que eles necessitam de um ambiente calibrado para a realização da reconstrução tridimensional e os marcadores anatômicos devem ser identificados por pelo menos duas câmeras, simultaneamente, o que restringe os movimentos do sujeito a uma área limitada. Outra dificuldade está relacionada à análise de dados, as sequências de rotação usadas para o cálculo dos ângulos de Euler nas análises de vídeo não tem sido descritas de forma consistente em estudo prévios, o que é agravado pelo fato da adoção de diferentes sequências de rotação poderem levar a diferentes resultados (HOF et al., 2001; KARDUNA et al., 2000).

Equipamentos ambulatoriais como, eletrogoniômetros e inclinômetros, podem ser úteis no registro dos movimentos em situações ocupacionais. Todavia, esses sistemas não têm sido comparativamente avaliados com outros equipamentos considerados mais acurados e precisos. Além disso, esses equipamentos não foram avaliados para o registro dos movimentos do pescoço. Ainda, deveria ser considerado que desenhos baseados em medidas consecutivas restringem as conclusões que podem ser extraídas de seus resultados, já que os efeitos do reposicionamento do sujeito e a variabilidade do movimento durante diferentes coletas não pode ser isolado das diferenças entre os instrumentos (ASSINK et al., 2008).

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a validade concorrente entre eletrogoniômetros flexíveis, inclinômetros e um sistema de análise tridimensional baseado em registro de vídeo em uma coleta de dados simultânea e sincronizada.

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1 Sujeitos**

Doze mulheres saudáveis (idade  $26,1 \pm 3,4$  anos;  $162,2 \pm 3,3$  cm; peso  $58,6 \pm 10,2$  kg) participaram do estudo. Sujeitos apresentando desvios acentuados na postura do pescoço, sintomas ou restrição do movimento foram excluídos da amostra. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (Protocolo 047/08).

### **3.2.2 Equipamentos**

Três diferentes tipos de equipamento foram usados para o registro dos ângulos do pescoço. As imagens foram registradas com duas filmadoras (Panasonic NV-GS320, Kadoma, Japan). Os registros eletrogoniométricos foram realizados com um eletrogoniômetro biaxial (M110), um torsiômetro (Q110) e uma unidade de aquisição (DataLog, Biometrics Ltd., Gwent, UK). Os registros dos inclinômetros foram realizados com dois sensores inclinométricos (baseado em acelerômetros tri axiais) e uma unidade de aquisição (Logger Tecknologi HB, Åkarp, Sweden). A frequência de aquisição foi 60Hz para o registro de vídeo e 20Hz para os registros dos eletrogoniômetros e inclinômetros.

### 3.2.2.1 Registros de vídeo

Um ambiente calibrado foi criado para os registros de vídeo. Oito fios de aço foram suspensos no teto do laboratório. Ao longo de cada fio, três marcadores reflexivos (10 mm de diâmetro) foram posicionados a 40 cm de distância. Esses vinte e quatro marcadores reflexivos foram usados para definir a calibração do ambiente (Figura 2A). Duas câmeras foram posicionadas uma sobre a outra a 130 cm de distância (70° de inclinação entre elas) (Figura 2B) de tal forma que ambas pudessem registrar todos os marcadores nos fios para o procedimento de calibração, assim como os marcadores nos sujeitos durante a realização os movimentos da cabeça.

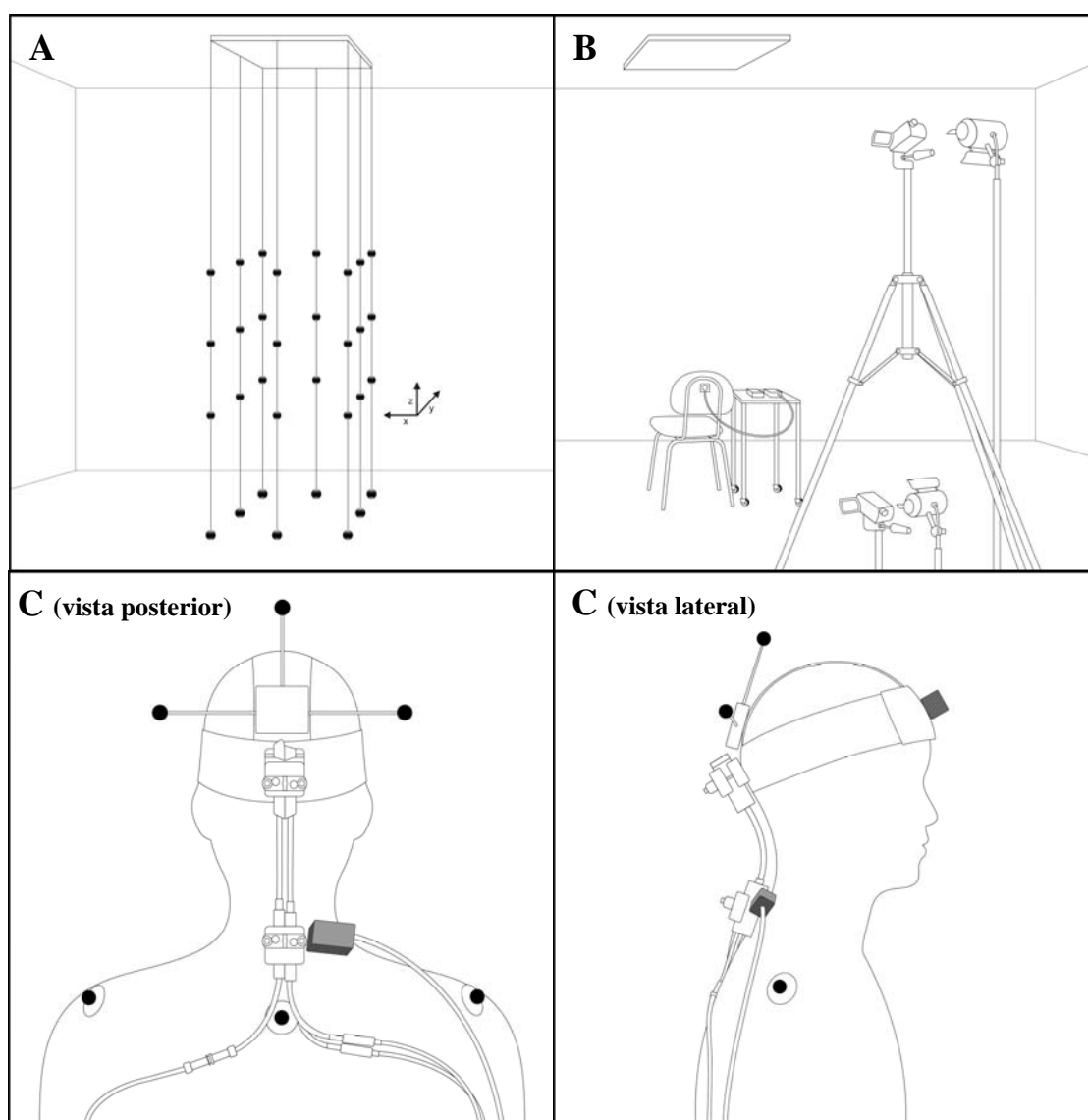


Figura 2. A) Sistema de Referência global usado para o procedimento de calibração do sistema de vídeo; B) Posicionamento das câmeras de vídeo e iluminadores no ambiente

de coleta de dados. O led acoplado às costas da cadeira e o cabo conectando o led às unidades de aquisição do eletrogoniômetro e do inclinômetro foram usados para sincronização dos instrumentos; C) Fixação dos marcadores reflexivos (destacados em preto), inclinômetros (destacados em cinza) e goniômetros na cabeça e tronco superior dos sujeitos.

Para avaliar os movimentos do tronco superior, marcadores reflexivos (10 mm diâmetro) foram fixados: 1) na quarta vértebra torácica, 2) no acrômio direito e 3) no acrômio esquerdo. Para registrar os movimentos da cabeça, três marcadores reflexivos foram fixados a três hastes metálicas perpendiculares; essas hastes foram conectadas a uma lâmina, a qual foi posicionada acima da protuberância occipital externa dos indivíduos (Figura 2C).

O erro de reconstrução dos marcadores do sistema de câmeras foi avaliado usando o método descrito por BARROS et al. (2006), e foi calculado como sendo inferior a 1 mm para todas as direções avaliadas. As sequências dos ângulos de Euler flexo-extensão, inclinação e rotação foram usadas no estudo.

### **3.2.2.2 Registros do Eletrogoniômetro (EGM)**

O eletrogoniômetro biaxial e o torsiômetro foram fixados um ao outro com fita adesiva dupla face e para evitar o deslocamento entre os sensores, eles foram colocados em um suporte acrílico. Para medir o movimento do pescoço, os terminais do eletrogoniômetro/torsiômetro foram fixados sobre a sétima vértebra cervical. Os terminais telescópicos foram fixados na protuberância occipital sobre uma touca (Figura 2C).

De acordo com o fabricante dos goniômetros biaxiais, o erro para os eixos principais é  $\pm 2^\circ$  em  $\pm 90^\circ$  de rotação ao redor dos eixos principais.

### **3.2.2.3 Registros do Inclinômetro (INC)**

Fita adesiva dupla face foi usada para fixar os inclinômetros aos sujeitos. Um inclinômetro foi fixado no tronco superior ao lado direito da sétima vértebra cervical próximo aos goniômetros, e um outro inclinômetro foi fixado na frente do sujeito (Figura 2C). A calibração dos inclinômetros foi realizada de acordo com os procedimentos descritos por HANSSON et al. (2001). O erro dos inclinômetros é pequeno ( $1,3^\circ$ ), e os

sensores podem ser posicionados em uma orientação arbitrária no segmento corporal, visto que suas coordenadas podem ser transformadas em coordenadas do segmento do corpo pelo registro da posição de referência e direção dos movimentos (HANSSON et al., 2001). A projeção do vetor que descreveu o grau e a direção da inclinação no plano horizontal foi usada para calcular os movimentos de flexo-extensão e inclinação.

### **3.2.3 Procedimentos**

#### *Posição de referência e registro dos movimentos*

Os sujeitos se sentaram numa cadeira posicionada dentro do ambiente calibrado do sistema de vídeo, com seus braços ao longo do tronco e suas mãos sobre as coxas. A posição de referência para os registros de movimento, definida como 0° de flexo-extensão, inclinação e rotação, foi registrada, simultaneamente, por todos os sistemas durante 1 minuto. Para a posição de referência, os indivíduos mantiveram a cabeça e o tronco superior na posição ereta e olhando para frente. Para os inclinômetros, a direção do movimento foi definida com o sujeito realizando flexão da cabeça e do tronco superior. Depois disso, os sujeitos foram instruídos a realizar quatro amplitudes completas dos movimentos da cabeça: flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução. Cada movimento incluiu cinco ciclos e durou aproximadamente 1 minuto. A sequência desses movimentos foi aleatorizada para cada sujeito.

Os três sistemas foram sincronizados ao se pressionar um botão o qual ativou uma luz emitindo diodo (LED). Este sinal foi identificado pelas duas câmeras e também disparou o sinal dos marcadores de evento para as unidades de aquisição do eletrogoniômetro e do inclinômetro. Embora os sistemas tivessem sido sincronizados no início do experimento, um pequeno atraso foi ocasionalmente observado entre os sinais registrados. Esse atraso pode ter ocorrido por diferenças no processamento interno dos sinais das unidades de aquisição dos inclinômetros, dos goniômetros e do sistema de vídeo; e também devido à imprecisão na frequência de aquisição dos equipamentos. Quando qualquer atraso foi identificado, eles foram corrigidos na análise (veja abaixo).

### **3.2.4 Análise dos Dados**

Os dados das câmeras de vídeo foram digitalizados com o Programa Ariel (APAS®, Ariel Dynamics, Inc., Trabuco Canyon, USA). As coordenadas x, y, z dos marcadores

reflexivos fixados no tronco superior e na cabeça foram calculados usando transformação linear direta. Em seguida, os dados dos três sistemas foram processados usando uma rotina desenvolvida em MatLab versão 7,6 (MathWorks Inc., Natick, MA, USA). Nessa rotina, as coordenadas dos marcadores reflexivos foram usadas para calcular os ângulos de Euler na sequência de rotação flexo-extensão, inclinação e rotação, separadamente, para a cabeça e para o tronco superior.

Para os inclinômetros, os ângulos da cabeça e tronco superior também foram derivados separadamente e os ângulos do pescoço foram calculados através da subtração dos ângulos da cabeça em relação aos ângulos do tronco superior.

Para todos os sistemas, os dados foram filtrados usando um filtro *Butterworth* de 2ª ordem, passa-baixa de 10 Hz e atraso de zero. Todos os registros foram relacionados à posição de referência, isto é, para cada sinal, o valor médio de 15 segundos de registro da posição de referência foi calculado e subtraído dos registros completos. Para os ângulos do pescoço registrados pelo sistema de vídeo, os dados foram reamostrados a 20 Hz. Os quatro movimentos foram identificados, e para cada movimento, a correlação cruzada entre os sinais dos diferentes sistemas foi calculada. O tempo de atraso derivado da correlação cruzada foi compensado, minimizando assim qualquer erro de sincronização residual.

As diferenças entre EGM e IMG (EGM-IMG), INC e IMG (INC-IMG) e EGM e INC (EGM-INC) foram calculadas a cada instante e plotadas em gráficos X-Y para cada sujeito (Figuras 3, 4 e 5). O eixo X representa os valores registrados pelo sistema usado como referência (IMG para as comparações EGM-IMG e INC-IMG e INC para a comparação entre EGM-INC) e as diferenças entre os sistemas estão apresentadas ao longo do eixo Y. Em seguida, a raiz quadrática média (RMS) dessas diferenças foi calculada para cada movimento. Adicionalmente, a razão entre o RMS das diferenças EGM-IMG, INC-IMG e EGM-INC e a média da amplitude de movimento para os três sistemas (considerando a rotação de dois sistemas) foi calculada para cada sujeito. Para os movimentos de flexo-extensão, inclinação e rotação, as razões foram calculadas em relação à amplitude dos eixos principais de movimento. Para a circundução, as razões foram calculadas em relação ao eixo de movimento correspondente.

### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1 Movimentos Realizados

Ângulos médios e desvio padrão da ADM do pescoço para os movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução registrados pela IMG, EGM e INC são apresentados na Tabela 4. Os eixos principais, isto é, os eixos ao redor do qual os movimentos primários ocorreram, estão em destaque.

Tabela 4. Média (°) e, entre parênteses, desvio padrão (°) da ADM de flexo-extensão inclinação e rotação, registrada pelo sistema de imagem (IMG), pelos eletrogoniômetros (EGM) e inclinômetros (INC) para 12 sujeitos realizando os movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Os eixos ao redor do qual os sujeitos foram instruídos a realizar os movimentos (eixos principais de movimento) estão em destaque.

Equipamentos	Movimentos			
	Flexion/extension	Inclinação	Rotação	Circundução
IMG				
Flexo-extensão	42,5 (14,9)	10,6 (4,0)	4,3 (1,8)	40,2 (11,5)
Inclinação	3,8 (2,0)	72,9 (12,3)	11,5 (5,9)	41,3 (19,4)
Rotação	4,2 (2,0)	27,0 (12,0)	109,7 (14,5)	57,7 (21,1)
EGM				
Flexo-extensão	49,7 (13,7)	10,5 (3,2)	33,2 (6,6)	49,8 (12,9)
Inclinação	20,5 (12,8)	64,1 (12,8)	14,2 (6,8)	39,8 (20,4)
Rotação	24,3 (25,5)	29,8 (8,8)	116,2 (17,4)	81,6 (34,0)
INC				
Flexo-extensão	54,6 (15,4)	12,1 (4,3)	7,4 (3,3)	52,1 (12,0)
Inclinação	6,7 (3,0)	76,7 (12,6)	19,1 (8,9)	45,1 (19,8)

Durante os movimentos de flexo-extensão, todos os sistemas de medida registraram uma moderada ADM de flexo-extensão (a média para todos os sistemas foi 49°) e uma similar e considerável variação entre indivíduos (15° em média de desvio padrão). Para os eixos ortogonais (sem destaque), IMG registrou baixos valores de inclinação (3,8°) e

rotação (4,2°), isto é, pequenas amplitudes de movimentos combinados, enquanto que o EGM registrou altos valores, excedendo 20° para ambos, inclinação e rotação.

Para *os movimentos de inclinação*, todos os sistemas registraram alta ADM (71° em média) para o eixo principal. Para os eixos ortogonais, IMG registrou alguma flexo-extensão (10,6°) e considerável rotação (27,0°). Valores similares foram registrados pelo EGM e pelo INC.

Ambos IMG e EGM registraram alta ADM de rotação (113° em média) durante *os movimentos de rotação*. Para os eixos ortogonais, ambos IMG e INC registraram baixos valores, enquanto o EGM apresentou alta ADM de flexo-extensão. Todos os sistemas registraram alguma inclinação.

Todos os sistemas registraram altos valores de ADM para flexo-extensão (47° em média) e inclinação (42° em média) durante *os movimentos de circundução*, os quais são complexos e envolvem combinações de flexo-extensão, inclinação e rotação. EGM apresentou maiores valores do que a IMG considerando o movimento de rotação.

### **3.3.2 Diferenças entre sistemas – Resultados individuais**

As Figuras 3 e 4 revelaram as diferenças entre EGM e INC em relação à IMG e a Figura 5 apresentou as diferenças entre o EGM em relação ao INC, para um sujeito representativo durante a realização de quatro movimentos do pescoço. Cada movimento está representado em uma coluna. Cada gráfico na coluna apresenta os dados registrados para um eixo de movimento, a ADM registrada pelo sistema de referência pode ser vista no eixo horizontal; enquanto que as diferenças entre o sistema de referência e o sistema avaliado (por exemplo, EGM-IMG na Figura 3) podem ser vistas no eixo vertical.

A Figura 3 apresenta as diferenças entre EGM e IMG. Para os movimentos que ocorrem nos eixos principais, isto é, flexo-extensão, inclinação e rotação, houve uma tendência de aumento das diferenças entre os equipamentos com o aumento da amplitude de movimento. Uma inversão dessa tendência ocorreu para o movimento de rotação no fim da amplitude de movimento. Em relação aos eixos ortogonais, o EGM registrou considerável ADM (25 a 30°) para os eixos de inclinação e rotação durante *o movimento de flexo-extensão*, assim como para o eixo de flexo-extensão durante *o movimento de rotação*, enquanto a IMG registrou valores próximos a zero. Essas três



diferenças denominadas *crosstalk*, isto é, movimentos realizados exclusivamente em um plano foram capturados como um falso registro no plano ortogonal, são notáveis e consideravelmente maiores do que as diferenças para os eixos principais. Os outros três *crosstalk* foram menores do que as diferenças correspondentes aos eixos principais.

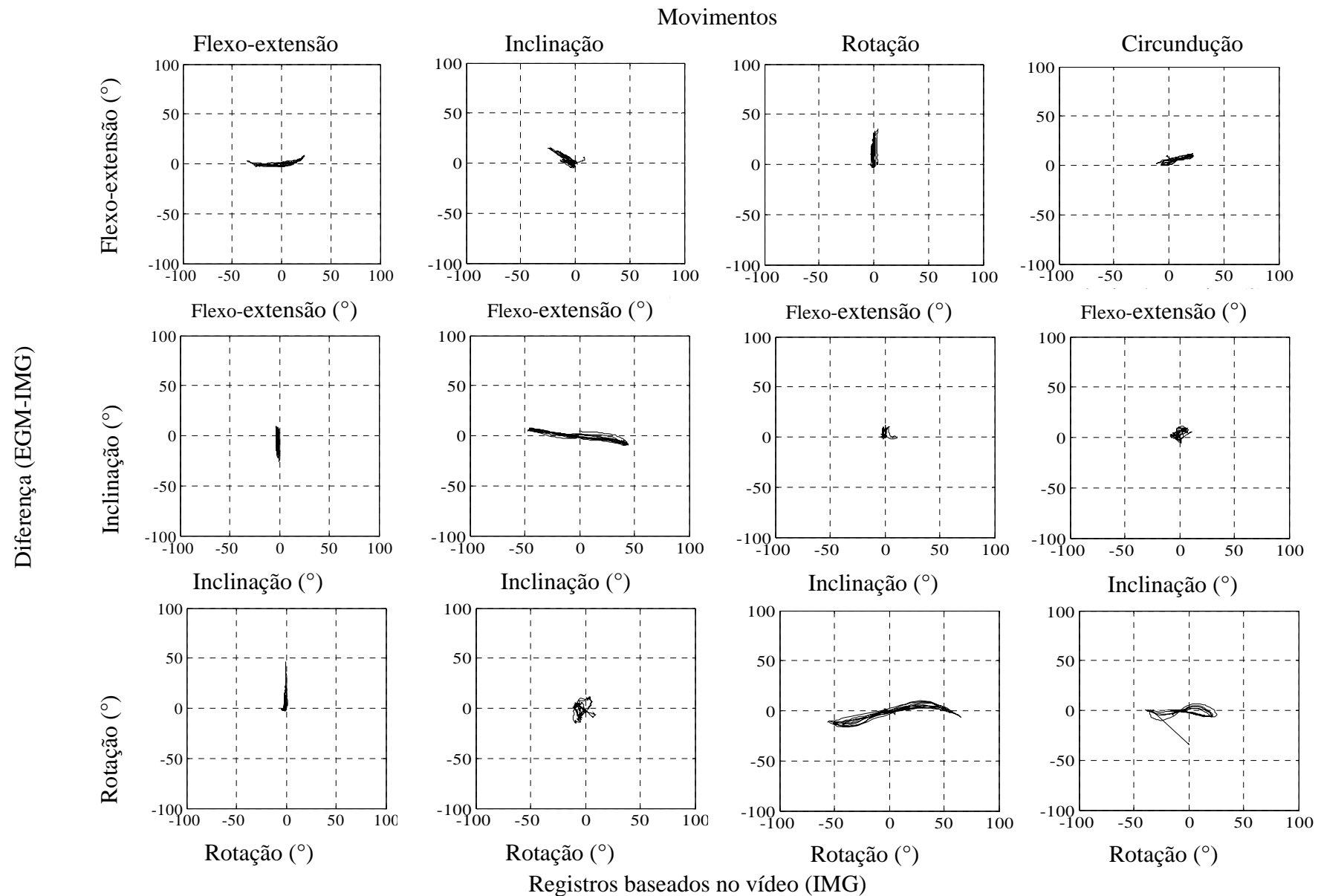


Figura 3. Diferenças entre eletrogoniômetro (EGM) e imagem (IMG) para flexo-extensão, inclinação e rotação para um sujeito realizando movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundação do pescoço. Cinco ciclos foram realizados para cada movimento. Ângulos positivos denotam a flexão, inclinação e rotação para a esquerda.

As diferenças entre os registros do INC e da IMG são apresentadas na Figura 4. O aumento na ADM no eixo de flexo-extensão durante *o movimento de flexo-extensão* foi associado com o aumento das diferenças entre os sistemas; na posição de maior flexão, os valores angulares registrados pelo INC foram aproximadamente  $10^\circ$  maiores do que os registrados pela IMG. Entretanto, esse comportamento não ocorreu para o eixo da inclinação durante *o movimento de inclinação*, no qual as diferenças entre os registros foram pequenas e praticamente constantes para a ADM completa. Houve uma diferença nos valores para o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de inclinação*, muito similar em padrão e magnitude à diferença correspondente entre EGM e IMG, o que indica que poderia ter ocorrido um erro do tipo crosstalk no registro da IMG ao invés de erros nos registros do EGM e INC. Para os eixos de flexo-extensão e inclinação durante *o movimento de rotação* assim como para o eixo da inclinação durante *o movimento de flexo-extensão*, as diferenças entre INC e IMG, isto é os erros do tipo *crosstalk*, foram próximos a zero.

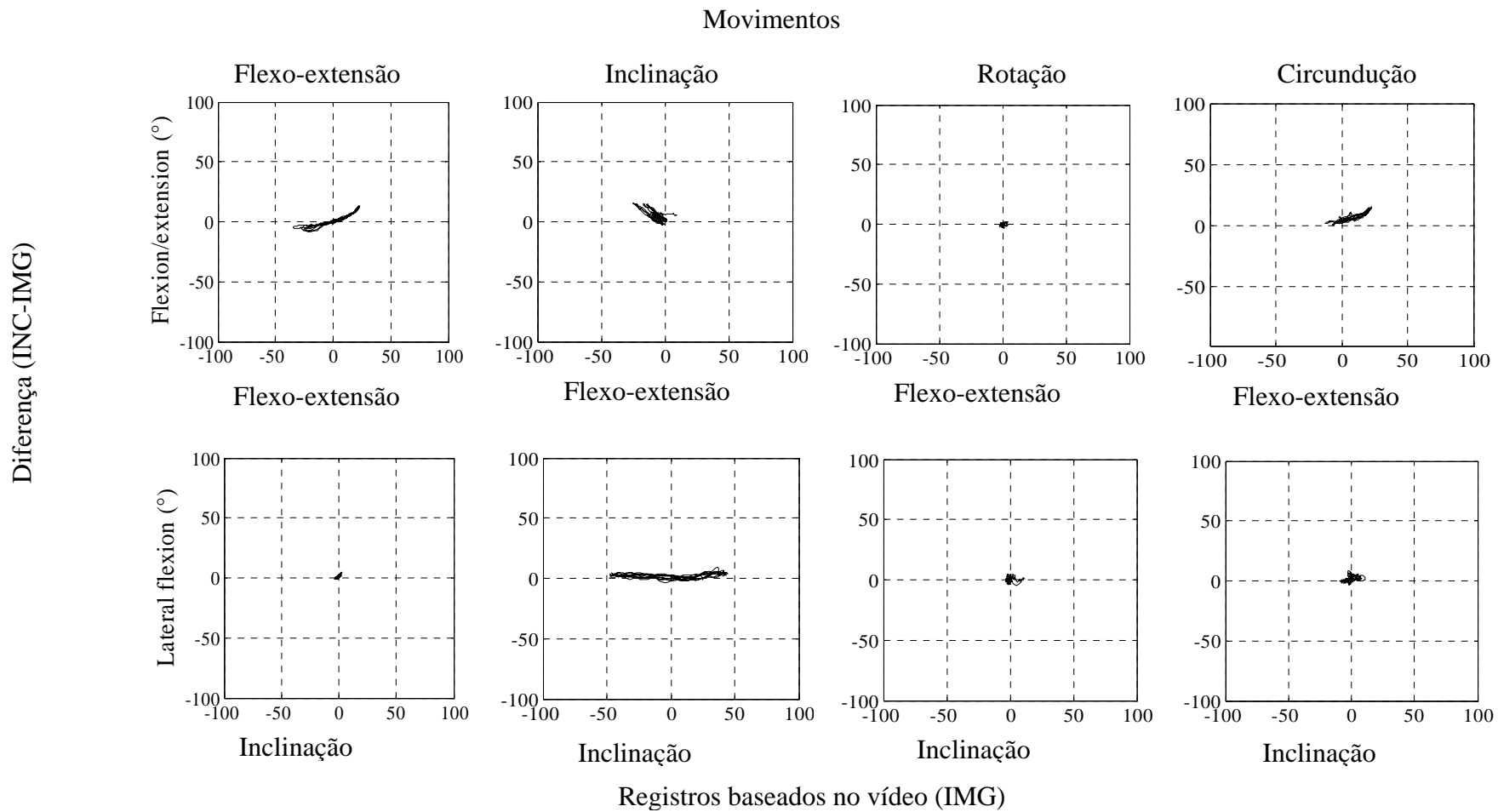


Figura 4. Diferenças entre inclinômetro (INC) e imagem (IMG) para flexo-extensão, inclinação e rotação para um sujeito realizando movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Cinco ciclos foram realizados para cada movimento. Ângulos positivos denotam a flexão, inclinação e rotação para a esquerda.

A Figura 5 apresenta as diferenças entre EGM e INC. Para os eixos principais, isto é, o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de flexo-extensão*, assim como para o eixo da inclinação durante *o movimento de inclinação*, houve um aumento das diferenças entre os sistemas com o aumento da amplitude de movimento. Para o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de circundução* as diferenças entre sistemas ocorreram no fim da amplitude de flexão. Considerando os eixos ortogonais, grandes diferenças foram encontradas entre EGM-INC para o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de rotação* e para o eixo da inclinação durante *o movimento de flexo-extensão*. Essas diferenças foram similares às identificadas entre EGM-IMG e provavelmente são devido aos erros do tipo *crosstalk* relacionados aos registros do EGM. As diferenças entre EGM e INC foram pequenas para o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de inclinação* e para o eixo da inclinação durante *os movimentos de rotação e circundução*.

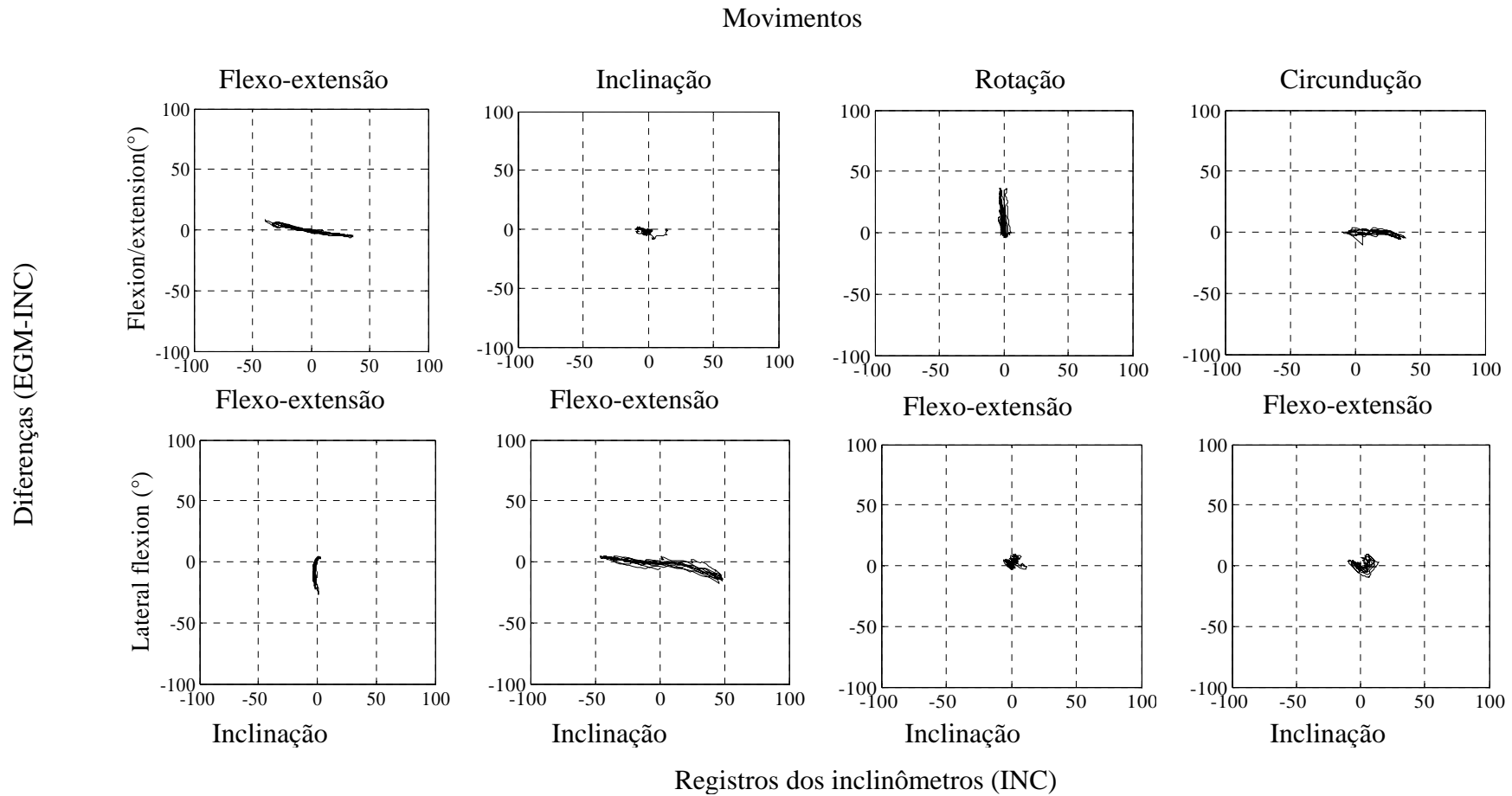


Figura 5. Diferenças entre eletrogoniômetro (EGM) e inclinômetro (INC) para flexo-extensão, inclinação e rotação para um sujeito realizando movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução do pescoço. Cinco ciclos foram realizados para cada movimento. Ângulos positivos denotam a flexão, inclinação e rotação para a esquerda.

### 3.3.3 Diferenças entre sistemas – Resultados Gerais

O RMS das diferenças entre EGM e INC em relação à IMG e do EGM em relação ao INC, assim como a razão entre essas diferenças e a ADM média para os três sistemas (dois sistemas para a rotação) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Média (°) e, entre parênteses, desvio padrão do RMS das diferenças entre eletrogoniômetro e o sistema de imagens (EGM-IMG), inclinômetro e o sistema de imagens (INC-IMG) e eletrogoniômetro e inclinômetro (EGM-INC) para os eixos de flexo-extensão, inclinação e rotação de 12 sujeitos realizando os movimentos de flexo-extensão, inclinação, rotação e circundução. A razão (%) entre essas diferenças e a amplitude de movimento para o sistema de referência (veja Tabela 4) está também apresentada entre colchetes. Para os movimentos de flexo-extensão, inclinação e rotação, as diferenças estão relacionadas à amplitude de movimento do eixo principal; para os movimentos de circundução, as diferenças estão relacionadas a amplitude do seu eixo de movimento correspondente. Para a comparação entre EGM-INC a razão não foi calculada para o movimento de rotação já que o INC (sistema de referência para essa comparação) não é capaz de registrar o movimento de rotação. Os eixos os quais os sujeitos foram instruídos a realizar os movimentos (eixos principais de movimento) estão em destaque.

Diferença (RMS)	Movimentos			
	Flexo-extensão	Inclinação	Rotação	Circundução
<b>EGM-IMG</b>				
Flexo-extensão	4,7 (2,2) [11]	3,3 (1,4) [4]	14,9 (2,5) [14]	6,3 (2,3) [17]
Inclinação	8,7 (5,3) [20]	3,7 (1,4) [5]	4,0 (1,1) [4]	7,8 (5,1) [19]
Rotação	9,9 (10,3) [19]	4,4 (1,6) [6]	6,6 (3,1) [6]	14,8 (10,7) [28]
<b>INC-IMG</b>				
Flexo-extensão	5,1 (1,7) [13]	5,3 (1,2) [7]	2,8 (1,4) [3]	6,1 (1,8) [17]
Inclinação	2,1 (1,4) [5]	2,9 (1,3) [4]	3,9 (2,9) [3]	3,0 (1,6) [8]
<b>EGM-INC</b>				
Flexo-extensão	2,7 (1,6) [5]	3,7 (1,0) [5]	15,5 (3,1) [-]	4,5 (1,5) [9]
Inclinação	9,1 (7,1) [17]	5,2 (2,2) [7]	4,2 (1,2) [-]	9,4 (6,6) [21]

Quando os movimentos ao redor dos eixos principais são realizados, isto é, flexo-extensão, inclinação e rotação (valores em destaque na Tabela 5), comparativamente, pequenas diferenças relativas entre EGM e IMG foram observadas para *os movimentos de inclinação e rotação* (5% e 6%, respectivamente), enquanto maiores valores foram encontrados para *o movimento de flexo-extensão* (11%). Contudo, considerando os eixos ortogonais dos movimentos realizados, nos quais os movimentos reais foram muito menores, maiores diferenças entre os sistemas ocorreram, em muitos casos maiores do que aquelas para os eixos principais. As diferenças foram consideravelmente altas para os eixos de inclinação e rotação durante *o movimento de flexo-extensão* (20% e 19%, respectivamente) e para o eixo de flexo-extensão durante *o movimento de rotação* (14%). *O movimento de circundução* apresentou relativamente maiores diferenças para todos os eixos de movimento. Os altos desvios padrão, excedendo 10° para o eixo de rotação durante ambos *os movimentos de flexo-extensão e circundução*, demonstram que houve grande variação entre os indivíduos.

Pequenas diferenças entre INC e IMG foram detectadas para os eixos principais e ortogonais durante a realização de todos os movimentos do pescoço, exceto para o eixo da flexo-extensão durante *os movimentos de flexo-extensão e circundução*.

As diferenças relativas entre EGM e INC foram pequenas para os eixos principais de movimento. Considerando os eixos ortogonais, pequenas diferenças foram encontradas para o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de inclinação* e para o eixo da inclinação durante *o movimento de rotação*. Da mesma forma que para a comparação entre EGM-IMG, grandes diferenças foram identificadas para o eixo da inclinação durante *o movimento de flexo-extensão* e para o eixo da flexo-extensão durante *o movimento de rotação*. Também foram observadas grandes diferenças para o eixo da inclinação durante *o movimento de circundução*.

### **3.4. DISCUSSÃO**

As diferenças foram similares considerando os eixos principais para o EGM e o INC em relação à IMG e para o EGM em relação ao INC, exceto para o eixo da flexo-extensão



durante o movimento de flexo-extensão considerando a comparação entre EGM e INC. Para os eixos ortogonais, as diferenças entre EGM-IMG e EGM-INC foram similares e maiores do que as diferenças entre INC-IMG. Especificamente, durante o movimento de flexo-extensão, EGM e INC apresentaram 17% e 28% maiores amplitudes de flexo-extensão, respectivamente, do que a IMG; enquanto que o INC registrou 10% maior amplitude de flexo-extensão em relação ao EGM. Considerando os eixos ortogonais, o EGM apresentou um *crosstalk* de 20% para os eixos da inclinação e da rotação comparados com a IMG e um *crosstalk* de 17% para o eixo da inclinação em relação ao INC. Para o movimento de inclinação, os sistemas apresentaram pequenas diferenças para os eixos principais e ortogonais e um grau similar de movimentos combinados. Para o movimento de rotação, o EGM registrou uma amplitude de rotação similar à IMG, mas exibiu alto erro *crosstalk* considerando o eixo da flexo-extensão quando comparado à IMG e ao INC. O inclinômetro, o qual não pode registrar a rotação, apresentou um pequeno erro *crosstalk* para ambos os eixos da flexo-extensão e da inclinação em relação à IMG. Durante o movimento de circundução, ambos EGM e INC apresentaram grandes diferenças relativas para o eixo da flexo-extensão e registraram maiores amplitudes de flexo-extensão do que a IMG; as diferenças relativas para o EGM foram altas considerando os eixos da inclinação e da rotação.

### **3.4.1 Considerações sobre o registro da IMG**

Embora nenhum equipamento possa ser considerado “padrão-ouro” para avaliar os movimentos do pescoço (CHEN et al., 1999); os sistemas de registro baseados em vídeo são frequentemente considerados como sistemas de referência. Em nosso estudo, algumas limitações precisam ser consideradas. O erro de posição foi menor do que 1 mm para cada um dos três planos. Contudo, quando as posições dos marcadores se tornaram próximas ou mesmo coincidiram com o ponto de visão de uma das câmeras, é evidente que a acurácia do ângulo estimado diminuiu, especialmente se as posições dos marcadores também apareceram próximas do ponto de visão da outra câmera. Considerando a posição das câmeras (Figura 2B) em combinação com a orientação inclinada para frente dos três marcadores na cabeça (Figura 2C), é claro que tal condição ocorreu mesmo com uma limitada flexão da cabeça. De fato, quando a ADM média foi

calculada separadamente para flexão (13,3° para a IMG, 19,4° para o EGM e 22,0° para o INC) e para a extensão (-29,2° para a IMG, -30,3° para o EGM e -32,6° para o INC), as diferenças entre os sistemas ocorreram principalmente durante o movimento de flexão, deixando evidente que o sistema de imagens subestimou os ângulos de flexão.

Os erros durante os movimentos de flexo-extensão poderiam ter sido reduzidos se o sistema de imagens tivesse sido composto por três ou mais câmeras. Contudo, a adição de câmeras teria implicado na fixação de mais marcadores reflexivos aos sujeitos, para que cada câmera registrasse pelo menos três marcadores ao longo da ADM completa. Essa nova configuração do sistema de imagens também implicaria na dificuldade de rastreamento dos marcadores por todas as câmeras durante os movimentos. Como o processamento dos marcadores não detectados pelas câmeras tem sido reconhecido como uma fonte de erro adicional (CHIARI et al., 2005) e o teste piloto revelou boa acurácia (considerando os erros de posição), câmeras adicionais não foram usadas nesse estudo.

Para minimizar a variação devido a sequência de rotação dos ângulos de Euler, hof et al. (2001) sugerem que as sequências dos ângulos de Euler sejam sempre relatadas e cada ambiente experimental seja investigado para a seleção da melhor representação dos ângulos de Euler. A sequência adotada para o presente estudo foi baseada nos achados do estudo piloto.

### **3.4.2 Considerações sobre os registros do EGM**

Duas limitações em relação ao EGM foram identificadas no presente estudo. Primeira, os sensores não permitiram que a articulação alcançasse a amplitude completa de flexo-extensão. Como mencionado por STRAKER et al. (2010), eletrogoniômetros flexíveis podem ser limitados por exceder a máxima distância predefinida entre os dois terminais do sensor. A segunda limitação, *crosstalk*, pode ocorrer por três razões principais: 1) desvios mecânicos nas propriedades geométricas dos elementos sensíveis dos goniômetros; 2) mau alinhamento de um dos terminais, resultando em rotação axial do goniômetro ou 3) fixação do goniômetro desalinhado em relação ao eixo principal do movimento (HANSSON et al., 1996). Para os goniômetros biaxiais, erros específicos (isto

é, ganho de erro para os eixos principais) e *crossstalk* referem-se a movimentos ao redor dos dois eixos principais. Apenas o ganho de erro ocorreu para o torsiômetro. Os erros para os movimentos combinados são complexos e não podem ser calculados a partir das especificações acima.

### **3.4.3 Considerações a respeito do INC**

A principal limitação dos inclinômetros é que eles registram o ângulo relativo ao vetor de aceleração total, o qual durante condições estáticas coincide com a linha da gravidade. Assim, eles não podem registrar a rotação ao redor da linha vertical, que é o movimento mais abrangente realizado pelo pescoço, assim como pela coluna vertebral (acima de 160°, LEVANGIE e NORKIN, 2001). Além disso, condições dinâmicas introduzem erros; contudo durante a realização de movimentos lentos, como no presente estudo, eles são limitados (HANSSON et al., 2001). O resultado básico e inequívoco do INC é a inclinação em relação à linha da gravidade e a direção da inclinação tendo como referência o plano horizontal. A representação da flexo-extensão e da inclinação, derivadas por projeção no plano horizontal, é apenas válida para os ângulos de inclinação menores que 90°. Considerando a amplitude de movimento registrada no presente estudo, essa condição foi atendida tanto para o tronco superior como para a cabeça.

### **3.4.4 Validade concorrente de acordo com o critério estabelecido pela Associação Médica Americana (AMA)**

Usando uma diferença de 10% como critério para avaliar a validade concorrente (AMA, 2005), os resultados mostraram que, para os movimentos de inclinação e rotação, EGM, IMG e INC apresentaram concordância para os movimentos ocorrendo nos eixos principais (veja as diferenças relativas na Tabela 5). Esses achados corroboram com os resultados de MALMSTRÖM et al. (2003) e GELALIS et al. (2009) que relataram boa validade concorrente para os movimentos do pescoço entre inclinômetros não-portáteis e um sistema de análise tridimensional.

Considerando o movimento de flexo-extensão, pequenas diferenças relativas foram observadas entre EGM e INC. Todavia, as diferenças entre EGM-IMG e INC-IMG foram superiores ao limite determinado pela AMA (2005). Esses resultados discordam com

ambos MALMSTRÖM et al. (2003) e GELALIS et al. (2009) que encontraram registros válidos para os movimentos de flexo-extensão quando compararam inclinômetros e um sistema de análise tridimensional. Durante o movimento de flexo-extensão, o EGM e, especialmente, o INC registraram maiores amplitudes de movimento para o eixo a flexo-extensão do que a IMG, e esse movimento apresentou pouca combinação com os movimentos dos outros eixos. O componente dinâmico pode ter levado às diferenças nos registros do INC, mas considerando que os movimentos foram lentos, nós não acreditamos que apenas esse fator explique os resultados. Um fator que também pode ter contribuído para as diferenças são as grandes ADM de flexo-extensão, as quais foram restritas pelo EGM, o que pode ter tensionado a adesão entre os terminais do EGM e ambos, a touca e a sétima vértebra cervical. Essa tensão pode ter causado mudanças na orientação relativa dos marcadores reflexivos na cabeça, do terminal telescópico do EGM e /ou do inclinômetro fixado na frente, assim como um efeito correspondente no tronco superior. Outro fator que pode ser considerado são as diferenças na orientação entre o plano dos três marcadores fixados na cabeça e no tronco superior, dos terminais do EGM, e dos inclinômetros (depois da transformação para um sistema de coordenadas do sujeito) o que também pode ter resultado em diferenças entre os equipamentos. Presumivelmente, entretanto, as condições não-ótimas para o registro da flexo-extensão pela IMG foram os principais responsáveis pelas diferenças, como descrito na seção 3.4.1 “Considerações a respeito da IMG”.

Considerando os eixos ortogonais de movimento, o INC apresentou boa validade concorrente em relação à IMG durante a realização dos movimentos de flexo-extensão, inclinação e rotação de acordo com o critério da AMA (2005). O EGM não apresentou validade concorrente em relação à IMG para os eixos da inclinação e da rotação durante o *movimento de flexo-extensão*. Em relação ao INC, o EGM demonstrou validade concorrente para o eixo da flexo-extensão durante o *movimento de inclinação* e para o eixo da inclinação durante o *movimento de rotação*.

A circundução foi incluída para simular os movimentos complexos que podem ocorrer em ambiente ocupacional. Para esses movimentos, a comparação EGM-INC mostrou menores diferenças relativas do que o limite estabelecido pela AMA para o eixo

da flexo-extensão, mas não para o eixo da inclinação. Durante os movimentos de circundação, as diferenças entre EGM e IMG excederam o critério da AMA para todos os eixos, e as diferenças entre INC e IMG excederam o critério para o eixo da flexo-extensão. Entretanto, ambos EGM e INC apresentaram maiores valores de flexo-extensão do que a IMG, e esses ângulos foram muito similares àqueles registrados para o movimento de flexo-extensão. Além disso, EGM e INC comparados à IMG apresentaram características similares de erro em nível individual (Figuras 3, 4 e 5), assim como para o grupo (Tabela 5). Assim, a IMG, provavelmente, subestimou o movimento de flexo-extensão.

Outro fator complicador está relacionado às várias representações dos dados, isto é, a sequência dos ângulos de Euler para a IMG, a característica inerente de apresentação do EGM, e a projeção do vetor de inclinação no plano horizontal para o INC, o que também pode ter contribuído, simultaneamente, aos outros fatores para as diferenças observadas.

### **3.4.5 Contribuições e limitações**

Um ponto forte desse estudo foi o uso concorrente e sincronizado dos equipamentos avaliados. Esse procedimento levou a comparação direta a cada instante entre os três sistemas avaliados e um entendimento básico da natureza de suas diferenças (como apresentado nas Figuras 3, 4 e 5), além de permitir o cálculo do RMS das diferenças entre os equipamentos. Esse método de avaliação é um avanço em comparação aos estudos que usam apenas a amplitude de movimento para avaliar a validade concorrente entre sistemas (GELALIS et al. 2009; MALMSTRÖM et al. 2003). Por exemplo, para o movimento de circundação, a amplitude de movimento média registrada para o eixo da inclinação diferiu apenas  $1,5^\circ$  entre EGM e IMG, o que poderia ter sido erroneamente interpretado como dados confiáveis do EGM para o eixo da inclinação durante os movimentos combinados. Entretanto, a diferença a cada instante foi  $7,8^\circ$ , correspondendo a 19% da ADM ao redor de seu eixo, o que excede as diretrizes da AMA para a validade concorrente.

Outra vantagem foi o uso comum do registro simultâneo da posição de referência para todos os equipamentos. Assim, o zero graus de flexo-extensão, inclinação e rotação

não diferiu entre os sistemas, e os cálculos do RMS das diferenças não foram inflados por qualquer *offset*.

Ainda, nós incluímos a circundação, que envolve o movimento simultâneo ao redor dos três eixos. Esse movimento é mais representativo do que os outros porque ele pode se aproximar mais dos movimentos combinados que ocorrem em ambiente ocupacional.

As principais limitações desse estudo foram a presente aplicação do EGM que não permitiu que os sujeitos fletissem e estendessem completamente seus pescoços durante os movimentos de flexo-extensão e circundação, e o sistema de IMG, com apenas duas câmeras, o que implicou em grades erros angulares para o movimento de flexo-extensão.

### **3.5 CONCLUSÕES**

Eletrogoniômetros podem ser aplicados em situações reais e são capazes de registrar movimentos tridimensionais, mas o extensivo *crosstalk* encontrado nos registros do EGM, assim como as restrições físicas impostas por seus sensores indicam que seu desenho deveria ser melhorado para reduzir os erros a níveis aceitáveis e permitir a amplitude de movimento completa do pescoço. Vários métodos de compensação do *crosstalk* poderiam ser aplicados e avaliados. Além disso, esses sensores fixados ao corpo são dependentes do movimento articular e precisam ser desenhados para atender às características anatômicas e cinesiológicas de cada articulação.

Os registros dos inclinômetros apresentaram boa validade concorrente para os eixos principais e ortogonais e também podem ser usados para registrar o movimento do pescoço em ambiente ocupacional, embora apenas para os movimentos de flexo-extensão e inclinação. O fato da rotação ter sido pouco documentada em estudos prévios (CARNAZ et al., 2010; ROOZMAN, 1993) não necessariamente significa que é um movimento pouco importante. Na verdade, sua ampla amplitude de movimento indica o oposto.

O sistema de vídeo usado nesse estudo foi capaz de registrar todos os movimentos do pescoço. Contudo, ele não pode ser aplicado em ambiente ocupacional, já que sistemas de vídeo precisos operam dentro de um ambiente restrito e demandam calibração complexa. Devido ao arranjo espacial complexo do equipamento e a exigência de que todos os

marcadores fossem registrados por pelo menos duas câmeras, esse método é limitado à ambientes de laboratório específicos e é assim quase impraticável em ambientes ocupacionais ou para o registro de atividades de vida diária. Ainda, o presente sistema de IMG usando duas câmeras subestimou a amplitude de movimento de flexo-extensão.

### **Agradecimentos**

Esse estudo foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2008/51168-0; 2008/53995-1), CNPq (301,772/2010-0) e também em parte pelo Swedish Council for Work Life and Social Research, AFA Insurance, Lund University Medical Faculty and the County Councils of Southern Sweden.

## **4. TERCEIRO ESTUDO**

(Versão em Português)

### **PADRÕES DE MOVIMENTOS DA CABEÇA, TRONCO SUPERIOR E BRAÇOS EM TÉCNICOS DE ENFERMAGEM COM E SEM DOR CERVICAL DURANTE ATIVIDADE OCUPACIONAL.**

Carnaz L, Moriguchi CS, Moreira RFC, Coury HJC, Patterns of Head, Upper Back And Upper Arm Movements in Practical Nurses With and Without Cervical Pain during Occupational Activity: A Cross-Sectional Study, Artigo submetido ao **International Journal of Nursing Studies**.



#### 4. TERCEIRO ESTUDO

### PADRÕES DE MOVIMENTOS DA CABEÇA, TRONCO SUPERIOR E BRAÇOS EM TÉCNICOS DE ENFERMAGEM COM E SEM DOR CERVICAL DURANTE ATIVIDADE OCUPACIONAL.

#### RESUMO

**Introdução:** Dor na coluna cervical e nos ombros tem sido altamente prevalente entre profissionais de enfermagem o que está associado, dentre outros aspectos, com a adoção de posturas extremas durante a realização das atividades ocupacionais. Ainda, a ausência de consenso se indivíduos com e sem dor apresentam diferentes padrões de desempenho motor aponta a relevância da mensuração comparativa da exposição postural entre sujeitos sintomáticos e assintomáticos. Assim, apesar da conhecida relação entre posturas extremas e a prevalência de dor na cervical e nos ombros entre profissionais de enfermagem, não foram encontrados estudos que avaliassem comparativamente as posturas durante o trabalho desses profissionais com e sem dor musculoesquelética.

**Objetivo:** Quantificar as posturas da cabeça, tronco superior e braços de técnicos de enfermagem e verificar se há diferenças entre as posturas desses profissionais com e sem sintomas durante a realização de suas atividades ocupacionais. **Métodos:** Trinta técnicos de enfermagem participaram do estudo. A classificação dos sujeitos em sintomáticos e assintomáticos foi realizada a partir das repostas dos trabalhadores ao questionário Nórdico e de um exame físico detalhado e padronizado. As posturas da cabeça, tronco superior e braços foram mensuradas por meio de inclinômetros (Logger Teknology). Os percentis de postura e fração do tempo gasto em posturas extremas foram calculados. A Anova de medidas repetidas foi aplicada para comparação entre as diferentes tarefas realizadas. Sujeitos com e sem sintomas foram comparados por meio do test t.

**Resultados:** Os técnicos de enfermagem apresentaram alta exposição postural para a cabeça, tronco superior e ombros na maior parte das atividades realizadas. Essa exposição postural variou entre as tarefas, com ocorrência de maior exposição para a região do pescoço durante a realização de atividades de separar medicação e realizar anotações em prontuário médico. Trabalhadores com sintomas nas regiões do pescoço e ombro apresentaram, de maneira geral, maiores amplitudes posturais e fração do tempo

gasto em amplitudes extremas do que os trabalhadores assintomáticos, mas sem diferença significativa entre esses dois grupos. **Conclusões:** A alta exposição postural para o pescoço e braços durante as atividades de técnicos de enfermagem revela que as atividades desses profissionais merecem atenção. Modificações ergonômicas e programas preventivos, com enfoque na coluna cervical, torácica e membros superiores poderiam contribuir para a redução de riscos.

Palavras-chave: doenças musculoesqueléticas, dor no pescoço, saúde ocupacional, postura, prevenção, treinamento.

## 4.1 INTRODUÇÃO

Doenças musculoesqueléticas têm sido altamente prevalentes entre profissionais de enfermagem de muitos países e representam um dos principais problemas de saúde dessa população (BOS et al., 2006; MENZEL, 2008; VIEIRA et al., 2006). Dor lombar relacionada ao trabalho é a queixa mais freqüente com taxas de prevalência variando entre 30 e 60%, seguida pelas queixas de dor na coluna cervical e ombro com prevalência variando entre 28-48% e 43-59%, respectivamente (BOS et al., 2006; GURGUEIRA et al., 2003; LAGERSTROM et al., 1995). De acordo com a União Norte Americana de Enfermagem, algumas das conseqüências das doenças musculoesqueléticas são os altos níveis de absenteísmo e faltas ao trabalho, desenvolvimento de dor crônica e mudança de atividade profissional (POMPEII, 2009).

A alta prevalência de doenças musculoesqueléticas entre profissionais de enfermagem está associada, dentre outros aspectos com a alta sobrecarga física. Dentre os fatores de risco físico, as posturas extremas têm sido reconhecidas por apresentarem forte associação com o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas no pescoço e nos ombros (BERNARD, 1997; COSTA E VIEIRA, 2010). Essa associação indica a necessidade que as posturas dessas regiões sejam quantificadas e avaliadas durante o trabalho (COURY, 1999). Equipamentos portáteis para o registro da postura e movimento em ambiente ocupacional, tais como inclinômetros, têm sido usados para registrar o pescoço, o tronco superior e os braços. Avaliações iniciais desse equipamento sugerem que ele fornece medidas precisas e confiáveis (HANSSON et al., 2001; HANSSON et al., 2004) e podem registrar movimentos por longos períodos de atividade.

A mensuração comparativa da exposição postural durante o trabalho entre indivíduos com e sem dor musculoesquelética também permite avaliar se indivíduos apresentam outros padrões de desempenho motor, em termos de posturas e movimentos, que poderiam explicar a ocorrência de sintomas. Nesse sentido, os resultados de estudos prévios comparando sujeitos com e sem sintomas realizando atividades repetitivas e sedentárias são conflituosos. MADELEINE et al. (1999, 2003) avaliando trabalhadores de escritório por meio de eletromiografia e registro de imagens em atividades simuladas encontraram diferenças em alguns parâmetros cinéticos e cinemáticos dos sujeitos com e

sem sintomas. Enquanto VASSELJEN E WESTGAARD (1997), ÅKESSON et al. (1997) e ARVIDSSON et al. (2008) avaliaram trabalhadores de escritório, dentistas e controladores de tráfego aéreo, respectivamente, e não encontraram evidência estatística de diferença nas posturas da cabeça, tronco superior e dos braços entre sintomáticos e assintomáticos.

Apesar da conhecida associação entre posturas extremas, o desenvolvimento de lesão musculoesquelética e a alta prevalência de dor na coluna cervical e ombros entre profissionais de enfermagem, não foram encontrados estudos que avaliassem comparativamente as posturas durante o trabalho em profissionais de enfermagem com e sem dor musculoesquelética. Assim, o objetivo desse estudo foi quantificar as posturas da cabeça, tronco superior e braços por meio de inclinômetros e verificar se há diferenças entre as posturas de técnicos de enfermagem com e sem sintomas durante a realização de suas atividades ocupacionais.

## **4.2. MÉTODOS**

### **4.2.1 Sujeitos**

Todos os técnicos de enfermagem de uma unidade de terapia intensiva (N= 42 sujeitos) de uma instituição hospitalar filantrópica regional foram convidados a participar do estudo. Destes, 35 técnicos de enfermagem aceitaram responder aos questionários, participar da avaliação física e terem suas posturas da cabeça, tronco superior e braços registradas por meio de inclinômetros. Dos 35 sujeitos avaliados, 5 foram excluídos após o registro postural, pois realizavam atividades predominantemente administrativas e apenas auxiliavam em rápidas tarefas de cuidados com o paciente, o que diferia das atividades realizadas pelos demais técnicos de enfermagem.

A amostra foi então composta por 30 técnicos de enfermagem (71% de taxa de participação), 22 mulheres (idade:  $36,8 \pm 9,9$  anos; peso:  $74,2 \pm 15,2$  kg; altura:  $163 \pm 6$  cm; tempo de profissão:  $7,4 \pm 7,9$  anos) e 8 homens (idade:  $33,0 \pm 10,6$  anos; peso:  $81,5 \pm 20,7$  kg; altura:  $170 \pm 5$  cm; tempo de profissão:  $2,7 \pm 2,5$  anos). Todos eram destros e apresentavam pelo menos seis meses de experiência profissional.

Os participantes foram informados a respeito dos procedimentos envolvidos no presente estudo e forneceram seu consentimento. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Investigação Humana da Universidade (Processo N°CAAE 1080,0,000,135-10).

## **4.2.2 Procedimentos**

### **4.2.2.1 Identificação dos Sintomas e Realização do Exame Físico**

Todos os sujeitos responderam ao Questionário Nórdico (BARROS e ALEXANDRE, 2003) a respeito das queixas no pescoço, tronco superior e ombros durante os últimos 7 dias e 12 meses. A frequência das queixas foi também registrada como: nunca, raramente, às vezes, frequentemente e muito frequentemente- (HOLMSTROM e MORITZ, 1991).

Dois fisioterapeutas treinados avaliaram todos os técnicos de enfermagem usando um protocolo de exame físico padronizado proposto por OHLSSON et al. (1994), o qual permite o estabelecimento de diagnósticos através de sintomas e achados clínicos predefinidos. Os possíveis diagnósticos estabelecidos por esse exame físico são: síndrome tensional do pescoço, síndrome cervical, síndrome do desfiladeiro torácico, ombro congelado, tendinite do supra-espinhoso, tendinite do infra-espinhoso, tendinite bicipital e síndrome acromioclavicular. Os sintomas e achados clínicos para a região do pescoço e ombros foram pontuados como presentes =1 ou ausentes=0 e, a partir desse critério, cada sujeito poderia alcançar uma pontuação total de 105 pontos, considerando-se as regiões avaliadas bilateralmente.

A classificação dos indivíduos em sintomáticos e assintomáticos foi similar à classificação proposta por ARVIDSSON et al. (2008). Assim, um sujeito foi considerado sintomático quando ele/ela relatasse queixas “frequentemente” ou “muito frequentemente” durante os últimos 12 meses, pontuasse pelo menos 11 pontos no exame físico ou apresentasse um diagnóstico específico para as regiões do pescoço ou ombro. Por outro lado, foi considerado assintomático o trabalhador que assinalasse “nunca” ou “raramente” para os seus sintomas durante os últimos 12 meses, não apresentasse nenhum diagnóstico para a coluna cervical ou ombro, pontuasse menos do que 4 pontos no exame físico.

Os sujeitos sintomáticos (S) e assintomáticos (A) apresentaram características similares em relação às variáveis que poderiam ser consideradas intervenientes, como idade (S=34,9±8,6 anos; A=36,7±11,6 anos), altura (S=164±7 cm; A=163±6 cm), tempo de experiência profissional (S=6,8±7,7anos; A=7,3±7,7anos) e gênero (S=11 mulheres e 4 homens; A=11 mulheres e 4 homens). Em relação aos achados clínicos e diagnósticos obtidos por meio da avaliação física, os sujeitos sintomáticos apresentaram 9 diagnósticos (7 dos 15 sujeitos classificados como sintomáticos apresentaram pelo menos 1 diagnóstico clínico) e uma pontuação média de 16,5 pontos para os sintomas e achados clínicos; já os indivíduos assintomáticos não apresentaram nenhum diagnóstico clínico e obtiveram em média 2,8 pontos na avaliação física.

#### **4.2.2.2 Registro de posturas e movimentos**

Quatro inclinômetros baseados em acelerômetros triaxiais e uma unidade de aquisição (Logger Teknologi HB, Åkarp, Sweden) foram utilizados para registrar a postura e os movimentos da cabeça, tronco superior e braços direito e esquerdo. A taxa de aquisição utilizada foi 20Hz. Os inclinômetros foram fixados na frente, à direita da coluna cervicotorácica no nível de C7-T1, e, bilateralmente, abaixo da inserção do músculo deltóide com o auxílio de uma lâmina plástica (HANSSON et al., 2001; HANSSON et al., 2006). Os inclinômetros foram conectados à unidade de aquisição e a posição de referência e direção dos movimentos foram registradas. Para os membros superiores, a posição de referência foi estabelecida com o sujeito sentado com o braço ao longo do corpo e perpendicular ao solo, segurando um peso de 2 kg. A posição de referência para a cabeça e tronco superior foi estabelecida com o sujeito em pé, olhando para frente. A direção dos membros superiores foi obtida a 90° de elevação do braço no plano da escápula. A direção para a cabeça e para o tronco superior foi definida enquanto o sujeito estava sentado com seu pescoço e tronco fletidos (HANSSON et al., 2006).

Cada técnico de enfermagem teve seus movimentos registrados em média por 6 horas de trabalho regular. Um fisioterapeuta treinado acompanhou os técnicos de enfermagem durante as medidas e fez anotações detalhadas do início e fim das diferentes tarefas, assim como, das pausas.

### 4.2.3 Identificação das tarefas

As tarefas foram identificadas com base na observação do fisioterapeuta treinado que acompanhou os técnicos de enfermagem durante o período de trabalho. A opinião dos próprios técnicos de enfermagem e o Guia de Ergonomia para o Cuidado com o Paciente: Movimento e Manuseio Seguro do Paciente (FRAGALA et al., 2001) foram também utilizados para a separação e descrição das tarefas.

A seguir são descritas as nove (9) tarefas identificadas com a respectiva duração média em minutos descrita entre parênteses:

- Tarefa 1 (Separar materiais e medicamentos): Separar e preparar a medicação, os materiais utilizados no banho e a alimentação dos pacientes em bancadas localizadas no interior do setor (56 minutos);

-Tarefa 2 (Anotações em prontuário): Realizar anotações no prontuário médico informando os procedimentos realizados durante os cuidados com paciente. O técnico realizava essa atividade em pé ou sentado em uma cadeira com os braços apoiados em uma mesa (41 minutos);

- Tarefa 3 (Cuidados gerais como paciente): Atividade de cuidados gerais ao paciente, incluindo as tarefas de aferir sinais vitais, injetar medicamento, punção venosa, alimentação do paciente entre outras (67 minutos);

-Tarefa 4 (Manuseio do paciente): Atividades de manuseio do paciente que incluíam as tarefas de transferência do paciente entre macas, da maca para a cadeira de rodas e vice-versa, mudança de decúbito do paciente no leito, entre outras (4 minutos);

-Tarefa 5 (Banho e troca de roupa de cama): Atividade de dar banho nos pacientes no chuveiro ou no leito, assim como vesti-los e realizar a troca dos lençóis da cama (22 minutos);

-Tarefa 6 (Limpeza de materiais): Tarefa de limpeza das camas, monitores cardíacos e demais materiais utilizados na unidade de terapia intensiva (12 minutos);

-Tarefa 7 (Comunicação): Comunicação com colegas e chefes para esclarecer procedimentos e discutir conduta de ação com os pacientes (21 minutos);

-Tarefa 8 (Auto-cuidado próprio): Atividades de auto-cuidado como lavagem das mãos, vestir avental e luvas para a realização de procedimentos, entre outras (14 minutos);

- Tarefa 9 (Deslocamento): Deslocamento do técnico de enfermagem no interior do hospital (34 minutos).

### **4.2.3 Análise dos dados**

Os resultados foram descritos por meio de média e intervalo de confiança-IC (95%) dos percentis de postura e fração de tempo gasto em amplitudes pré-estabelecidas. Para os ângulos de elevação dos membros superiores, os percentis 10, 50 e 90 e a fração de tempo gasto em amplitudes superiores a 30°, 60° e 90° foram calculados. Os ângulos de flexo-extensão da cabeça e tronco superior foram derivados para os percentis 10, 50 e 90 e para a fração de tempo gasto em amplitudes superiores a 15°, 30° e 45°. Os valores positivos denotam a flexão e os valores negativos a extensão da cabeça ou tronco superior, assim o percentil 10 é uma medida de extensão enquanto que o percentil 90, uma medida de flexão.

Todos os cálculos foram realizados no SPSS v11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Para a comparação entre as tarefas, a média e o intervalo de confiança (95%) foram calculados para cada uma das nove atividades avaliadas. As tarefas foram comparadas por meio da ANOVA de medidas repetidas. Caso o teste identificasse diferenças ( $p < 0,05$ ), o post-hoc de Tukey era conduzido para localizá-las entre os pares de tarefas. Além da evidência estatística de diferença entre as tarefas ( $p < 0,05$ ), nós consideramos que um intervalo de confiança inter-tarefas indicando uma diferença de pelo menos 10% da amplitude de movimento da região avaliada seria clinicamente relevante. Esse limite foi estabelecido de acordo com a Associação Médica Americana (AMA, 2005), a qual estabelece que existe relevância clínica para a diferença entre grupos ou efeito do tratamento, quando essas



diferenças são superiores a 10% da amplitude de movimento da articulação que está sendo avaliada.

Os limites para a cabeça, tronco superior e braços foram estabelecidos a partir da máxima amplitude de movimento adotada por cada uma das regiões durante todas as tarefas realizadas. Seguindo esse critério, os limites de amplitude estabelecidos para esse estudo foram de 8,7° para a cabeça, 7,1° para o tronco superior e 10,9° para os braços.

Da mesma forma, foram consideradas clinicamente relevantes, as diferenças entre a fração de tempo gasto em amplitudes pré-estabelecidas, quando essa fração apresentasse pelo menos 10% de diferença entre as tarefas avaliadas considerando-se o intervalo de confiança.

Para a comparação dos indivíduos sintomáticos e assintomáticos, os registros de exposição postural foram analisados para todas as tarefas em conjunto, isto é, sem considerar as diferentes atividades. Assim, os percentis de postura e fração do tempo gasto em amplitudes pré-estabelecidas foram calculados para o registro inteiro. O teste t para amostras independentes ( $p < 0,05$ ) foi aplicado para cada um dos percentis de postura e fração de tempo gasto nas amplitudes pré-estabelecidas para comparar os indivíduos com e sem sintomas. Os mesmos limites aplicados para a comparação entre as tarefas, também foram aplicados para a comparação entre trabalhadores sintomáticos e assintomáticos.

Os intervalos de confiança apresentados nas figuras são aqueles onde houve evidência estatística de diferença entre grupos ou tarefas associada à relevância clínica. As diferenças, entre tarefas ou grupos, identificadas apenas pelo teste estatístico e que não atenderam ao critério de relevância clínica estabelecido por este estudo não foram apresentadas nas figuras.

## **4,3, RESULTADOS**

### **4.3.1 Comparação entre as tarefas**

#### *Posturas da Cabeça e Tronco Superior*

Grandes amplitudes de movimento para a cabeça são observadas em todas as tarefas avaliadas, com amplitudes de flexão variando de 36° a 52° para o percentil 90

(Figura 6). Diferenças entre as tarefas tornam-se evidentes quando os percentis 50 e 90 são observados. Para o percentil 50, as atividades 1 e 2 apresentaram, em média, 33% maiores amplitudes de flexão do que as atividades 3, 4, 5 e 6 e 118% quando comparadas às atividades 7, 8 e 9. Houve evidência estatística de diferença quando as atividades 1 e 2 foram comparadas às atividades 7 e 9, sendo que essas diferenças foram de pelo menos 9° considerando o limite inferior do intervalo de confiança. O padrão de diferença entre as tarefas, observado para o percentil 50, se manteve para o percentil 90, ou seja, as tarefas 1 e 2 (separar materiais e medicamentos e realizar anotações em prontuários) apresentaram maiores amplitudes de flexão quando comparadas às demais tarefas; contudo, as diferenças percentuais entre as tarefas diminuiu. Já a tarefa que apresentou as menores amplitudes de movimento foi a tarefa 7 (comunicação entre trabalhadores e chefes).

Em relação à porcentagem de tempo gasto em posturas extremas para a cabeça, identifica-se que assim como para os percentis, as tarefas 1 e 2 apresentaram maiores médias de porcentagem de tempo gasto em amplitudes de risco, comparativamente às demais tarefas, para todas as condições avaliadas ( $>15^\circ$ ,  $>30^\circ$ ,  $>45^\circ$ ). Considerando a flexão da cabeça acima de  $15^\circ$ , as frações de tempo de gastas em cada tarefa apresentaram grandes diferenças (42% para a tarefa 7 e 73% para a tarefa 2), sendo que houve evidência estatística de diferença entre as tarefas 1 e 2, comparativamente às tarefas 7 e 9, e entre as tarefas 4 e 5 quando comparadas à tarefa 7, sendo que essas diferenças entre as tarefas foram de pelo menos 10% da fração de tempo gasto em amplitudes extremas. Para a fração de tempo gasto acima de  $30^\circ$ , observa-se que durante a realização das atividades 1 e 2, os técnicos de enfermagem permaneceram, em média, 39% mais tempo em amplitudes acima de  $30^\circ$  do que durante a realização das atividades 3, 4, 5 e 6. Quando comparadas às atividades 7, 8 e 9, as tarefas 1 e 2 exigiram que os trabalhadores permanecessem em média 122% mais tempo em flexão da cabeça acima de  $30^\circ$ . Para essa condição (porcentagem de tempo gasto acima de  $30^\circ$  de flexão da cabeça), houve evidência estatística de diferença entre as tarefas 1 e 2 quando comparadas às tarefas 7, 8 e 9. Em relação à porcentagem de tempo gasto acima de  $45^\circ$ , as diferenças entre as atividades 1 e 2 em relação às demais tarefas se manteve, sendo que as maiores

diferenças ocorreram entre as atividades 1 e 2 (20% em média) e as atividades 7, 8 e 9 (7 % em média).

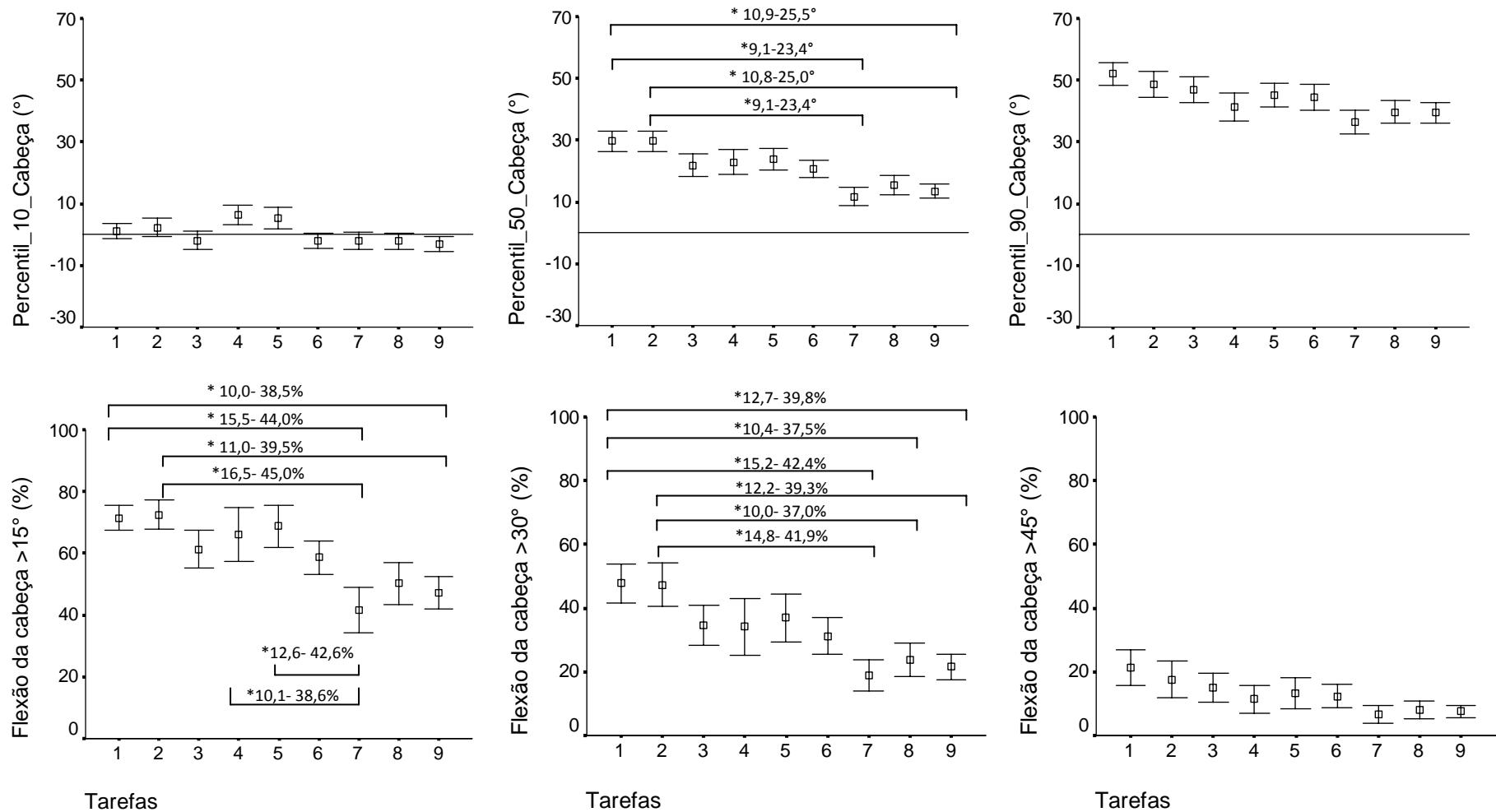


Figura 6. Média e intervalo de confiança das médias para os percentis 10, 50 e 90 e para as frações de tempo gasto acima de 15°, 30° e 45° da cabeça de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8-auto-cuidado, T9- deslocamento no hospital. \*Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas.

Os percentis 10, 50 e 90 para a flexão do tronco superior estão apresentados na Figura 7. Para os percentis 10 e 50, a tarefa 2 apresentou discretamente maior flexão do tronco superior quando comparada às outras atividades. Em relação ao percentil 90, a flexão do tronco superior foi alta para todas as tarefas, contudo uma discreta diferença foi identificada quando as tarefas de 1 a 6 (31° em média) foram comparadas às tarefas de 7 a 9 (24° em média). De maneira geral, esse comportamento das diferenças entre as tarefas foi similar ao apresentado anteriormente para a cabeça.

Em relação à porcentagem de tempo gasto em flexão do tronco superior, a tarefa 2 apresentou a maior porcentagem de tempo em flexão acima de 15° (47%), seguida pelas atividades 4 e 5, 38 % e 39%, respectivamente. Similar às porcentagens de tempo em amplitudes extremas da cabeça, as atividades 7, 8 e 9 apresentaram as menores porcentagens de tempo em amplitudes extremas comparativamente às demais tarefas. As diferenças entre as tarefas 2 e 7 para a porcentagem de tempo em flexão do tronco superior acima de 15° foram estatística e clinicamente relevantes (IC:10,8-40,1%). Para as porcentagens de tempo acima de 30° de flexão do tronco superior, todas as tarefas apresentaram porcentagens de tempo inferiores a 20%, sendo que as tarefas 2 e 5 foram as que apresentaram maiores médias, 16% e 15,5%, respectivamente. Em relação à porcentagem de tempo gasto em flexão do tronco acima de 45°, todas as tarefas apresentaram valores pequenos, 3,6% em média.

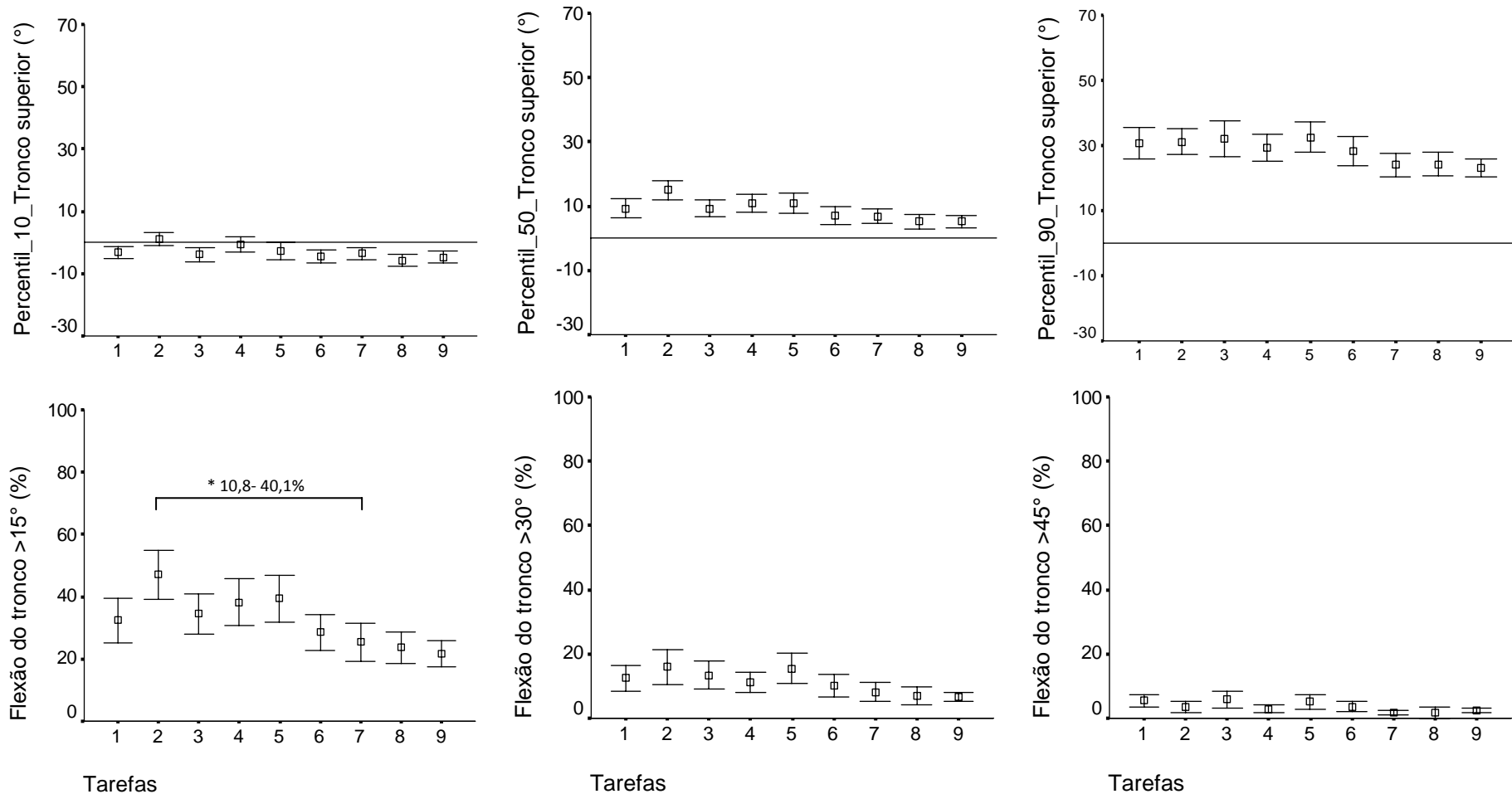


Figura 7. Média e intervalo de confiança das médias para os percentis 10, 50 e 90 e para as frações de tempo gasto acima de 15°, 30° e 45° do tronco superior de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8- auto-cuidado, T9-deslocamento no hospital. \*Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas.

### *Posturas dos Braços Direito e Esquerdo*

Os percentis 10, 50 e 90 para a elevação dos braços direito e esquerdo são apresentados na Figura 8. Analisando-se comparativamente os segmentos esquerdo e direito, de maneira geral, as amplitudes de elevação foram muito similares para ambos os braços em todos os percentis avaliados, com a o braço direito apresentando amplitudes de elevação discretamente maiores que o esquerdo.

Pequenas diferenças entre as tarefas foram identificadas quando o percentil 10 foi analisado. Contudo, para o percentil 50, as tarefas de 2 a 5 apresentaram em média 25% maior elevação dos braços direito e esquerdo quando comparadas às demais atividades. Já para o percentil 90, as tarefas 3 e 8 apresentaram os maiores ângulos de elevação dos braços (67° em média), seguido pelas tarefas 4, 5 e 6 (61° em média). Além de amplitudes maiores, a tarefa 3 (cuidados gerais com o paciente) tem ainda como agravante o fato de ter maior duração no turno de trabalho do que as demais tarefas. Diferente dos percentis da cabeça e tronco superior, as tarefas 1 e 2 apresentaram os menores valores de elevação dos braços para o percentil 90, assim como as tarefas 7 e 9.

A porcentagem de tempo gasto em amplitudes extremas foi similar entre os braços direito e esquerdo para todas as tarefas avaliadas (Figura 9). A porcentagem de tempo gasto na elevação dos braços acima de 30° foi alta e variou de 39% a 60% para o braço direito e de 35% a 59% para o braço esquerdo, sendo que houve evidência estatística e relevância clínica da diferença entre as tarefas 1 e 5 (IC: 10,0-37,5%) para o braço esquerdo. Comparativamente, as tarefas de 2 a 5 apresentaram maiores porcentagens de tempo gasto em amplitudes extremas do que as demais tarefas. Da mesma forma, as tarefas de 3 a 5 apresentaram maiores porcentagens de tempo em elevação dos braços acima de 60° quando comparadas às outras tarefas. Em relação ao tempo gasto em elevação dos braços acima de 90°, todas as tarefas apresentaram pequenas porcentagens, em média 2%.

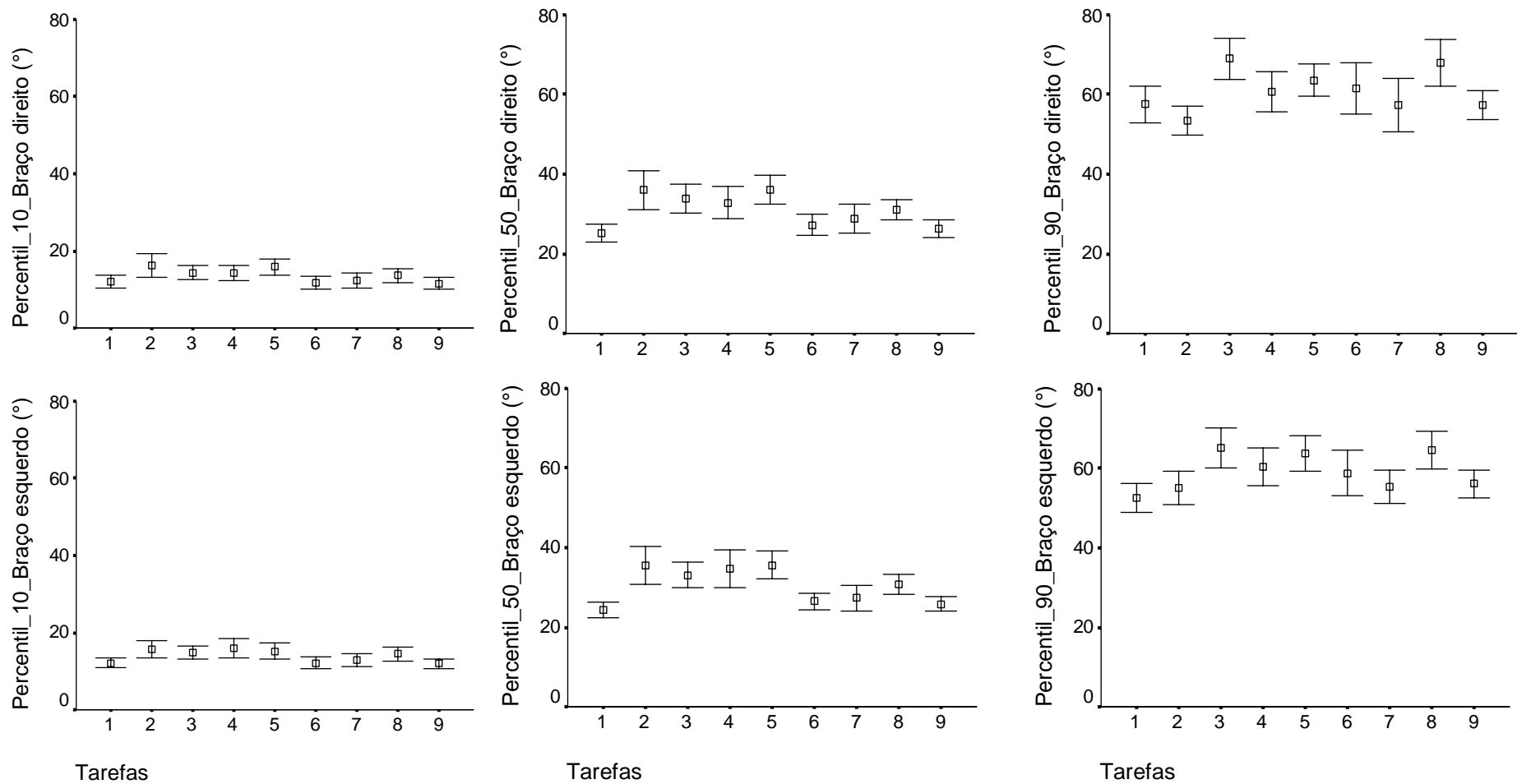


Figura 8. Média e intervalo de confiança das médias para os percentis 10, 50 e 90 dos braços direito e esquerdo de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8- auto-cuidado, T9-deslocamento no hospital.

\*Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas.



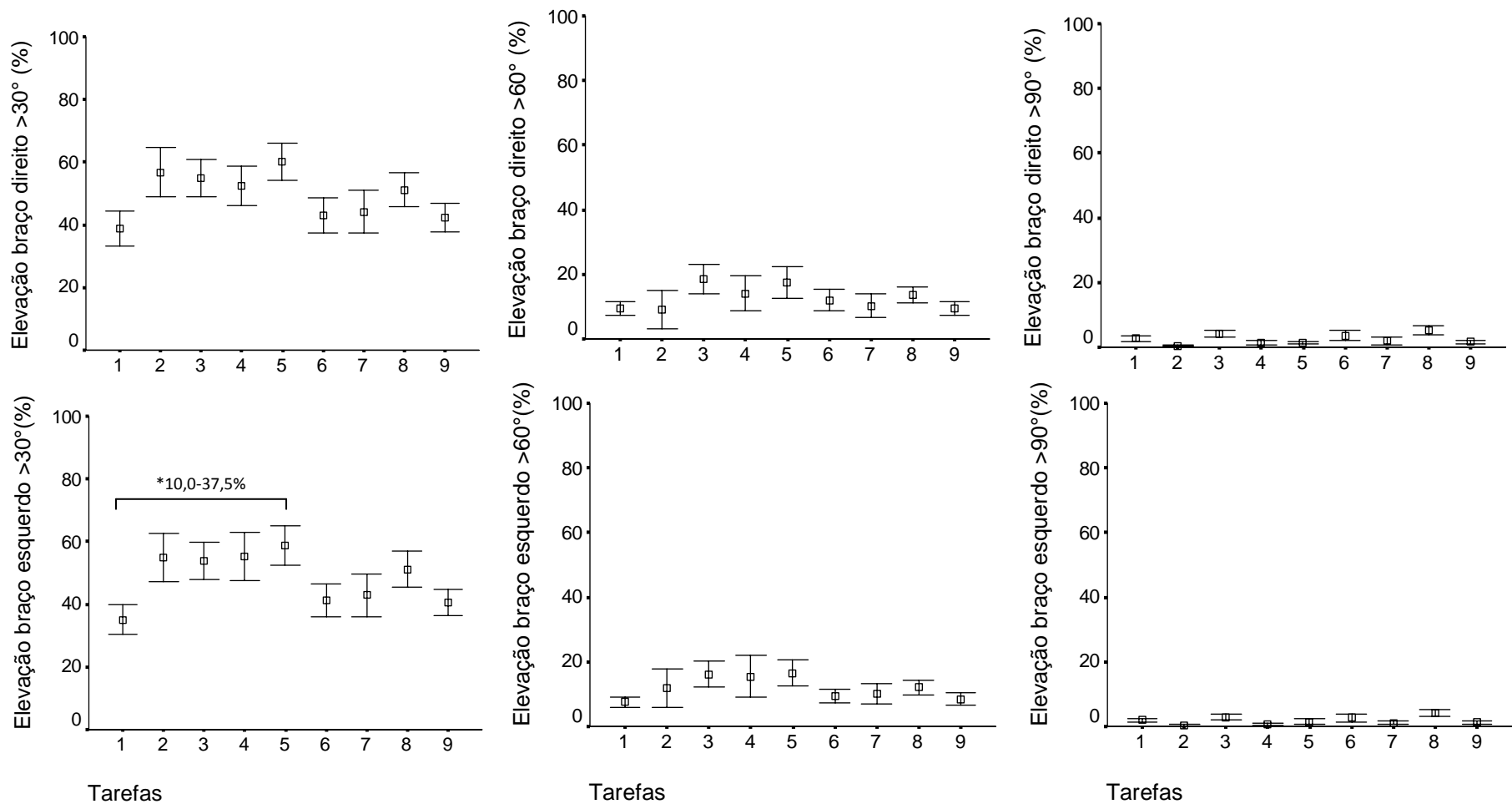


Figura 9. Média e intervalo de confiança das médias para a fração de tempo gasto (%) acima de 30°, 60° e 90° dos braços direito e esquerdo de 30 técnicos de enfermagem realizando 9 tarefas. T1-preparar medicação, T2- anotações no prontuário, T3- cuidados gerais com o paciente, T4- manuseio dos pacientes, T5- banho e troca dos pacientes, T6-limpeza de cama e materiais, T7- comunicação com colegas e chefes, T8- auto-cuidado, T9- deslocamento no hospital. \*Diferenças estatísticas significativas e clinicamente relevantes e intervalo de confiança da diferença entre as tarefas.

#### 4.3.2 Comparação entre trabalhadores sintomáticos e assintomáticos

A porcentagem de tempo gasto em amplitudes extremas pelos sujeitos com e sem sintomas está apresentada na Figura 10. Maiores porcentagens de tempo foram gastas em amplitudes extremas pelos sujeitos sintomáticos do que pelos trabalhadores assintomáticos, tanto para a cabeça como para o tronco superior. Houve evidência estatística de diferença entre os indivíduos com e sem sintomas para o tronco superior nas porcentagens de tempo acima de 15° e de 30°. Contudo, essas diferenças não foram superiores aos limites de relevância clínica estabelecidos por esse estudo, ou seja, pelos menos 10% de diferença entre os grupos. Para essas diferenças, o intervalo de confiança variou de 0,6-21% para a fração de tempo em elevação do tronco acima de 15° e de 0,5-12% para a porcentagem tempo em elevação do tronco superior acima de 30°.

Para os membros superiores direito e esquerdo, diferenças muito pequenas entre os sujeitos com e sem sintomas puderam ser observadas na porcentagem de tempo gasto com os membros superiores elevados acima de 30°, 60° e 90°.

Similarmente aos resultados de tempo, os percentis 10, 50 e 90 da cabeça, tronco superior e membros superiores mostraram que os trabalhadores considerados sintomáticos apresentaram, de maneira geral, maiores amplitudes de flexão da cabeça e do tronco superior comparativamente aos trabalhadores assintomáticos, contudo não houve evidência estatística de diferenças entre os grupos (resultados não ilustrados). De forma similar, pequenas diferenças entre técnicos de enfermagem sintomáticos e assintomáticos foram identificadas para os percentis dos braços direito e esquerdo.

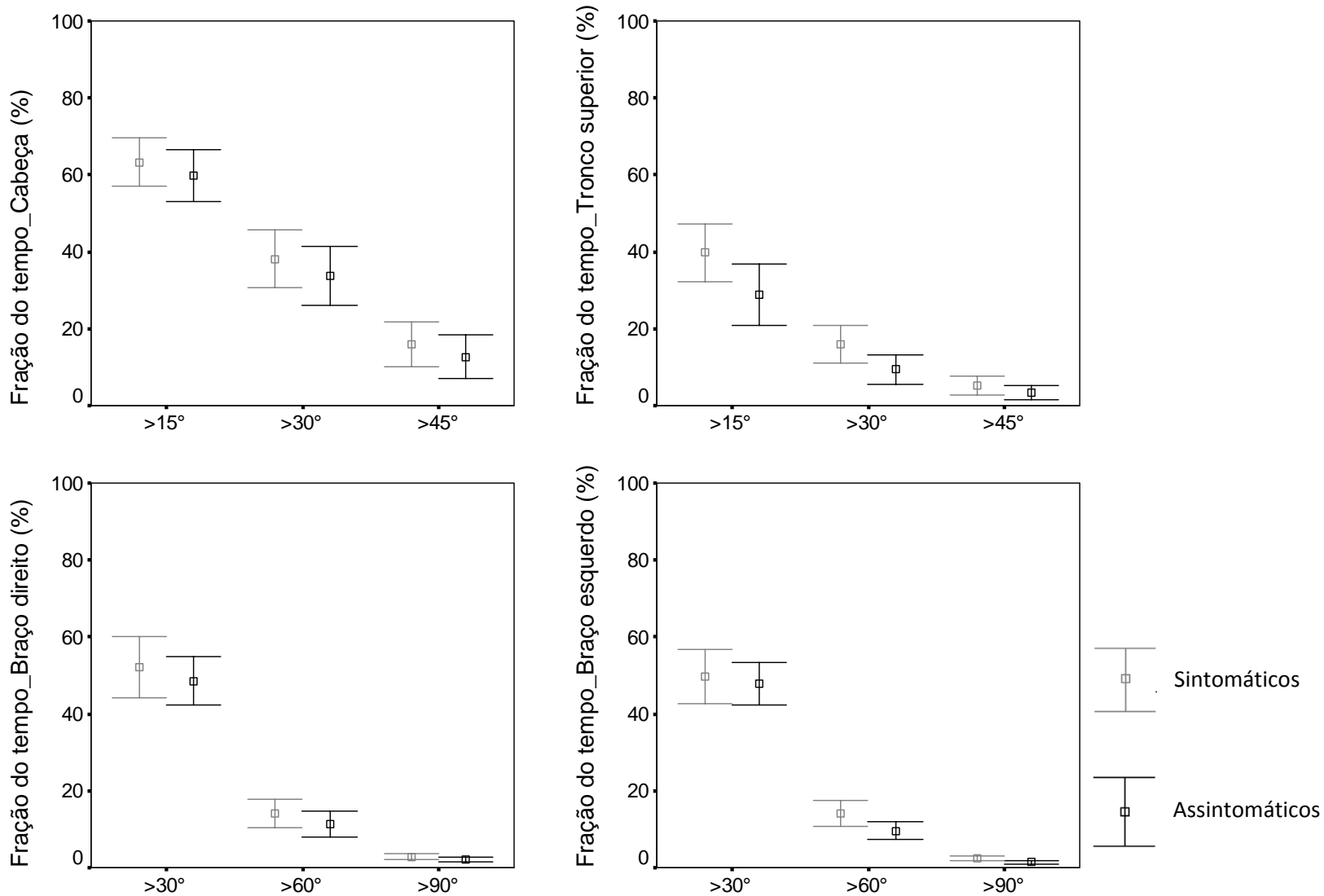


Figura 10. Médias e intervalos de confiança para as frações de tempo gasto acima de 15°, 30° e 45° para a cabeça e tronco superior e acima de 30°, 60° e 90° para os braços direito e esquerdo dos sujeitos sintomáticos e assintomáticos.

#### 4.4 DISCUSSÃO

Técnicos de enfermagem trabalhando em uma Unidade de Terapia Intensiva apresentaram alta exposição postural para a cabeça, tronco superior e ombros. Essa exposição postural variou entre as atividades realizadas durante o turno de trabalho. Diferenças estatísticas ocorreram entre as tarefas para os percentis de postura e fração do tempo gasto em amplitudes extremas da cabeça. De maneira geral, maiores amplitudes posturais e maior tempo gasto em amplitudes extremas foram observados para os trabalhadores sintomáticos do que para os trabalhadores assintomáticos, mas sem evidência estatística de diferença entre esses dois grupos.

##### *Posturas da cabeça e tronco superior*

A exposição postural para cabeça e para o tronco superior foi alta para todas as atividades avaliadas (em média 47° para o percentil 90). Reconhece-se que a postura da cabeça adotada durante o trabalho apresenta uma forte associação com o desenvolvimento de lesão musculoesquelética (BERNARD, 1997; COSTA e VIEIRA, 2010). Há evidências de que as posturas extremas afetam a cinemática articular e o recrutamento muscular, promovendo um aumento da carga compressiva no pescoço, dor e distúrbios nessa região (SZETO et al., 2005). ARIENS et al, (2001) verificaram que a flexão da cabeça acima de 20° por pelo menos 70% do período de trabalho aumentava o risco de dor no pescoço. Nesse sentido, todas as tarefas realizadas pelos técnicos de enfermagem podem ser consideradas de risco e deveriam ser replanejadas ergonomicamente com a finalidade de controlar as amplitudes de flexão da cabeça. Particularmente, as tarefas 1 e 2 merecem atenção, pois além da maior exposição postural, essas tarefas também apresentaram maior duração no turno de trabalho (aproximadamente 35% do tempo total registrado). Como já mencionado anteriormente, essas tarefas são realizadas no posto de enfermagem, com o trabalhador em pé (tarefas 1 e 2 ) e sentado (tarefa2) e parecem decorrer de problemas ergonômicos simples, facilmente corrigidos com alterações de mobiliário ou orientações posturais. Como esses hábitos (realizar anotações em uma mesa na posição em pé) são comuns nos postos de enfermagem, eles merecem atenção em programas preventivos.

## *Posturas dos Braços*

Similarmente aos resultados da cabeça, os braços direito e esquerdo apresentaram altas amplitudes posturais para todas as atividades avaliadas (em média 62° para o percentil 90). Posturas em abdução ou flexão dos braços acima de 60° são consideradas extremas (DELLEMAN e DUL, 2007) e podem ser potencializadas por outros aspectos tais como, a utilização de força (BROOKHAM et al., 2010) e a presença de fatores psicossociais (Jensen et al., 2000). Esses fatores estão presentes nas atividades realizadas pelos técnicos de enfermagem, principalmente nas unidades de terapia intensiva.

As posturas extremas dos braços têm sido associadas com o desenvolvimento de lesão musculoesquelética (BERNARD, 1997) por promoverem um aumento da carga mecânica no ombro e nos nervos periféricos o que pode causar danos aos tecidos dessa região (STAAL et al., 2007). Entre as tarefas analisadas, as tarefas 3 (cuidados gerais com o paciente), 4 (manuseios dos pacientes) e 5 (banho, troca de roupa do paciente e da cama) foram as que apresentaram maior fração de tempo gasto em amplitudes acima de 60° (em média 16,5%). As atividades 4 e 5 têm o agravante de ocorrerem associadas à utilização de força, o que potencializa o risco de lesão,

O membro superior direito apresentou amplitudes discretamente maiores de elevação quando comparado ao membro superior esquerdo. Esses resultados são similares aos apresentados em uma metanálise por HANSSON et al. (2010), que avaliaram a exposição postural dos membros superiores direito e esquerdo em diferentes tipos de trabalho. Os autores recomendam que, apesar das pequenas diferenças entre os braços, ambos os lados devem ser avaliados visto que, de maneira geral, há uma maior prevalência de lesões musculoesqueléticas no membro superior direito e que essas diferenças na exposição podem ser fatores de risco importantes para explicar as lesões.

Considerando os resultados obtidos, todas as atividades realizadas pelos trabalhadores avaliados ofereceram alta exposição postural para a cabeça, tronco superior e braços. Portanto, embora as atividades de manuseio de pacientes recebam mais atenção nos estudos já publicados na literatura por estarem mais associadas ao desenvolvimento de lesão na coluna lombar (JANG et al., 2007, SKOTTE AND FALLENTIN,

2008), nossos resultados sugerem que todas as atividades realizadas por enfermeiros deveriam ser analisadas em avaliações de risco. Em nosso estudo, as amplas amplitudes registradas para a cabeça e o tronco superior indicam que essas regiões são também susceptíveis.

#### *Comparação entre técnicos de enfermagem sintomáticos e assintomáticos*

Não houve diferença estatística entre os trabalhadores sintomáticos e assintomáticos para nenhuma das regiões avaliadas (cabeça, tronco superior e braços direito e esquerdo). Contudo, houve uma tendência de que maiores amplitudes e tempo gasto em amplitudes extremas ocorressem para os trabalhadores sintomáticos. Esses resultados foram similares aos encontrados por ÅKESSON et al. (1997), SZETO et al. (2005) e ARVIDSSON et al. (2008) os quais avaliaram, respectivamente, as diferenças entre a postura do pescoço em dentistas, trabalhadores de escritório e controladores de tráfego aéreo sintomáticos e assintomáticos. Esses estudos também não encontraram diferenças entre os indivíduos com e sem sintomas, mas observaram uma tendência dos sintomáticos apresentarem maiores amplitudes de movimento quando comparados aos assintomáticos. Já MADELEINE et al. (1999, 2003) avaliaram trabalhadores de indústrias do processamento de carne e relataram que indivíduos com sintomas apresentavam amplitudes significativamente maiores de flexão do que aqueles sem sintomas. Esses autores sugeriram que mudanças motoras estariam relacionadas à dor.

Os resultados acima apresentados são concordantes entre si e concordam também com os apresentados no presente estudo, no entanto, são contrários às observações gerais sobre dor crônica de que a dor tende a limitar as amplitudes de movimentos. Por mecanismos antálgicos, indivíduos com dor tendem a evitar movimentos mais amplos que possam eliciar a dor. Os estudos de DALL'ALBA et al. (2001) e DVIR et al. (2006) compararam indivíduos com doenças crônicas do pescoço à controles saudáveis e observaram uma redução nas amplitudes de movimento dessa articulação de até 35%.

Outra possível explicação para os resultados obtidos em nosso estudo e nos demais com trabalhadores ativos, seria que trabalhadores com dor já apresentassem um padrão de movimento diferenciado, envolvendo amplitudes maiores, previamente ao

desenvolvimento da dor. Esse comportamento poderia ocorrer devido a fatores individuais, como personalidade do indivíduo, stress psicossocial e fatores motivacionais (VASSELJEN AND WESTGAARD, 1995; MARRAS et al., 2000). Para avaliar essa hipótese seriam necessários estudos prospectivos que avaliassem exposição postural e movimentos cervicais em indivíduos saudáveis que fossem acompanhados ao longo do tempo. Um estudo de PUNNETT et al. (2004) apresenta resultados que reforçam essa interpretação de nossos dados. Os autores avaliaram vários itens de exposição física, dentre eles posturas não neutras e frequências de ocorrências posturais, em trabalhadores da indústria automotiva realizando trabalhos similares. Os resultados mostraram que aproximadamente 10% dos participantes sem sintomas ou achados clínicos na linha de base desenvolveram novas lesões dentro do período de um ano de seguimento. Evidências de associação entre doenças musculoesqueléticas e exposição a riscos ergonômicos foram relatados. Assim, a exposição a amplitudes mais extremas prévias, determinadas pela atividade ou por padrões individuais, não pode ser descartada como fator contributivo ao desenvolvimento da dor.

#### *Considerações metodológicas*

A avaliação da exposição postural dos técnicos de enfermagem foi realizada através de inclinometria. Esse método foi validado por HANSSON et al. (2001) que relataram 1,3° de erro quando comparado a um equipamento de referência. Esse equipamento permite o registro contínuo de posturas da cabeça, tronco superior e braços durante todo o turno de trabalho. A limitação desse instrumento é que as acelerações dinâmicas introduzem erros nas medidas e que os movimentos de rotação não podem ser registrados (HANSSON et al., 2010). Por outro lado, um aspecto positivo desse instrumental é a possibilidade de que longos períodos de registros sejam realizados em ambiente ocupacional.

Um aspecto positivo desse estudo foi a interpretação dos resultados levando em consideração a relevância clínica das diferenças e os intervalos de confiança. Isso porque, o uso apenas dos p valores fornece uma resposta dicotômica entre a existência ou não de diferenças estatísticas, mas pouco informa sobre a magnitude das diferenças encontradas.

Já os intervalos de confiança permitem avaliar melhor a ordem de grandeza das diferenças (GARDNER e ALTMAN, 1986; GARDNER e ALTMAN, 1990).

O desenho transversal desse estudo limita as possibilidades de extrair conclusões sobre a relação causal entre exposição postural do pescoço e membros superiores e o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas nessas regiões. Estudos prospectivos poderiam avaliar se técnicos de enfermagem adotando movimentos de maiores amplitudes de cabeça e membros superiores desenvolveriam sintomas ao longo do tempo.

#### **4.5. CONCLUSÕES**

Técnicos de enfermagem apresentaram alta exposição postural para cabeça, tronco superior e braços na maioria das tarefas realizadas durante o trabalho. Isso indica que não apenas as atividades de manuseio de pacientes deveriam ser consideradas quando uma análise da exposição física desses profissionais está sendo realizada. Dentre as atividades avaliadas, as tarefas de separar materiais e fazer anotações no prontuário médico foram as que ofereceram maior risco postural para a cabeça e tronco superior, sugerindo que alterações ergonômicas e orientações preventivas devam ser implementadas para o controle de risco nessas atividades.

Ainda, não houve diferença estatística entre as posturas adotadas pelos técnicos de enfermagem com e sem sintomas durante a atividade ocupacional, mas observou-se uma tendência de que os trabalhadores sintomáticos apresentassem maiores amplitudes de movimento do que os assintomáticos.

#### **Agradecimentos**

Ao Professor Gert-Åke Hansson e à Universidade de Lund que nos disponibilizou o software utilizado na análise dos dados.

Este estudo foi parcialmente apoiado pela FAPESP (Processo número: 2008/51168-0) e pelo CNPq (Processo número 301,772/2010-0).



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### *Considerações sobre os estudos*

Os resultados dos estudos apresentados permitem a extração de algumas diretrizes para a avaliação do pescoço em ambiente ocupacional. Por sua dinâmica articular complexa, a qual inclui a ocorrência de movimentos ao redor dos três eixos simultaneamente, a avaliação do pescoço em ambiente ocupacional deve ser realizada por meio de equipamentos aptos a registrar todos os movimentos do pescoço de forma precisa e confiável. Só assim, a real exposição postural a que aos trabalhadores estão submetidos poderá ser mensurada.

Dessa forma, novos equipamentos devem ser desenvolvidos ou os já existentes aprimorados para que esse objetivo seja atendido, visto que os eletrogoniômetros flexíveis não se mostraram ferramentas válidas para a mensuração dos movimentos do pescoço devido ao alto *crosstalk* registrado, principalmente, durante a realização dos movimentos de flexo-extensão e rotação. Os inclinômetros, apesar de não permitirem o registro dos movimentos de rotação, apresentaram bons resultados de validade concorrente e são a única ferramenta portátil disponível para o registro dos movimentos do pescoço durante longos períodos em ambiente ocupacional.

A avaliação da exposição postural da cabeça, tronco superior e braços de técnicos de enfermagem revelou que esses profissionais adotam grandes amplitudes de movimento e gastam significativas frações de tempo em amplitudes extremas, na maioria das atividades ocupacionais realizadas. Com base nesses resultados, não apenas as tarefas de manuseio de pacientes deveriam ser consideradas quando análises da exposição física desses profissionais são realizadas ou quando os programas preventivos são implementados. Ainda, dentre as atividades avaliadas, as tarefas de separar medicação e fazer anotações no prontuário médico apresentaram o maior risco postural para o pescoço, o que indica a necessidade de alterações ergonômicas no mobiliário e orientações posturais com intuito de reduzir esses riscos.

### ***Atividades realizadas durante o período de Doutorado***

Durante o período de realização do Doutorado (2008-2011), outras atividades concomitantes foram desenvolvidas. Essas atividades estão relacionadas à participação em outros projetos de pesquisa desenvolvidos no Laboratório de Fisioterapia Preventiva (LAFIPE) e co-orientação de aluna de Iniciação Científica.

Dentre essas atividades, destaco o estudo desenvolvido para avaliar os modelos de sensores eletrogoniométricos mais adequados para avaliar os movimentos do pescoço. Os resultados desse estudo serviram de base para o planejamento do segundo estudo e foram apresentados na forma de artigo completo “Aplicação de Sensores Eletrogoniométricos e Torsiométricos na Avaliação Tridimensional da Amplitude de Movimento da Coluna Cervical” (ANEXO D) no Congresso Brasileiro de Ergonomia (Abergo), 2008.

Além disso, um treinamento para utilização dos inclinômetros foi realizado com apoio do pesquisador Gert-Åke Hansson que esteve no Brasil em novembro de 2008. Como resultado desse treinamento, um estudo completo intitulado “Registro postural da cabeça, tronco superior, cervical e membros superiores em situação ocupacional: Descrição de um método por inclinometria.” (ANEXO E) foi apresentado no Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2008.

Ainda a participação no Projeto de Pesquisa- “Avaliação de riscos biomecânicos para distúrbios osteomusculares em ombros de eletricitistas” resultou na co-autoria em dois artigos científicos: 1) “Postures and Movements in the most common tasks of Power Line workers” aceito para publicação no periódico *Industrial Health* (ANEXO F); 2) “Occupational Posture Exposure Among Construction Electrician” artigo submetido para o periódico *Applied Ergonomics* (ANEXO G).

A participação nessas atividades contribuiu de forma significativa para minha formação acadêmica e científica. Além disso, as discussões constantes com os colegas de laboratório e pesquisadores se refletiram em aprimoramentos nos estudos apresentados previamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARÅS, A. Postural load and the development of musculo-skeletal illness. **Scand J Rehabil Med**, v.20, p. 1-35, 1988.

AARÅS, A.; WESTGAARD, R.H.; STRANDEN, E. Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations. **Ergonomics**, v.31, p. 915-33, 1988.

ÅKESSON, I., HANSSON, G-Å., BALOGH, I., MORITZ, U., SKERFVING, S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. **Int Arch Occup Environ Health**, v. 69, p. 461-474, 1997.

ÅKESSON, I.; JOHNSON, B.; RYLANDER, L.; MORITZ, U.; SKERFVING, S. Musculoskeletal disorders among female dental personnel- clinical examination and a 5-year follow-up study of symptoms. **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, v. 72, p. 395-403, 1999.

AMA (2005) American Medical Association Guides to the evaluation of permanent impairment. AMA, Chicago

ARIËNS, G.A.; VAN MECHELEN, W.; BONGERS, P.M.; BOUTER, L.M.; VAN DER WAL, G. Physical risk factors for neck pain. **Scand J Work Environ Health**, v. 26, p. 7-19, 2000.

ARIËNS, GA; BONGERS, P.M.; DOUWES, M.; MIEDEMA, M.C.; HOOGENDOORN, W.E.; VAN DER WAL, G.;VAN MECHELEN, W. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. **Occup Environ Med**, v. 58, p. 200-207, 2001.

ARVIDSSON, I.; ARVIDSSON, M.; AXMON, A.; HANSSON, G-Å., JOHANSSON, C.R.; SKERFVING, S<sup>a</sup>. Musculoskeletal disorders among female and male air traffic controllers performing identical and demanding computer work. **Ergonomics**, v. 49, p. 1052-67, 2006.

ARVIDSSON, I.; HANSSON, G-Å.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S<sup>b</sup>. Changes in physical workload with implementation of mouse-based information technology in air traffic control. **Int. J. Ind. Ergon**, v. 36, p. 613-622, 2006.

ARVIDSSON, I.; HANSSON, G-Å.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S. Neck postures in air traffic controllers with and without neck/shoulder disorders. **Appl Ergon**, v.39, p. 255-260, 2008.

ASSINK, N.; BERGMAN, G.J.D.; KNOESTER, B.; WINTERS, J.C.; DIJKSTRA, P. Assessment of the cervical range of motion over time, differences between results of the Flock of Birds and EDI-320: A comparison between and electromagnetic tracking system and an electronic inclinometer. **Man Ther**, v. 13, p. 450-455, 2008.

BALL, P.; JOHNSON, G. Reliability of hindfoot goniometry when using a flexible electrogoniometer. **Clin Biomech**, v. 8, p. 13-19, 1993.

BALOGH, I.; OHLSSON, K.; HANSSON, G-Å.; ENGSTRÖM, T.; SKERFVING, S. Increasing the degree of automation in a production system: Consequences for the physical workload. **Int J Ind Ergon**, v. 36, p. 353-365, 2006.

BARROS, R.M.L; RUSSOMANNO, T.G.; BRENZIKOFER, R.; FIGUEROA, P.J. A method to synchronize video cameras using the audio band. **J Biomech**, v. 39, p. 776-780, 2006.

BARROS, E.N.C; ALEXANDRE, N.M.C. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. **Int Nurs Rev**, v. 50, p. 101-108, 2003.

BERNARD, B.P. Neck musculoskeletal disorders: evidence for work-relatedness. In: *Musculoskeletal disorders and workplace factors - a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back* Bernard, B.P., Ed.; NIOSH: Cincinnati, OH, USA, 1997; pp. 1-90.

BOGDUK, N.; MERCER, S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. **Clin. Biomech**, v. 15, p. 633-648, 2000.

BOS, E.; KROL, B.; VAN DER STAR, L.; GROOTHOFF, J. The effects of occupational interventions on reduction of musculoskeletal symptoms in the nursing profession. **Ergonomics**, v. 49, p. 706–723, 2006.

BROOKHAM, R.L.; WONG, J.M.; DICKERSON, C.R. Upper limb posture and submaximal tasks influence shoulder muscle activity. **Int J Ind Ergon**, v. 40, p. 337-344, 2010.

BUCKLE, P.W.; DEVEREUX, J.J. The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. **App Ergon**, v.33, p. 207-217, 2002.

BYSTRÖM, J.U.; HANSSON, G-Å.; RYLANDER, L.; OHLSSON, K.; KÄLLROT, G.; SKERFVING, S. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications. **Appl Ergon**, v. 33, p. 63-74, 2002.

CAMPBELL-KYUREGHYAN, N.; JORGENSEN, M.; BURR, D.; MARRAS, W.S. The prediction of lumbar spine geometry: method development and validation. **Clin Biomech**, v. 20, p. 455-464, 2005.

CARNAZ, L.; BATISTÃO, M.V.; COURY, H.J.C.G. A Review of Direct Neck Measurement in Occupational Settings. **Sensors (Basel)**, v. 12, p. 10967-10985, 2010.

CASTRO, W.H.; SAUTMANN, A.; SCHILGEN, M.; SAUTMANN, M. Non-invasive three dimensional analysis of cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex. **Spine**, v. 25, p. 443–449, 2000.

CHEN, J.; SOLINGER, A.; PONCET, J.; LANTZ, C. Meta-Analysis of Normative Cervical Motion. **Spine**, v. 24, p. 1571-1578, 1999.

CHIARI, L.; DELLA CROCE, U.; LEARDINI, A.; CAPPOZZO, A. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 2: instrumental errors. **Gait Posture**, v. 1, 197-211, 2005.

CONLEY, M.S.; MEYER, R.A.; BLOOMBERG, J.J.; FEEBACK, D.L.; DUDLEY, G.A. Noninvasive analysis of human neck muscle function. **Spine**, v. 20, p. 2505–2512, 1995.

COOK, C.; HEGEDUS, E.; SHOWALTER, C.; SIZER, P.S. JR. Coupling behavior of the cervical: a systematic review of the literature. **J Manipulative Physiol Ther**, v. 29, p. 570-575, 2006.

COSTA, B.R.; VIEIRA, E.R. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. **Am J Ind Med**, v. 53, p. 285-323, 2010.

CÔTÉ, P.; VAN DER VELDE, G.; CASSIDY, D.; CARROLL, L.; HOGG-JOHNSON, S.; HOLM, L.W.; CARRAGEE, E.J.; HALDEMAN, S.; NORDIN, M.; HURWITZ, E.L.; GUZMAN, J.; PELOSO, P.M. The Burden and Determinants of Neck Pain in Workers: Results of the Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. **Spine**, v. 33, p. 560-574, 2008.

COURY, H.J.C.G. Postural recording. In: Industrial and occupational ergonomics – users encyclopedia [CD-ROM]. Cincinnati-OH, USA, 1999.

DALL'ALBA, STERLING, M.M.; TRELEAVEN, J.M.; EDWARDS, S.L.; JULL, G.A. Cervical range of motion discriminates between asymptomatic persons and those with whiplash. **Spine** v. 26, p. 2090-2094, 2001.

DELLEMAN, N.J.; DUL, J. International standards on working postures and movements ISO 11226 and EN 1005-4. **Ergonomics**, v. 50, p. 1809-1819, 2007.

DVIR, Z.; GAL-ESHEL, N.; SHAMIR, B.; PRUSHANSKY T.; PEVZNER, E.; PERETZ, C. Cervical motion in patients with chronic disorders of the cervical spine: A reproducibility study. **Spine**, v. 31, p. E394-E399, 2006.

EKLUND, J.; ODENRICK, P.; ZETTERGREN, S.; JOHANSSON, H. Head posture measurements among work vehicle drivers and implications for work and workplace design. **Ergonomics**, v. 37, p. 623-639, 1994.

ELTAYEB, S.; STAAL, J.B.; HASSAN, A.; DE BIE, R.A. Work related risk factors for neck, shoulder and arms complaints: a cohort study among Dutch computer office workers. **J Occup Rehabil**. v. 19, p. 315-322, 2009.

FEIPEL, V.; RONDELET, B.; LE PALLEC, J.P.; DEWITTE, O.; ROOZE, M. The use of disharmonic motion curves in problems of the cervical spine. **Int Orthop**, v. 23, p. 205–209, 1999.

FERRARIO, V.F.; SFORZA, C.; SERRAO, G.; GRASSI, G.; MOSSI, E. Active range of motion of the head and cervical spine: a three-dimensional investigation in healthy young adults. **J Orthop Res**, v. 20, p. 122-129, 2002.

FRAGALA, G., HAIDUVEN, R.N., LLOYD J.L., MATZ, M.W., MENZEL, N., NELSON, A., OWEN, R.N., POWELL-COPE G., QUIGLEY, P., TIESMAN, H., 2001. Patient Care Ergonomics Resource Guide: Safe Patient Handling and Movement. Ergonomics Technical Advisory Group.

GARDNER, M.J., ALTMAN, D.G. Confidence Intervals rather than p values: estimation rather than hypothesis testing. **BMJ**, v. 292, p. 746-750, 1986.

GARDNER, M.J., ALTMAN, D.G. Confidence and clinical importance in research findings. **Br J Psychiatry**, v. 156, p. 472-474, 1990.

GELALIS, I.D.; DEFRATE, L.E.; STAFILAS, K.S.; PACOS, E.E.; KANG, J.D.; GILBERTSON, LG. Three-dimensional analysis of cervical spine motion: reliability of a computer assisted magnetic tracking device compared to inclinometer. **Eur Spine J**, v. 18, p. 276-281, 2009.

GURGUEIRA, G.P.; ALEXANDRE, N.M.C.; FILHO, H.R.C. Prevalência de sintomas músculoesqueléticos em trabalhadoras de enfermagem. **Rev Lat Am Enfermagem**, v. 11, p. 608-13, 2003.

HANSSON, G-Å.; ASTERLAND, P.; HOLMER, N-G; SKERFVING, S. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis<sup>a</sup>. **Med Biol Eng Comput**, v. 39, p. 405-413, 2001.

HANSSON, G-Å.; BALOGH, I.; BYSTRÖM, J.U.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; ASTERLAND, P.; SJÖLANDER, S.; RYLANDER, L.; WINKEL, J.; SKERFVING, S<sup>b</sup>. Questionnaire versus

direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. **Scand J Work Environ Health**, v. 27, p. 30-40, 2001.

HANSSON, G.Å., BALOGH, I., OHLSSON, K., SKERFVING, S. Measurements of wrist and forearm positions and movements: Effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. **J Electromyogr Kinesiol**, v.14, p.355-367, 2004.

HANSSON, G-Å.; ARVIDSSON, I.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S.; BALOGH, I. Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II: Incliniometry of head, upper back, neck and upper arms. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 16, p. 125-136, 2006.

HANSSON, G-Å.; BALOGH, I.; OHLSSON, K.; GRANQVIST, L.; NORDANDER, C.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S.; BALOGH, I. Physical workload in various types of work: Part II. Neck, shoulder and upper arm. **Int J of Ind Ergonomics**, v. 40, p. 267-281, 2010.

HIGNETT, S.; MCATAMNEY, L. Rapid entire body assessment (REBA). **Appl Ergonom**, v.31, p. 201-205, 2000.

HOF, A.L.; KOERHUIS, C.L.; WINTERS, J.C. 'Coupled motions' in cervical spine rotation can be misleading. **Clin Biomech**, v. 16, p. 455-458, 2001.

HOLMSTROM, E.; MORITZ, U. Low back pain—correspondence between questionnaire, interview and clinical examination. **Scand J Rehabil Med**, v. 23, p. 119–125, 1991.

HOOFTMAN, W.E.; VAN POPPEL, M.N.M.; VAN DER BEEK, A.J.; BONGERS. P.M.; VAN MECHELEN, W. Gender differences in the relations between work-related physical and psychosocial risk factors and musculoskeletal complaints. **Scand J Work Environ Health** 30, 261-278, 2004.

JANG, R., KARWOWSKI, W., QUESADA, P.M., RODRICK, D., SHEREHIY, B., CRONIN, S.N., LAYER, J.K. Biomechanical evaluation of nursing tasks in a hospital setting. **Ergonomics**, v. 50, p. 1835–1855, 2007.



JENSEN I.; HARMS-RINGDAHL K. Neck Pain. **Best Pract Res Clin Rheumatol**, v. 21, p. 93-108, 2007.

JENSEN, B.R.; LAURSEN, B.; SJØGAARD G. Aspects of shoulder function in relation to exposure demands and fatigue - a mini review. **Clin Biomech**, v. 15, p. S17-S20, 2000.

JONKER, D.; ROLANDER, B.; BALOGH, I. Relation between perceived and measured workload obtained by long-term inclinometry among dentists. **Appl Ergon**, 40, 309-315, 2009.

JUUL- KRISTENSEN, B.; FALLENTIN, N.; EKDAHL, C. Criteria for classification of posture in repetitive work by observation methods. A review. **Int J Ind Ergon**, v.19, p. 397-411, 1997.

JUUL-KRISTENSEN B, HANSSON GA, FALLENTIN N, ANDERSEN JH, EKDAHL C. Assessment of work postures and movements using a video based observation method and direct technical measurements. **Appl Ergon**, v. 32, p. 517-524, 2001.

KAMWENDO, K.; LINTON, S.J.; MORITZ, U. Neck and shoulder disorders in medical secretaries. Part I. Pain prevalence and risk factors. **Scand J Rehabil Med**, v. 23, p. 127-133, 1991.

KARDUNA, A.; MCCLURE, P.W.; MICHENER, L.A. Scapular kinematics: effects of altering the Euler angle sequence of rotations. **J Biomech**, v. 33, p. 1063-1068, 2000.

KESHNER, E.A. Controlling stability of a complex movement system. **Phys Ther**, v. 70, p. 844-854, 1990.

LAGERSTRÖM, M.; WENEMARK, M.; HAGBERG, M.; HJELM, E.W. Occupational and individual factors related to musculoskeletal symptoms in five body regions among Swedish nursing personnel. **Int Arch Occup Environ Health**, v. 68, p. 27-35, 1995.

LEVANGIE, P.K.; NORKIN, C.C. **Joint structure and function. A comprehensive analysis.** 3rd ed.; F.A. Davis Company: Philadelphia, USA, 2001.

- MADELEINE, P.; LUNDAGER, B.; VOIGT, M.; ARENDT-NIELSEN, L. Shoulder muscle coordination during chronic and acute experimental neck–shoulder pain. An occupational pain study. **Eur J Appl Physiol**, v. 79, p. 127–140, 1999.
- MADELEINE, P., LUNDAGER, B., VOIGT, M., ARENDT-NIELSEN, L. The effects of neck–shoulder pain development on sensory–motor interactions among female workers in the poultry and fish industries. A prospective study. **Int Arch Occup Environ Health**, v. 76, p. 39–49, 2003.
- MALMSTRÖM, E.M.; KARLBERG, M.; MELANDER, A.; MAGNUSSON, M. Zebris *Versus* Myrin: A comparative study between a three-dimensional ultrasound movement analysis and an inclinometer/compass method. **Spine**, v. 28, p.E433-E440, 2003.
- MARRAS, W.; DAVIS, K.G.; HEANEY, C.A.; MARONITIS, A.B.; ALLREAD, W.G. The influence of psychosocial stress, gender, and personality on mechanical loading of the lumbar spine. **Spine** 25(23), 3045-3054, 2000.
- MCATAMNEY L, CORLETT EN. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Appl Ergon**, v. 24, p. 91-99, 1993.
- MELHORN, J.M. Cumulative trauma disorders and repetitive strain injuries. The future. **Clin Orthop**, v. 351, p. 107-126, 1998.
- MENZEL N M, Underreporting of Musculoskeletal Disorders Among Health Care Workers. Research Needs. **AAOHN Journal**, v. 56, p. 487-94, 2008.
- MORIGUCHI, C.S.; ALENCAR, J.F.; MIRANDA-JÚNIOR, L.C.; COURY, H.J.C.G. Musculoskeletal symptoms among energy distribution network linemen. **Rev. Bras. Fisioter.** v. 13, p. 123-129, 2009.
- NORDANDER, C.; OHLSSON, K.; BALOGH, I.; HANSSON, G-Å.; AXMON, A.; PERSSON, R.; SKERFVING, S. Gender differences in workers with identical repetitive industrial tasks: exposure and musculoskeletal disorders. **Int Arch Occup Environ Health**, v. 81, p. 939-947, 2008.

OHLSSON, K.; ATTEWELL, R.G.; JOHANSSON, B.; AHLM, A.; SKERFVING, S. An assesement of neck and upper extremity disorders by questionnaire and clinical examination. **Ergonomics** , v. 37, p. 891–897, 1994.

PALMER, K.T.; SMEDLEY, J. Work relatedness of chronic neck pain with physical findings- a systematic review. **Scand J Work Environ Health**, v. 33, p. 165-191, 2007.

PÅLSSON B, STRÖMBERG U, OHLSSON K, SKERFVING S. Absence attributed to incapacity and occupational disease/accidents among female and male workers in the fish-processing industry. *Occupational Medicine*, v. 48, p. 289-295, 1998.

POMPEII, L.A.; LIPSCOMB, H.J.; SCHOENFISCH, A.L.; DEMENT, J.M. Musculoskeletal injuries resulting from patient handling tasks among hospital workers. **Am J Ind Med**, v. 52, p. 571–578, 2009.

PUNNETT, L.; GOLD, J.; KATZ, J .N.; GORE, R.; WEGMAN, D. H. Ergonomic stressors and upper extremity musculoskeletal disorders in automobile manufacturing: a one year follow up study. **Occup Environ Med**, v. 61, p. 668-674, 2004.

ROCHA, L.E.; GLINA, D.M.; MARINHO, M.F.; NAKASATO, D. Risk factors for musculoskeletal symptoms among call center operators of a bank in Sao Paulo; Brazil. **Ind. Health**, v. 43, p. 637–646, 2005.

ROOZMAN, P. Examining motion in the cervical spine. **J Biom Eng**, v. 15, p. 5-12, 1993.

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 p. 479-88, 2001.

SACKETT, D.L.; STRAUS, S.E.; RICHARDSON, W.S.; ROSENBERG, W.; HAYNES, R.B. **Evidence-based medicine: how to practice and teach EBM**. Churchill Livingstone: Edinburgh, UK, 2000.

SHIRATSU A, COURY, HJCG. Reliability and accuracy of different sensors of a flexible electrogoniometer. **Clin. Biomech**. v. 18, p. 682-684, 2003.

SIM, J.; REID, N. Statistical inference by confidence interval: issues of interpretation and utilization. **Phys Ther** 79, 186-195, 1999.

SKOTTE, J.H.; FALLENTIN, N. Low back injury risk during repositioning of patients in bed: the influence of handling technique, patient weight and disability. **Ergonomics**, v. 51, p. 1042-1052, 2008.

SOUZA, T.O.; COURY, H.J.C.G. Are the postures adopted according to requested linguistic categories similar to those classified by the recording protocols? **Appl Ergon**, v. 36, p. 207-212, 2005.

SPIELHOLZ, P. Development of an electrogoniometer calibration procedure for measurement of wrist angle and forearm rotation. **Adv Occup Ergon Saf**, p. 499-502, 1998.

STAAL, J.B.; DE BIE, R.A.; HENDRIKS, E.J.M. Aetiology and management of work-related upper extremity disorders. **Best Pract Res Clin Rheumatol**, v. 21, p. 123-133, 2007.

STRAKER, L.; CAMPBELL, A.; COLEMAN, J.; CICCARELLI, M.; DANKAERTS, W. In vivo laboratory validation of the physiometer: a measurement system for long-term recording of posture and movements in the workplace. **Ergonomics**, v. 53, p. 672-684, 2010.

SZETO, G.P.; STRAKER, L.M.; O'SULLIVAN, P.B. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-2: neck and shoulder kinematics. **Man Ther**, v. 10, p. 281-291, 2005.

TESIO, L.; MONZANI, M.; GATTI, R.; FRANCHIGNONI, F. Flexible electrogoniometers: kinesiological advantages with respect to potentiometric goniometers. **Clin Biomech**, v. 10, p. 275-277, 1995.

TRINKOFF, A.M.; LIPSCOMB, J.A.; GEIGER-BROWN, J.; BRADY, B. Musculoskeletal problems of the neck, shoulder, back and functional consequences in nurses. **Am J Ind Med**, v. 41, p. 170-178, 2002.

TURHAN, N.; AKAT, C.; AKYÜZ, M.; CAKCI, A. Ergonomic risk factors for cumulative trauma disorders in VDU operators. **Int J Occup Saf Ergon**, v. 14, p. 417-422, 2008.

VAN DER BEEK, A.; FRINGS-DRESSEN, M. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. **Occup Environ Med** v. 55, p. 291-299, 1998.

VASSELJEN, O.; WESTGAARD, R.H. Can stress-related shoulder and neck pain develop independently of muscle activity. **Pain**, v. 64, p. 221-230, 1995.

VASSELJEN, O.; WESTGAARD, R.H. Arm And Trunk Posture During Work In Relation To shoulder and neck pain and trapezius activity. **Clin Biomechan**, v. 12, p. 21-32, 1997.

VIEIRA, E.R.; KUMAR, S.; COURY, H.J.C.G.; NARAYAN, Y. Low back problems and possible improvements in nursing jobs. **J Adv Nurs**, v. 55, p. 79-89, 2006.

WANG, S.F.; TENG, C.C.; LIN, K.H. Measurement of cervical range of motion pattern during cyclic neck movement by an ultrasound-based motion system. **Man Ther**, v. 10, p. 68-72, 2005.

WEEVERS, H-JA; VAN DER BEEK, A.J.; ANEMA, J.R.; VAN DER WAL, G.; VAN MECHELEN, W. Work-related disease in general practice: a systematic review. **Fam Pract**, v. 22, p. 197-204, 2005.

WHITE, A.A.; PANJABI, M.M. **Clinical Biomechanics of the Spine**. 2nd ed.; JB Lippincott: Philadelphia, USA, 1990.

YEN, T.Y.; RADWIN, R.G. A comparison between analysis time and inter-analyst reliability using spectral analysis of kinematic data and posture classification. **Appl Ergon**, v.33, p. 85-93, 2002.

Yoganandan, N.; Kumaresan, S.; Pintar, F.A. Biomechanics of the cervical spine Part 2. Cervical spine soft tissue responses and biomechanical modeling. **Clin Biomech** v. 16, p. 1-27, 2001.

## **ANEXO A**

CARNAZ, L.; BATISTÃO, M.V.; COURY, H.J.C.G. A Review of Direct Neck Measurement in Occupational Settings. **Sensors** (*Basel*), v. 12, p. 10967-10985, 2010.

Review

## A Review of Direct Neck Measurement in Occupational Settings

Letícia Carnaz, Mariana V. Batistao and Helenice J. C. Gil Coury \*

Department of Physical Therapy, Universidade Federal de São Carlos, CP 676, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brazil; E-Mails: lecarnaz@gmail.com (L.C.); maribatistao@hotmail.com (M.V.B)

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: helenice@power.ufscar.br; Tel.: +55-16-3351-8634; Fax: +55-16-3361-2081.

Received: 27 October 2010; in revised form: 20 November 2010 / Accepted: 22 November 2010 / Published: 3 December 2010

---

**Abstract:** No guidelines are available to orient researchers on the availability and applications of equipment and sensors for recording precise neck movements in occupational settings. In this study reports on direct measurements of neck movements in the workplace were reviewed. Using relevant keywords two independent reviewers searched for eligible studies in the following databases: Cinahal, Cochrane, Embase, Lilacs, PubMed, MEDLINE, PEDro, Scopus and Web of Science. After applying the inclusion criteria, 13 articles on direct neck measurements in occupational settings were retrieved from among 33,666 initial titles. These studies were then methodologically evaluated according to their design characteristics, exposure and outcome assessment, and statistical analysis. The results showed that in most of the studies the three axes of neck movement (flexion-extension, lateral flexion and rotation) were not simultaneously recorded. Deficiencies in available equipment explain this flaw, demonstrating that sensors and systems need to be improved so that a true understanding of real occupational exposure can be achieved. Further studies are also needed to assess neck movement in those who perform heavy-duty work, such as nurses and electricians, since no report about such jobs was identified.

**Keywords:** portable equipment; direct measurements; cervical movement; occupational exposure

---

## 1. Introduction

Work-related neck disorders are associated with a high degree of pain and incapacitation [1]. This fact can be demonstrated by the high prevalence of neck pain and related musculoskeletal disorders found in different occupational groups such as dentists—48% [2], nurses—45.8% [3], telephone operators—43.2% [4] and office workers—63% [5], among others.

The origin of these musculoskeletal disorders is considered multifactorial [6], with a strong association having been demonstrated between biomechanical risk factors related to posture and movement and the occurrence of work-related neck pain [7,8]. Inadequate postures affect joint kinematics and muscular recruitment, promoting an increase in compressive load on the cervical column and generating pain and disorders in the region [9].

The association between awkward postures and the development of musculoskeletal disorders indicates the need for recording neck posture and movement in occupational settings in order to allow that these factors can be quantified and evaluated [10]. Nevertheless, Ariens *et al.* [6], in a literature review, emphasize a lack in studies evaluating physical exposure using standardized methods of direct measurement of acceptable quality.

Over the last decade, new portable equipment for registering posture and movement in the workplace, such as electrogoniometers and inclinometers, has become available. Initial evaluations of these direct measurement systems have suggested that they are both precise and reliable [11-13]. Other desirable characteristics are that they can be easily operated and don't interfere with work tasks [14-17]. Furthermore, they should allow for evaluations of all neck movements during the whole shift work and be sensitive enough to identify small variations in movement.

Therefore, the objective of this literature review was to investigate the applications and limitations of the systems for direct measurement of neck movement in the workplace. To this end methodologically qualified studies were identified and evaluated regarding the types of neck movement recorded, the occupational groups evaluated and the principal results obtained.

## 2. Methods

### 2.1. Literature search strategies

A search of the databases Cochrane Library, Cinahl, Embase, Lilacs, PEDro, Pubmed/Medline and Web of Science/Science Direct was conducted using the following keywords: neck, cervical spine, head, posture, movement, risk factors, work exposure, occupational exposure, work related musculoskeletal disorders, pain, symptom, discomfort, recording, workplace, worksite, work, job and occupational activity. Each electronic database was searched to identify studies published in English from the first available year until June, 2009.

### Inclusion criteria

In order to be accepted for this review, the presence of the following three aspects was required: the use of *direct measurements* of posture and/or movement of the *neck* of active workers in their *occupational settings*.



### Exclusion criteria

All studies that did not simultaneously address the above-mentioned aspects were excluded from this review.

### 2.2. Procedures for the identification of studies

Initially, two independent reviewers selected studies based on their titles, excluding those that were clearly not related with the theme of the review. Subsequently, the abstracts of all selected titles were analyzed to identify those that met the criteria of inclusion. The potentially relevant articles were obtained in full version for final evaluation. The reference lists of these articles were checked independently by the two reviewers to identify potentially relevant studies that might not have been found in the electronic search. Any disagreements during the process were discussed until a consensus was reached.

### 2.3. Procedures for the evaluation of studies

The two reviewers independently evaluated the methodological quality of the studies using an adapted list of criteria (Table 1) from the one proposed by Ariens *et al.* [6] for evaluating the methodological quality of observational studies.

**Table 1.** Description of the different items in the quality assessment lists proposed by Ariens *et al.* [6]. The highlighted items were applied in this review for evaluating the methodological quality of the studies included.

Item categories with various definitions	Design <sup>a</sup>			I, V/P <sup>b</sup>
<i>Study purpose</i>				
A. Positive if a specific, clearly stated purpose was described	Cr	Ca	Pr	I
<i>Study design</i>				
B. Positive if the main features (description of sampling frame, distribution by age and gender) of the study population were stated.	Cr	Ca	Pr	I
C. Positive if the participation rate at the beginning of the study was at least 80%	Cr	Ca	Pr	V/P
D. Positive if the cases and referents were drawn from the same population and a clear definition of the cases and referents was stated. Persons with neck pain in the last 90 days had to be excluded from the reference group	Ca			V/P
E. Positive if the response after 1 year of follow-up was at least 80% or if the nonresponse was not selective	Pr			V/P
<i>Exposure measurements</i>				
F. Positive if the data on physical load at work were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
G. Positive if the data on physical load at work were collected and used using standardized methods of acceptable quality	Cr	Ca	Pr	V/P

Table 1. Cont.

H. Positive if the data on psychosocial factors at work were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
I. Positive if the data on psychosocial factors at work were collected and used using standardized methods of acceptable quality	Cr	Ca	Pr	V/P
J. Positive if the data on physical and psychosocial factors during leisure time were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
K. Positive if the data on historical exposure at work were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P
L. Positive if the data on history of neck disorders, gender, and age were collected and used in the analysis	Cr	Ca	Pr	
M. Positive if the exposure assessment was blinded with respect to disease status	Cr	Ca		
N. Positive if exposure was measured in an identical way among the cases and referents	Ca			
O. Positive if the exposure was assessed at a time prior to the occurrence of the outcome	Ca			
<i>Outcome measurements</i>				
P. Positive if data on outcome were collected using standardized methods of acceptable quality <sup>c</sup>	Cr	Ca	Pr	V/P
Q. Positive if incident cases were used (prospective enrollment)	Ca			V/P
R. Positive if the data on outcome were collected for at least 1 year	Pr			V/P
S. Positive if the data on outcome were collected at least every 3 months	Pr			V/P
<i>Analysis and data presentation</i>				
T. Positive if the statistical model used was appropriate for the outcome studied and the measures of association estimated with this model were presented (including confidence intervals) <sup>d</sup>	Cr	Ca	Pr	V/P
U. Positive if the study controlled for confounding factors	Cr	Ca	Pr	V/P
V. Positive if the number of cases in the multivariate analysis was at least 10 times the number of independent variables in the analysis	Cr	Ca	Pr	V/P

<sup>a</sup> This column shows whether the item was used in the quality list for cross-sectional (Cr), case-referent (Ca) or prospective cohort (Pr) studies.

<sup>b</sup> This column shows whether the stated item was an information (I) or a validity/precision item.

<sup>c</sup> This item was scored positive if one of the following criteria was met: (i) for direct measurements, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa >0.40; (ii) for observational methods, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa >0.40; for the inter- or inter-aobserver reliability.

<sup>d</sup> This item was scored positive if one of the following criteria was met: (i) for self-reported data, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa >0.40; (ii) for registered data, data must show that the registration system was valid and reliable; and (iii) for physical examination, intraclass correlation coefficient >0.60 or kappa 0.40 for the intraobserver reliability.

This list assesses studies regarding their validity and precision, and includes the following categories: study objectives, population studied, exposure measurements, result measurements, and

analysis of data. Since the objective of this review was to evaluate the methodological quality of studies regarding physical measurements of occupational exposure, the items in Ariens *et al.* [6] that were not highly associated with the quality of direct measurements were not considered, such as psychosocial factors. Besides, only cross-sectional studies matched the inclusion criteria of this study. Therefore, the items of criteria list only related to case-control and cohort studies were not evaluated. Table 1 highlights the items that were actually assessed.

#### 2.4. Evaluation of methodological quality

The included studies were evaluated according to the adapted scale, receiving either a positive (+) or a negative (−) mark for their treatment of each item in question. Any item for which information was not clearly presented was marked as *not described* (ND). Items classified as positive received one point. Since there were six items included in the scale, the maximum potential score would be six points. Nevertheless, one of the items (Exposure measurements Item F, Table 1) was also part of the inclusion criteria for the study, making its evaluation for methodological quality redundant. Thus, considering the items that required a score, a study could achieve a maximum of five points. Based on this arrangement, studies receiving at least three points (>50%) were categorized as having high methodological quality [6,18].

The methodological quality of each study was classified by two independent reviewers. Any disagreements were discussed until a consensus was reached. When agreement could not be reached, a third reviewer (senior researcher) was consulted to make a final decision.

#### 2.5. Data extraction

The reviewers extracted the following information from the articles independently: the name of the equipment used for recording neck posture, the types of movement recorded by the instrument (neck flexion-extension, lateral flexion and rotation), the duration of postural recording, the objective of the study, the number of subjects evaluated, the occupational activity evaluated and the numerical results regarding posture or neck movements.

#### 2.6. Levels of evidence

Point systems for levels of association between risk and development of musculoskeletal disorders are generally used in reviews of cohort, case-control and cross-sectional observational studies in the workplace [6,18]. Nevertheless, no such system could be used in this review as there were no cohort or case-control studies associating risks present in the workplace and the development of musculoskeletal disorders that matched the inclusion criteria. Thus, only cross-sectional studies that recorded postures by means of direct measurement in the workplace were included. Within this framework, the included studies analyzed aspects such as comparisons between genders, between symptomatic and asymptomatic individuals. The levels of evidence established for the cross-sectional studies in this review were based on those of Bradford-Hill [19]:

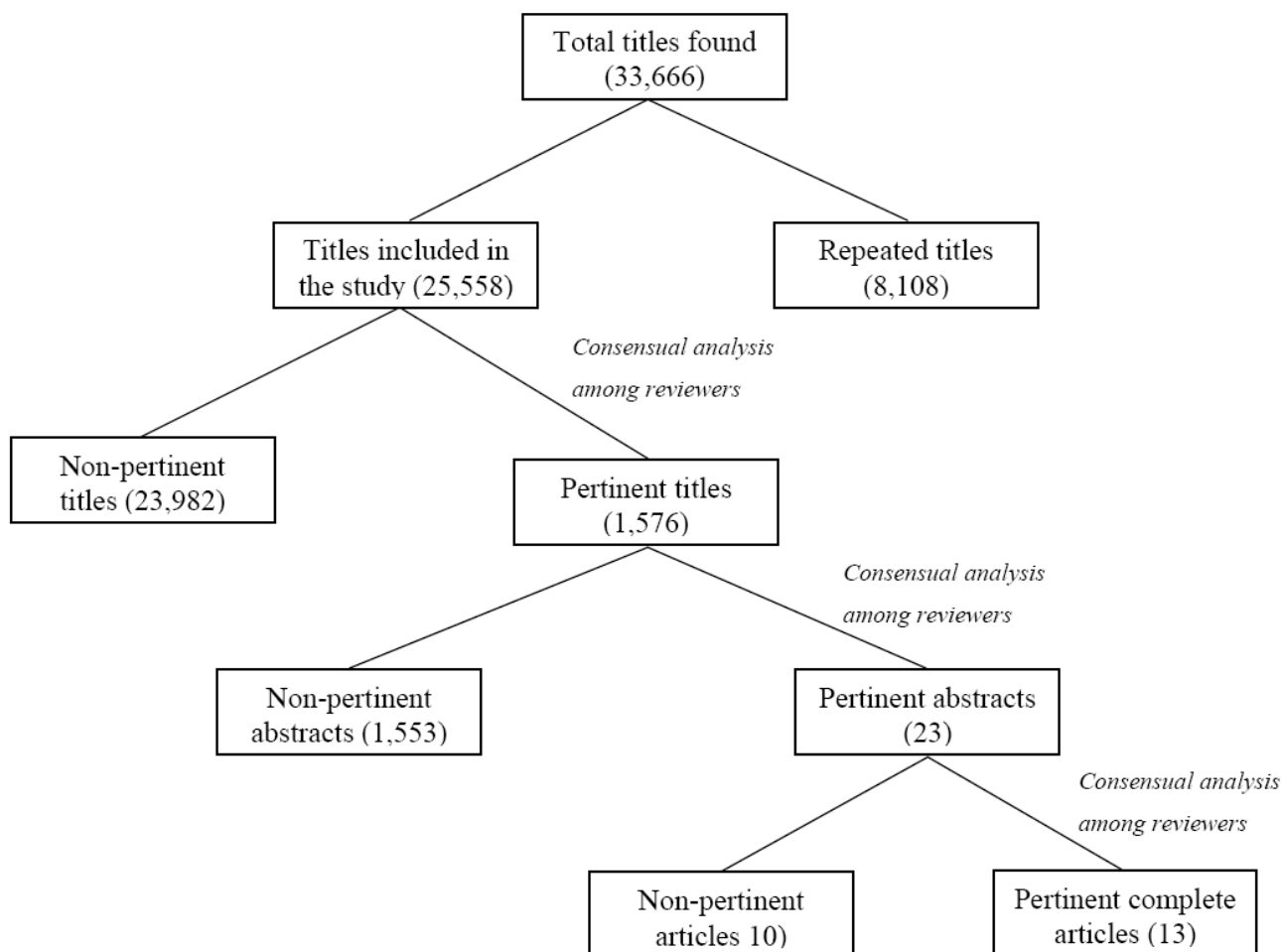
- Strong evidence: Two or more high-quality studies with consistent multivariate results;
- Moderate evidence: One high-quality study or two low-quality studies with consistent multivariate results;
- Limited evidence: One low-quality study or unadjusted results;
- Conflicting evidence: Inconsistent studies of same quality (consistent high quality or consistent low quality).

### 3. Results and Discussion

#### Electronic search

The electronic search resulted in a total of 33,666 references, of which 8,108 were identified as duplicate titles; thus 25,558 remained available for reviewer analysis. Each reviewer read, independently, all of the titles retrieved, and of these, 1,576 were considered potentially pertinent.

**Figure 1.** Steps followed for selection of the 13 complete articles included in the study.



The 1,576 abstracts were also read independently by the reviewers and, after new analysis, 23 were considered pertinent to the theme of the review. The complete texts of these studies were located and read. Of these, ten articles were excluded for the following reasons: the methods for using the postural

recording equipment were not described, the occupational activities were simulated in laboratories, or workers on leave were included in the study. Therefore, 13 studies were ultimately included in this review. The study selection steps are outlined in Figure 1.

#### *Characteristics of the included studies*

Table 2 presents the main characteristics of the 13 studies in this review, including: (1) the equipment used for postural recording and the duration of recording, (2) type of neck movement recorded, (3) the objective of the study, (4) occupational activity and number of subjects evaluated and, (5) presented results.

From the data described in Table 2, it was observed that inclinometers were the most common tools for recording neck movement in the workplace. According to Hansson *et al.* [12], this equipment is used to record neck movement because it is practical, portable, and permits long periods of recording in the real work setting. Only three studies used a different type of equipment: two used a physiometer [20,21] and one used an electronic potentiometer [28]. These three studies were published prior to the others.

The recording of neck movement varied between 13 min [27] and 7 h [29], with no association verified between recording time and other aspects of the study.

Regarding the type of movement recorded, neck flexion-extension was evaluated in all included studies. However, although the inclinometers and electronic potentiometers recorded neck lateral flexion movement, only five studies [22,25,28,30,31] reported the results for this movement. Only one study [28] reported neck rotation results from the electronic potentiometer. In part, this could be explained by the equipment used, considering that the measuring principle of inclinometers (the equipment used in 10 of the 13 studies) is the relative angle of the sum-vector of acceleration. In static conditions, this angle coincides with the line of gravity, which makes it impossible to record rotation along the vertical axis [12]. Although inclinometers can record neck lateral flexion, this only occurred in four of the ten studies that used this equipment. This deficiency in the recording of lateral flexion and rotation movements in the neck is a critical aspect as it considerably compromises the understanding of cervical movement. The dynamic of these movements has been recognized as biomechanically and physiologically complex [33,34]. The neck movements occur due to the action of intervertebral discs and the zygo-apophyseal and uncovertebral joints, which represent complementary geometric surfaces. This anatomical configuration determines that movements in the cardinal planes are combined between each other [35-37]. Combination of movements is defined as “the consistent association of one motion around an axis with another motion around a different axis” [38]. Functional neck movements occur around the three movement axes simultaneously. However, it was observed that clinical studies have been investigating each axis of movement separately [39,40]. The combined movements, nevertheless, play an important role in neck functionality [41,42] and are subject to alterations in the presence of pain, lesions and diseases of the cervical column [43].

**Table 2.** Used equipment, duration of the recording, objective of the measurements, occupational activities and relevant findings.

Article	Equipment and duration of Postural Recording	Movements recorded	Aim of measurements	Occupational activity and number of workers*	Relevant Findings
Aarås <i>et al.</i> [20]	Pendulum Potenciometer (Physiometer) -About 1 hour-	Flexion/extension	To analyze position of the upper arm and head as an indicator of load on the shoulder.	Industrial workers Total: not described Included: 14 workers (11 female, 3 male) Measured: 14 workers	Head flexion was negatively correlated with arm flexion and with load on the upper trapezius muscle.
Aarås <i>et al.</i> [21]	Pendulum Potenciometer (Physiometer) -About 1hour-	Flexion/extension	To study the relationship between postural load for a group of workers and the development of musculoskeletal illness related to length of employment.	Industrial workers Total: 331 workers Included: 331 workers Measured: Not described	Postural load influenced the musculoskeletal sick leave. However, the head flexion influenced the trapezius load much less than the arm position. The workers in redesigned work stations 10C (39-58 °) e 11B (15-48 °) had greater head flexion than those in original work station 8B (9-31 °). In spite of 10C and 11B work stations have lower musculoskeletal sick leave.
Åkesson <i>et al.</i> [22]	Inclinometers (Logger Teknologi) -16 min-	Flexion/extension and lateral flexion	To describe potential neck and upper limb risk factors in female dentists- comparison between symptomatic and asymptomatic workers.	Dentists Total: not described Included: 12 workers Measured:12 workers (6 non-disorders, 6 disorders)	There were not relevant differences between disorders and non-disorders dentists for flexion/extension movements, but higher differences were identified when the lateral flexion movements were analyzed. <i>Head angles (95th-5th percentile)</i> 1) Flexion/extension: Non-disorders:41 (7); Disorders: 42 (11) 2) Lateral flexion: Non-disorders:50 (6); Disorders: 24 (7) <i>Upper back angles (95th-5th percentile)</i> 1) Flexion/extension: Non-disorders:26 (4); Disorders: 19 (8) 2) Lateral flexion: Non-disorders:25 (7); Disorders: 13 (3)
Arvidsson <i>et al.</i> [23]	Inclinometers (Logger Teknologi) -59min (56-65)-	Flexion/extension	To evaluate the physical workload in a group of women and men.	Air traffic controllers Total: 187 workers Included: 187 workers Measured: 14 workers (7 female, 7 male)	The postural workload showed only minor differences between genders. <i>Head angles(50<sup>th</sup> percentile):</i> Female: 8 (7); Male:12 (6) (p>0.05) <i>Upper back angles (50<sup>th</sup>percentile):</i> Female:13 (12); Male:12 (6) (p>0.05)

Article	Equipment and duration of Postural Recording	Movements recorded	Aim of measurements	Occupational activity and number of workers*	Relevant Findings
Arvidsson <i>et al.</i> [24]	Inclinometers (Logger Teknologi) Old system: 59 min (56-65) New system: 51 min (46-55) Break: 40 min (30-49)	Flexion/extension	To evaluate physical exposure, in terms of posture, movements and muscular load among air traffic controllers performing the same work task in two systems.	Air traffic controllers  Total: not described Included: 14 workers Measured: 14 workers (7 female, 7 male)	There were large differences in the musculoskeletal loads between old and new systems. During the breaks, the neck ranges were higher than during work. <i>Neck flexion (95<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> percentile)</i> 1) Female (p<0.05 old vs. new; p<0.05 break vs. work in new and old system) Old:37(4); New:28(10); Break:50(5) 2) Male ( p<0.05 break vs. work in new and old system): Old:35(9); New:26(14); Break:50(9)
Arvidsson <i>et al.</i> [25]	Inclinometers (Logger Teknologi)  -56 min (36-66)-	Flexion/extension and lateral flexion	To find out whether females with clinically defined neck-shoulder disorders performed this work differently than healthy referents.	Air traffic controllers  Total: 70 workers Included: 70 workers Measured: 24 workers (13 cases, 11 referents)	There was no significant difference in neck posture between cases and referents. <i>Neck flexion/extension (50th percentile):</i> Cases:44(9); Referents: 42(10) (p > 0.05) <i>Neck lateral flexion:</i> Similar in cases and referents
Balogh <i>et al.</i> [26]	Inclinometers (Logger Teknologi)  1.5 hour (manual) 1hour (semi-automated line) and 4 hours (automated line)	Flexion/extension	To quantify change in physical workload as a consequence of the stepwise technical development of three generations of production system designs.	Operators processing wooden boards for parquet flooring  Total:152 workers Included: 152 workers Measured: 31 female operators (25 manual and semi-automated and 6 automated line )	There were evident differences between all three system designs. The automated line showed larger range of motion for the head while the semi-automated line showed the lowest one. <i>Head angles ( p &lt; 0.05 <sup>x</sup>manual vs. semi-automated, <sup>y</sup>manual vs. automated, <sup>z</sup>semi-automated vs. automated)</i> 1) Manual: 10th: 4(1;6) <sup>x,y</sup> ; 90th: 29(27;31) <sup>x</sup> 2) Semi-automated: 10th: -1(-4;2) <sup>x,z</sup> ; 90th: 21(18;24) <sup>x,z</sup> 3) Automated: 10th: -10(-17;-2) <sup>y,z</sup> ; 90th: 31(24;38) <sup>z</sup>
Byström <i>et al.</i> [27]	Inclinometers (Logger Teknologi)  Drawing table (DT): 1) mouse: 26 min 2) keyboard: 25 min  Solid modeling (SM): 1) mouse: 23 min 2) keyboard: 22 min  Standing: 13 min	Flexion/extension	To determine the physical workload on neck and upper limb in computer aided design (CAD) work, and to evaluate the impact of two different CAD applications, two different input devices and sitting and standing work positions.	VDU workers  Total: 16 workers Included: 15 workers Measured: 9 workers (male)	<i>DT using a mouse</i> <i>Head angle:</i> 10 <sup>th</sup> : 4(-3-15); 90 <sup>th</sup> : 21(13-33) <i>Upper back angle:</i> 10 <sup>th</sup> : 5(-13-33);m90 <sup>th</sup> : 12(-9-46) <i>Comparing the applications</i> The applications did not have a large impact on the postures. The inter-individual differences were bigger for upper back. <i>Comparing input devices</i> Non significant differences were found for comparison between devices. <i>Comparing standing and sitting</i> Forward head bending was higher when standing and forward upper back lower.

Article	Equipment and duration of Postural Recording	Movements recorded	Aim of measurements	Occupational activity and number of workers*	Relevant Findings
Eklund <i>et al.</i> [28]	Electric Potenciometers (Nickometer, Goteborg) Fork lift trucks: 40 min Forestry machines: 30 min Cranes: 40 min	Flexion/extension, lateral flexion and rotation	To identify important causes of postural load for work vehicle drivers, especially head posture.	Work vehicle drivers  Total: not described Included: 16 workers Measured: 16 workers (3 female, 13 male) 5 fork lift trucks 9 forestry machine 2 crane operators	<i>Fork lift drivers</i> Head was twisted to the left when driving, and to the right when handling goods. When high above the ground, head extension occurred in combination with rotation. <i>Forestry machine drivers</i> More head rotation occurred using a rotatable cabin than in other machines. <i>Crane operators</i> Conventional crane demanded higher trunk flexion, compensated with slight head extension, compared to the redesigned crane, where there was also less lateral flexion of the head.
Hansson <i>et al.</i> [29]	Inclinometers (Logger Teknologi) 3.5 hours (1-7 hours)	Flexion/extension	To evaluate the agreement between questionnaire-assessed and technically measured mechanical exposure to different posture and movements.	Office workers Total: 363 office workers Included: 276 answered the questionnaire Measured: 41 (24 female, 17 male)  Cleaners Total: 273 cleaners Included: 218 answered the questionnaire Measured: 41 (41 female, 0 male)	Regarding the postures, there was almost no agreement between questionnaire-assessed and technically measured mechanical exposure within the occupational groups. <i>Working with the head:</i> 1) Bent backward: Office workers ( $k = 0.18$ ); Cleaners ( $k = 0.18$ ). 2) Bent forward a little: Office workers ( $k = 0.34$ ); Cleaners ( $k = 0.24$ ) 3) Bent forward a lot: Office workers ( $k = -0.07$ ); Cleaners ( $k = 0.07$ ) <i>Working with the back:</i> 1) Bent forward a lot: Office worker ( $k = -0.06$ ); Cleaners ( $k = -0.12$ )
Jonker <i>et al.</i> [30]	Inclinometers (Logger Teknologi) 4 hours	Flexion/extension and lateral flexion	To examine associations between work postures/movements and self-reported workload.	Dentists  Total: 73 dentists Included: 24 dentists Measured: 24 dentists	No significant correlation was found between perception of variables in physical demands at work, perception of workload and the neck angles. <i>Neck angles</i> Flexion/extension      Lateral flexion 10th: -12.5(-16;-9)      10th: -9.5(-11.8;-7.1) 90th: 27.4(24.2;30.5)      90th: 15.4(12.4;18.4)  <i>Neck angles (back/forward) associated with:</i> repetitive movements ( $r = 0.07, p = 0.75$ ) monotonous working positions ( $r = 0.01, p = 0.99$ ) uncomfortable working positions ( $r = -0.21, p = 0.35$ )



Article	Equipment and duration of Postural Recording	Movements recorded	Aim of measurements	Occupational activity and number of workers*	Relevant Findings
Juul-Kristensen <i>et al.</i> [31]	Inclinometers (Logger Teknologi) 55 min	Flexion/extension and lateral flexion	To compare postures and movements in repetitive poultry processing plant work using a video-based observation method and direct technical measurements.	Workers in poultry processing Total: not described Included: 21 workers (3 workers were excluded due to technical problems) Measured: 18 workers	The difference between the observational method and direct technical measurements was 27% for neck flexion. After adjustments for the different reference positions used, differences in neck flexion decreased to 13%. <i>Head angles</i> Flexion/extension: 10th: 8(7); 90th: 31(5) Lateral flexion: 10th: -9(4) 90th: 7(4) <i>Upper back angles</i> Flexion/extension 10th: 3(5); 90th: 16(4) Lateral flexion: 10th: -10(4); 90th: 5(4)
Nordander <i>et al.</i> [32]	Inclinometers (Logger Teknologi) 3hours and 58 min	Flexion/extension	To evaluate whether male and female workers performing identical work tasks differ in risk of disorders or in physical or psychosocial exposure.	Repetitive industrial tasks Total: 514 workers Included: 502 workers Measured: 37 workers (19 female and 18 male)	No major gender differences could be found concerning working postures of the head. <i>Head flexion/extension</i> Female: 50th: 22(9.8); 90th: 41(9.2) Male: 50th: 24(6.3); 90th: 43(7.5)

Total = total number of workers;  
included = number of workers included in the study;  
measured = number of workers evaluated by direct measurements

For this reason, the isolated recording of neck flexion-extension movements by studies in this review does not represent the real postural exposure of individuals in the workplace. Considering the interdependence of cervical movements, any equipment designed to record them should be able to register all movements simultaneously. This will lead to the inclusion of simultaneous recordings of the three neck-movement axes in future studies. For this to occur, it would be necessary to either improve the actual systems available or to develop new ones. It is also worth noting that the equipment should not physically restrict neck movement amplitude in any of its axes. Furthermore it should be light, portable and allow for the postural recording during the long periods as the whole work shifts.

Regarding the occupational activity carried out by subjects in the reviewed studies, the recordings were made of workers who performed either sedentary and/or repetitive activities, such as dentists, air traffic controllers and office or industrial workers. The unique study that evaluated the posture and neck movements in more varied activities was Hansson *et al.* [29], which included cleaning workers in its sample. The choice of occupational groups involved in sedentary and repetitive activities could be related to the high prevalence of neck pain complaints in these populations reported in literature [1,44,45]. However, it has also been recognized a high prevalence of neck symptoms in activities considered heavier and more varied, such as, the work of electricians [46] and nurses [3]. Nevertheless, no study on postural exposure evaluated by direct means was located for these jobs.

The purpose for the measurements reported in the studies analyzed here varied widely. The objectives of the studies will be described and discussed together with their methodological characteristics under the heading “Characteristics of the studies associated with their methodological quality.”

#### *Evaluation of methodological quality*

The results of the methodological evaluation carried out with the adapted scale from Ariens *et al.* [6] are presented in Table 3.

Of the 13 evaluated articles, nine scored  $\geq 3$  points and thus were considered to have high methodological quality. Nevertheless, no study got the full score (5 points). A contributing factor to this result was that the item “participation rate” was negative or not described for every study. The strict criterion adopted for a positive mark, which was that at least 80% of the sample had to have been evaluated by direct means, was not accomplished by any of the studies. In some of the studies a large number of subjects were evaluated by means of questionnaires and physical exams, but only a small percentage of these individuals were recorded by direct measurements.

This result demonstrated the difficulty present in studies using direct measurements to evaluate a large number of workers. This is understandable when we consider that the procedures and data analysis for this type of study are highly demanding in terms of data processing and analyzing and are expensive to perform [47]. It should also be taken into account that the worker participation rate will vary considerably when they are invited to either filling out a questionnaire or allowing equipment to be fixed on their body for movement recording during a whole work shift. Thus, the small number of subjects evaluated in studies using direct measurements should be considered a characteristic of this type of study and not a limitation.

**Table 3.** Methodological evaluation of the studies included in this review. As mentioned in Method, data on physical load using standardized methods (direct recording) at work was applied as an inclusion criterion for the present study, and not considered for the total score sum.

	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]
<i>Design</i>													
Participation rate at baseline at least 80% or not selective	ND	ND	ND	-	ND	-	-	-	ND	-	-	ND	-
<i>Exposure assessment</i>													
Data on physical load at work collected and used in the analysis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Data on physical load collected using standardized methods of acceptable quality	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Outcome assessment</i>													
Data on outcome collected with standardized methods of acceptable quality	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Analysis</i>													
Statistical model appropriate for the outcome studied and a measure of association (including confidence intervals) presented	-	-	-	-	-	-	+	-	ND	-	+	-	+
Number of cases in the multivariate analysis at least 10 times the number of independent variables	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Total score</i>	2/5	2/5	3/5	3/5	2/5	3/5	4/5	2/5	3/5	3/5	4/5	3/5	4/5

Another item that tended to be negatively evaluated by the scale, and for which only three studies [26,30,32] were given a point, was the inclusion of the confidence interval and adequacy of the statistical model used.

Although the majority of studies presented relatively adequate statistical models, they did not describe the confidence interval. The confidence interval has been recognized as advisable for scientific articles as it allow for that inferences can be drawn about the consistency and clinical relevance of the results. According to Sim and Reid [48] this is possible because the confidence interval depends on the variability of the data and the sample size.

#### *Characteristics of studies associated with methodological quality*

The two studies [23,32] in which gender differences were evaluated were considered studies of high methodological quality. In these two studies, no significant differences were identified between men and women for posture and neck movement during occupational activity, which counts as strong evidence about the subject.

Another two studies of high methodological quality compared symptomatic and asymptomatic subjects [22,25]. In the study by Akesson *et al.* [22], small differences were identified between dentists with and without symptoms for flexion-extension movement of the head and trunk. However, greater differences for the lateral flexion movements of the head and the trunk (26 ° and 12 °, respectively) were reported. Arvidsson *et al.* [25] reported no differences between symptomatic and asymptomatic air traffic controllers for flexion-extension of the head and upper trunk, but in this study the lateral flexion of the head and upper trunk was not numerically reported. These results indicate strong evidence for an absence of difference between individuals with and without symptoms for neck flexion-extension movement. However, there was moderate evidence for the existence of differences between these groups regarding neck lateral flexion movement. These results reinforce the need for evaluating all neck movements simultaneously in studies on the postural exposure of this region of the body.

In two studies of low methodological quality [24,27] and in one of high methodological quality [26], modifications to workstations or in the system of production were evaluated. Arvidsson *et al.* [24] compared the old and new workstations of air traffic controllers and identified a significant reduction in neck flexion after improvements were made to the design. Byström *et al.* [27] evaluated individuals working with computer-aided design (CAD), specifically the two programs PROFESSIONAL-CADAM<sup>®</sup> and PRO/Engineering<sup>®</sup>, and compared the exclusive use of the mouse to the use of the mouse plus keyboard while operating the above-mentioned programs. The authors reported no differences in worker neck posture and movement during the use of the two programs or during input with the mouse alone and mouse plus keyboard. Balogh *et al.* [26] evaluated the neck overload induced by manual, semi-automatic and automatic systems of production. In this study the authors identified a statistically significant difference between manual and semi-automatic systems, manual and automatic systems, and semi-automatic and automatic systems regarding head flexion. However, all the results considered, no evidence can be reached for these studies evaluating workstation intervention as they investigated very distinct conditions through different clinical outcomes. However, it can be pointed out that the use of direct measurements may be a useful and

sensitive resource for identifying variations in posture and movement before and after ergonomic intervention.

Hansson *et al.* [29] and Jonker *et al.* [30] evaluated the correlation between self-reporting of physical overload by workers and the results obtained by direct measurement in two studies of high methodological quality. In both studies correlation between overload reported by workers and the neck angles recorded by inclinometer was not identified. The results of these studies revealed strong evidence for the absence of correlation between these two measuring methods, indicating that one cannot be substituted for the other. Nevertheless, we should consider that these studies were not carried out in situations of more extreme postural exposure, when the perception of individuals tends to become more accurate [49]. Juul-Kristensen *et al.* [31] described the relation between an observational method for evaluating posture and movement and the angles recorded by means of direct measurement. For the observational method, an observer categorized neck flexion as either  $<20^\circ$  or  $>20^\circ$ . The mean duration of neck flexion  $>20^\circ$  was 92% in the observational method and 65% in the inclinometer registration. This difference between methods decreased to 13% after adjustments for the different reference positions. As only one high quality study has compared observational method and direct angle measurements a moderate evidence for differences between these methods was achieved.

Generally, recording protocols consisting of observational methods have the advantage of being inexpensive and practical and can be used in a diverse array of workplaces. Nevertheless, they present limitations such as lower precision when compared to direct measurements, the need for highly trained observers, and restrictions for the use in dynamic tasks, which limit them to more static and repetitive tasks [47,50]. Furthermore, their internal and external validity are questionable [51]. In spite of these limitations, in some occupational situations these are the only possible forms of recording. On the other hand, studies reporting quantitative biomechanics measures taken by direct measurement are complex and, depending on the physical characteristics of the equipment, can influence performance and affect the results [10].

#### 4. Final Considerations

The results of this review highlight a lack of studies evaluating the three axes of neck movement simultaneously. This is directly due to deficiencies in the equipment and systems currently available and indicates the need to either the development of new equipment and systems or the improvement of the existing ones. Considering the complexity of cervical movement and the fact that each movement occurring in one plane is necessarily associated with some degree of movement in its orthogonal plane (coupling), the real postural exposure present in occupational activities were not fully recorded so far. That could only be achieved by means of new equipment, which would be able to record the cervical movements simultaneously.

Another deficit identified in the available literature is the lack of studies evaluating the neck posture and movement of workers performing heavier and more varied activities. Considering the high prevalence of neck pain complaints associated with activities, such as, the ones carried out by nurses and electricians [3,46], these studies are still needed.

Moreover, none of the included studies evaluated a sufficient number of subjects by direct measurement to reach the minimum participation rate (80%) required for high methodological quality in studies evaluating occupational exposure [6,18]. This deficiency, however, should be considered with caution. Understanding the methodological difficulties inherent in studies using direct measurement, the small number of evaluated subjects seems to be more a characteristic than a limitation. Thus, specific guidelines for exposure studies are still necessary to assure proper methodological evaluation of these studies.

Finally, this systematic review focused on evaluating the methods of neck movement recording in occupational settings. However, neck posture/movements are only one component of physical load involved in the development of work related neck pain. The force exerted by the hands and the static load in neck region, for example, are also relevant factors related to neck pain and they should be evaluated by valid and reliable methods. Nevertheless, this study has not reviewed the methods of kinetic variables recording which would be important for understanding the quality of kinetic measurements performed in occupational settings.

### Acknowledgements

This study was partially supported by FAPESP, Brazil (08/51168-0; 08/10372-4) and CNPq (300335-05-09).

### References

1. Côté P.; van der Velde, G.; Cassidy, D.; Carroll, L.; Hogg-Johnson, S.; Holm, L.W.; Carragee, E.J.; Haldeman, S.; Nordin, M.; Hurwitz, E.L.; Guzman, J.; Peloso, P.M. The burden and determinants of neck pain in workers: Results of the bone and joint decade 2000–2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Spine* **2008**, *33*, 560-574.
2. Åkesson, I.; Johnsson, B.; Rylander, L.; Moritz, U.; Skerfving, S. Musculoskeletal disorders among female dental personnel clinical examination and a 5-year follow-up study of symptoms. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **1999**, *72*, 395-403.
3. Trinkoff, A.M.; Lipscomb, J.A.; Geiger-Brown, J.; Brady, B. Musculoskeletal problems of the neck, shoulder, back and functional consequences in nurses. *Am. J. Ind. Med.* **2002**, *41*, 170-178.
4. Rocha, L.E.; Glina, D.M.; Marinho, M.F.; Nakasato, D. Risk factors for musculoskeletal symptoms among call center operators of a bank in Sao Paulo. *Br. Ind. Health* **2005**, *43*, 637-646.
5. Kamwendo, K.; Linton, S.J.; Moritz, U. Neck and shoulder disorders in medical secretaries. Part I. Pain prevalence and risk factors. *Scand. J. Rehabil. Med.* **1991**, *23*, 127-133.
6. Ariëns, G.A.; van Mechelen, W.; Bongers, P.M.; Bouter, L.M.; van der Wal, G. Physical risk factors for neck pain. *Scand. J. Work Environ. Health* **2000**, *26*, 7-19.

7. Bernard, B.P. Neck musculoskeletal disorders: Evidence for work-relatedness. In *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors—A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*; Bernard, B.P., Ed.; NIOSH: Cincinnati, OH, USA, 1997; pp. 1-90.
8. Costa, B.R.; Vieira, E.R. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *Am. J. Ind. Med.* **2010**, *53*, 285-323.
9. Szeto, G.P.; Straker, L.M.; O Sullivan, P.B. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-2: Neck and shoulder kinematics. *Man. Ther.* **2005**, *10*, 281-291.
10. Coury, H.J.C.G. Postural recording. In *Industrial and Occupational Ergonomics—Users Encyclopedia [CD-ROM]*; Mital, A., Ed.; International Journal of Industrial Engineers: Cincinnati, OH, USA, 1999, ISBN 0-9654506-0-0.
11. Shiratsu, A.; Coury, H.J.C.G. Reliability and accuracy of different sensors of a flexible electrogoniometer. *Clin. Biomech.* **2003**, *18*, 682-684.
12. Hansson, G.Å.; Asterland, P.; Holmer, N.G.; Skerfving, S. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Med. Biol. Eng. Comput.* **2001**, *39*, 405-413.
13. Hansson, G.Å.; Balogh, I.; Ohlsson, K.; Skerfving, S. Measurements of wrist and forearm positions and movements: Effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. *J. Electromyogr. Kinesiol.* **2004**, *14*, 355-367.
14. Tesio, L.; Monzani, M.; Gatti, R.; Franchignoni, F. Flexible electrogoniometers: Kinesiological advantages with respect to potentiometric goniometers. *Clin. Biomech.* **1995**, *10*, 275-277.
15. Spielholz, P. Development of an electrogoniometer calibration procedure for measurement of wrist angle and forearm rotation. *Adv. Occup. Ergon. Saf.* **1998**, *2*, 499-502.
16. Rowe, P.J.; Myles, C.M.; Hillmann, S.J.; Hazlewood, M.E. Validation of flexible electrogoniometry as a measure of joint kinematics. *Physiotherapy* **2001**, *87*, 479-488.
17. Campbell-Kyureghyan, N.; Jorgensen, M.; Burr, D.; Marras, W.S. The prediction of lumbar spine geometry: method development and validation. *Clin. Biomech.* **2005**, *20*, 455-464.
18. Hooftman, W.E.; van Poppel, M.N.M.; van der Beek, A.J.; Bongers, P.M.; van Mechelen, W. Gender differences in the relations between work-related physical and psychosocial risk factors and musculoskeletal complaints. *Scand. J. Work Environ. Health* **2004**, *30*, 261-278.
19. Sackett, D.L.; Straus, S.E.; Richardson, W.S.; Rosenberg, W.; Haynes, R.B. *Evidence-based Medicine: How to Practice and Teach EBM*; Churchill Livingstone: Edinburgh, UK, 2000.
20. Aarås, A.; Westgaard, R.H.; Strandén, E. Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations. *Ergonomics* **1988**, *31*, 915-33.
21. Aarås, A. Postural load and the development of musculo-skeletal illness. *Scand J. Rehabil. Med.* **1988**, *20*, 1-35.
22. Åkesson, I.; Hansson, G.Å.; Balogh, I.; Moritz, U.; Skerfving, S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **1997**, *69*, 461-474.
23. Arvidsson, I.; Arvidsson, M.; Axmon, A.; Hansson, G.Å., Johansson, C.R.; Skerfving, S. Musculoskeletal disorders among female and male air traffic controllers performing identical and demanding computer work. *Ergonomics* **2006**, *49*, 1052-67.

24. Arvidsson, I.; Hansson, G.Å.; Mathiassen, S.E.; Skerfving, S. Changes in physical workload with implementation of mouse-based information technology in air traffic control. *Int. J. Ind. Ergon.* **2006**, *36*, 613-622.
25. Arvidsson, I.; Hansson, G.Å.; Mathiassen, S.E.; Skerfving, S. Neck postures in air traffic controllers with and without neck/shoulder disorders. *Appl. Ergon.* **2008**, *39*, 255-260.
26. Balogh, I.; Ohlsson, K.; Hansson, G.Å.; Engström, T.; Skerfving, S. Increasing the degree of automation in a production system: Consequences for the physical workload. *Int. J. Ind. Ergon.* **2006**, *36*, 353-365.
27. Byström, J.U.; Hansson, G.Å.; Rylander, L.; Ohlsson, K.; Källrot, G.; Skerfving, S. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications. *Appl. Ergon.* **2002**, *33*, 63-74.
28. Eklund, J.; Odenrick, P.; Zettergren, S.; Johansson, H. Head posture measurements among work vehicle drivers and implications for work and workplace design. *Ergonomics* **1994**, *37*, 623-639.
29. Hansson, G.Å.; Balogh, I.; Byström, J.U.; Ohlsson, K.; Nordander, C.; Asterland, P.; Sjölander, S.; Rylander, L.; Winkel, J.; Skerfving, S. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. *Scand. J. Work Environ. Health.* **2001**, *27*, 30-40.
30. Jonker, D.; Rolander, B.; Balogh, I. Relation between perceived and measured workload obtained by long-term inclinometry among dentists. *Appl. Ergon.* **2009**, *40*, 309-315.
31. Juul-Kristensen, B.; Hansson, G.Å.; Fallentin, N.; Andersen, J.H.; Ekdahl, C. Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements. *Appl. Ergon.* **2001**, *32*, 517-524.
32. Nordander, C.; Ohlsson, K.; Balogh, I.; Hansson, G.Å.; Axmon, A.; Persson, R.; Skerfving, S. Gender differences in workers with identical repetitive industrial tasks: exposure and musculoskeletal disorders. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **2008**, *81*, 939-947.
33. Keshner, E.A. Controlling stability of a complex movement system. *Phys. Ther.* **1990**, *70*, 844-854.
34. Conley, M.S.; Meyer, R.A.; Bloomberg, J.J.; Feeback, D.L.; Dudley, G.A. Noninvasive analysis of human neck muscle function. *Spine* **1995**, *20*, 2505-2512.
35. White, A.A.; Panjabi, M.M. *Clinical Biomechanics of the Spine*, 2nd ed.; JB Lippincott: Philadelphia, PA, USA, 1990.
36. Bogduk, N.; Mercer, S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clin. Biomech.* **2000**, *15*, 633-648.
37. Yoganandan, N.; Kumaresan, S.; Pintar, F.A. Biomechanics of the cervical spine Part 2. Cervical spine soft tissue responses and biomechanical modeling. *Clin. Biomech.* **2001**, *16*, 1-27.
38. Levangie, P.K.; Norkin, C.C. *Joint structure and function. A comprehensive analysis*, 3rd ed.; F.A. Davis Company: Philadelphia, PA, USA, 2001.
39. Castro, W.H.; Sautmann, A.; Schilgen, M.; Sautmann, M. Non-invasive three dimensional analysis of cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex. *Spine* **2000**, *25*, 443-449.
40. Wang, S.F.; Teng, C.C.; Lin, K.H. Measurement of cervical range of motion pattern during cyclic neck movement by an ultrasound-based motion system. *Man. Ther.* **2005**, *10*, 68-72.



41. Ferrario, V.F.; Sforza, C.; Serrao, G.; Grassi, G.; Mossi, E. Active range of motion of the head and cervical spine: a three-dimensional investigation in healthy young adults. *J. Orthop. Res.* **2002**, *20*, 122-129.
42. Cook, C.; Hegedus, E.; Showalter, C.; Sizer, P.S.Jr. Coupling behavior of the cervical: A systematic review of the literature. *J. Manipulative Physiol. Ther.* **2006**, *29*, 570-575.
43. Feipel, V.; Rondelet, B.; Le Pallec, J.P.; DeWitte, O.; Rooze, M. The use of disharmonic motion curves in problems of the cervical spine. *Int. Orthop.* **1999**, *23*, 205-209.
44. Turhan, N.; Akat, C.; Akyüz, M.; Cakci, A. Ergonomic risk factors for cumulative trauma disorders in VDU operators. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* **2008**, *14*, 417-422.
45. Eltayeb, S.; Staal, J.B.; Hassan, A.; de Bie, R.A. Work related risk factors for neck, shoulder and arms complaints: A cohort study among Dutch computer office workers. *J. Occup. Rehabil.* **2009**, *19*, 315-322.
46. Moriguchi, C.S.; Alencar, J.F.; Miranda-Júnior, L.C.; Coury, H.J.C.G. Musculoskeletal symptoms among energy distribution network linemen. *Rev. Bras. Fisioter.* **2009**, *13*, 123-129.
47. Yen, T.Y.; Radwin, R.G. A comparison between analysis time and inter-analyst reliability using spectral analysis of kinematic data and posture classification. *Appl. Ergon.* **2002**, *33*, 85-93.
48. Sim, J.; Reid, N. Statistical inference by confidence interval: Issues of interpretation and utilization. *Phys. Ther.* **1999**, *79*, 186-195.
49. Souza, T.O.; Coury, H.J.C.G. Are the postures adopted according to requested linguistic categories similar to those classified by the recording protocols? *Appl. Ergon.* **2005**, *36*, 207-212.
50. van der Beek, A.; Frings-Dressen, M. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occup. Environ. Med.* **1998**, *55*, 291-299.
51. Juul- Kristensen, B.; Fallentin, N.; Ekdahl, C. Criteria for classification of posture in repetitive work by observation methods. A review. *Int. J. Ind. Ergon.* **1997**, *19*, 397-411.

© 2010 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

## **ANEXO B**

Carnaz L, Moriguchi CS, Oliveira AB, Santiago PRP, Caurin GAP, Hansson G-Å, Coury HJCG. Flexible Electrogoniometers, Inclinometers and a Three-dimensional System Analysis Based on Video: Concurrent Validity for Recording Neck Movements. Manuscrito em fase final de redação para ser submetido ao **Journal of Electromyography and Kinesiology**.

# **FLEXIBLE ELECTROGONIOMETERS, INCLINOMETERS AND THREE-DIMENSIONAL VIDEO ANALYSIS SYSTEM: CONCURRENT VALIDITY FOR RECORDING NECK MOVEMENT.**

Letícia Carnaz<sup>a</sup>, Cristiane Shinohara Moriguchi<sup>a</sup>, Ana Beatriz de Oliveira<sup>a</sup>,  
Paulo Roberto Pereira Santiago<sup>b</sup>, Glauco Augusto de Paula Caurin<sup>c</sup>, Gert-  
Åke Hansson<sup>d</sup>, Helenice Jane Cote Gil Coury<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Dept of Physical Therapy, Federal University of São Carlos, Washington  
Luís Rod Km235, 13565-905 Brazil*

<sup>b</sup>*Dept of Physical Education, University of São Paulo, Bandeirantes  
Avenue 3900, 14040-900, Brazil*

<sup>c</sup>*Dept of Mechanical Engineering, University of São Paulo, Trabalhador  
São Carlense Avenue 400, 13560-970 Brazil*

<sup>d</sup>*Dept of Occupational and Environmental Medicine, Lund University, SE-  
221 85 Lund Sweden*

Corresponding Author:

Helenice JC Gil Coury,

e-mail: [helenice@ufscar.br](mailto:helenice@ufscar.br)

tel: +5516 3351-8634

fax: +5516 3361-2081

Total number of words in the manuscript, including the entire text from title page to figure legends: 5896

Number of words in the abstract: 210

Number of figures: 4

Number of tables: 2

**ABSTRACT**

This study evaluated the concurrent validity between goniometers (EGM), inclinometers (INC) and a three-dimensional analysis system based on video recording (IMG) in simultaneous and synchronized data collection. Twelve females performed four neck movements: flexion/extension, lateral flexion, rotation and circumduction. The differences between EGM, INC, and IMG were calculated sample by sample. For *flexion/extension movement*, IMG underestimated the range of motion (ROM) by 20% (is the figure 20% correct when we change the base for the reference ROM to the average ROM for the three systems?); moreover, EGM showed a crosstalk of 20% for the lateral flexion and rotation axes. In *lateral flexion movement*, all systems showed similar ROM and the inter-system differences for the main and orthogonal axes were moderate (4% - 7%). For *rotation movement*, EGM showed a high crosstalk error (15%?) for the flexion/extension axis. During the *circumduction movement*, IMG underestimated the ROM for flexion/extension by about 20%, and the inter-system differences were high (about 20%) except for INC-IMG regarding lateral flexion and EGM-INC regarding flexion/extension, which were below 10%. For application in occupational settings, INC presents good concurrent validity though INC cannot record rotation movement. EGM should be improved in order to reduce its crosstalk errors and allow recording of the full neck ROM. Due to non-optimal conditions during flexion-extension movement, IMG underestimated these movements. For complex movements, dissimilarities regarding angle representation may have increased the inter-system differences.

*Occupational settings, movement recording, concurrent validity, neck movements*

## 1. Introduction

Work-related neck disorders are associated with a high burden of both pain and disability in the working population [1]. The origin of these disorders has been recognized as multifactorial, including evidence that working postures and movements are associated risk factors [2].

Awkward postures affect joint kinematics and muscular recruitment, promoting an increase in compressive load on the cervical column and leading to pain and disorders in the region [3]. This fact underscores the need for recording neck posture and movement in occupational settings so that these variables can be quantified and evaluated [4].

Different systems, such as three-dimensional analysis based on video recordings, opto-electronic tracking systems, electrogoniometers and inclinometers have been used to record movement in dynamic situations. However, there is no “gold standard” method for recording neck movements. Concurrent agreement between instruments has been reported as the best validation for cervical motion to date [5].

Three-dimensional analysis based on video recording and tracking systems has been generally accepted as the most precise method for recording neck movement [6]. However, the main limitation of such systems is that they are not feasible for use in occupational settings since they need a calibrated field to perform the three-dimensional reconstruction and the anatomical markers must be identified by at least two cameras simultaneously, which restricts the subject’s movement to a limited area. Another difficulty is related to data analysis; the rotation sequences used to calculate Euler angles in video-based analysis have not been described consistently in previous studies, which is aggravated by the fact that the adoption of different sequences can lead to different outcomes [7, 8].

Ambulatory equipment, such as electrogoniometers and inclinometers, can be useful for recording movement in occupational situations. However, these systems have not been comparatively evaluated with other, more accurate and precise equipment. Moreover, this type of equipment has not yet been evaluated for recording neck movement. It should be considered that designs based on consecutive measurements restrict the conclusions that can be drawn from their results, since the effects of subject repositioning and movement variability during different trials cannot be isolated from instrument differences [9].

Thus, the aim of this study was to assess concurrent validity between flexible electrogoniometers, inclinometers and a three-dimensional analysis system based on video recording in simultaneous and synchronized data collection.

## 2. Methods

### 2.1 Subjects

Twelve healthy females (age  $26.1 \pm 3.4$  years; height  $162.2 \pm 3.3$  cm; weight  $58.6 \pm 10.2$  kg) participated in the study. Subjects presenting pronounced deviations of neck posture, symptoms or restricted range of movement were excluded. This study was approved by the local Human Research Ethics Committee (Protocol 047/08).

### 2.2 Equipment

Three different kinds of equipment were used for recording neck angles. Video was recorded with two digital camcorders (Panasonic NV-GS320, Kadoma, Japan). The electrogoniometer recordings were carried out with a biaxial electrogoniometer (M110), a torsionmeter (Q110) and an acquisition unit (DataLog, Biometrics Ltd., Gwent, UK). The inclinometer recordings were carried out with two inclinometers (based on triaxial accelerometers) and an acquisition unit (Logger Tecknologi HB, Åkarp, Sweden). The sampling frequency was 60 Hz for the video recordings and 20 Hz for the electrogoniometer and inclinometer recordings.

#### 2.2.1 Video Recordings (IMG)

A calibrated field was created for the video recordings. Eight steel wires were suspended from the laboratory ceiling. Along each wire three spherical reflective markers (10 mm diameter) were positioned 40 cm apart. These twenty four reflective markers were used to define the calibration frame (Figure 1A). Two cameras were placed one above the other at 130 cm apart from each other ( $70^\circ$  of inclination between them) (Figure 1B) so that both could record all of the markers on the wires for the calibration procedure as well as on the subjects during the head movements.

Insert Figure 1 about here

To evaluate upper back movement, reflective markers (10 mm diameter) were attached to: 1) the upper back at fourth thoracic vertebra, 2) the right acromion and, 3) the left acromion. To record head movement, three reflective markers were attached to three metallic rods mounted perpendicularly on a plate fixed above the external occipital protuberance (Figure 1C).

The markers reconstruction error of the camera system was assessed using the method described by Barros et al. [10], and found to be less than 1 mm for all evaluated directions. The Euler angle sequences flexion/extension, lateral flexion and rotation was used throughout the study.

### 2.2.2 Electrogoniometer Recordings (EGM)

The biaxial electrogoniometer and torsionmeter were attached to each other with adhesive tape. To avoid displacement between the sensors, they were affixed to an acrylic device.

To measure neck movement, the electrogoniometer/torsionmeter endblocks were attached at the seventh cervical vertebra. The telescopic endblocks were fixed at an external occipital protuberance over a cap (Figure 1C).

According to the manufacturer of the biaxial goniometer, the error for the main axes is  $\pm 2^\circ$  and the crosstalk error is  $\pm 4.5^\circ$  for  $\pm 90^\circ$  deviation around the main axes. The error for the torsionmeter is  $\pm 2^\circ$  for  $\pm 90^\circ$  rotation around the main axis.

### 2.2.3 Inclinometer Recordings (INC)

Double-sided adhesive tape was used to attach the inclinometers to the subjects. One inclinometer was fixed to the upper back at the right side of the seventh cervical vertebra next to the goniometers, and the other inclinometer was attached to the subject's forehead (Figure 1C). Inclinometer calibration was performed according to the procedures described by Hansson et al. [11]. The inclinometer's error is small ( $1.3^\circ$ ), and it can be mounted in an arbitrary orientation on a body segment since its coordinates may be transformed to the coordinates of the body segment by recording a reference and direction position [11]. The projection of the vector that described the degree and direction of inclination on the horizontal plane was used to describe the flexion/extension and lateral flexion movements.

## 2.3 Procedures

### *Reference position and movement recording*

Subjects were seated in a chair within the calibrated field of the video system with their arms beside their trunk and their hands placed on their thighs. The reference position for the movement recordings, defined as  $0^\circ$  of flexion/extension, lateral flexion and rotation was recorded simultaneously by all systems for one minute. For the reference position, the subjects held their head and upper back in an upright position and looked straight ahead. The head and upper back forward directions were defined for the inclinometers with the subject performing upper back and head flexion. After that, the subjects were instructed to perform four full range head movements: flexion/extension, lateral flexion, rotation and circumduction. Each movement included five cycles and lasted for about 1 minute. The sequence of these movements was randomized for each subject.

The three systems were synchronized by pressing a button which activated a light emitting diode. This signal was identified by both cameras and also triggered the event-marker inputs of the electrogoniometer and the inclinometer dataloggers. Although the systems were synchronized at the start of the experiment, a small time lag was occasionally observed between the recorded signals. This lag may have been due to

differences in internal signal processing in the inclinometer, goniometer and video acquisition units and the imprecision in the equipment's sampling rates. When any lags were detected, they were corrected in the analysis (see below).

## 2.4 Data Analysis

Video data were digitized with Ariel Software (APAS<sup>®</sup>, Ariel Dynamics, Inc., Trabuco Canyon, USA) The x, y, z co-ordinates of the reflective markers on the upper back and the head were calculated using direct linear transformation (DLT). After that, data from the three systems were processed using a routine developed in MatLab version 7.6 (MathWorks Inc., Natick, MA, USA). In this routine, the reflective marker coordinates were used to calculate the Euler angles in the flexion/extension, lateral flexion and rotation sequence. The Euler angles were calculated separately for head and upper back movement, and neck angles were then derived as the difference between head and upper back angles.

For the inclinometers, the head and upper back angles were derived separately. Neck angles were derived as the head angles minus the upper back angles.

For all systems the data were filtered using a low-pass, second-order, zero-lag Butterworth filter with a cutting frequency of 10 Hz. All recordings were related to the reference position, i.e., for each signal the mean value for 15 seconds of the recording was calculated and subtracted from the recordings. For neck angles recorded by the video system, the data were re-sampled at 20 Hz. The four movements were identified, and for each movement the cross-correlation between the signals from the different systems was calculated. The time lag derived from cross-correlation was compensated for, thus minimizing any residual synchronization error.

The differences between EGM and IMG (EGM-IMG), INC and IMG (INC-IMG) and EGM and INC (EGM-INC) were calculated sample by sample and plotted in X-Y graphs for each subject (Figures 3 and 4). The X axis represents the values recorded by the system used as reference (IMG for EGM-IMG and INC-IMG comparisons and INC for EGM-INC comparison), and the differences between the systems are shown along the Y axis. Next, the root mean square (RMS) values of these differences were calculated for each movement. Additionally, the ratio between the EGM-IMG, INC-IMG and EGM-INC RMS differences and the average ROM for the three systems (regarding rotation two systems) was calculated for each subject. For flexion/extension, lateral flexion and rotation movements, the ratios were calculated in relation to the range of main axis movement. For circumduction, the ratios were calculated in relation to their corresponding movement axis.



### 3. Results

#### 3.1 Performed Movements

Mean angles and standard deviation of neck ROM for flexion/extension, lateral flexion, rotation and circumduction movement recorded by IMG, EGM and INC are presented in Table 1. The main axes, i.e., the axes along which the primary movements occurred, are highlighted.

Insert Table 1 about here

During the neck *flexion/extension movement*, all measurement systems registered a moderate mean flexion/extension ROM (the average for the three systems was 49°) and similar and considerable inter-individual variation (15° average SD). For the orthogonal axes (non-highlighted), IMG recorded low lateral flexion values (3.8°) and rotation (4.2°), i.e. low coupled movements, while EGM registered high values in excess of 20° for both lateral flexion and rotation.

For *lateral flexion movements*, all systems recorded a high ROM (71° on average) for the main axes. For the orthogonal axes, IMG recorded some flexion/extension (10.6°) and considerable rotation (27.0°). Corresponding values were recorded by EGM and INC.

Both IMG and EGM registered high rotation ROM (on average 113°) during the *rotation movements*. For the orthogonal axes, both IMG and INC recorded low values, while EGM showed high flexion/extension ROM. All systems recorded some lateral flexion.

All systems registered high ROM values for flexion/extension (on average 47°) and lateral flexion (on average 42°) during *circumduction movements*, which are complex and involve combinations of flexion/extension, lateral flexion and rotation. EGM showed higher values than IMG regarding rotation.

#### 3.2 Inter-system-differences - Individual results

Figures 3 and 4 reveal the differences between EGM and INC in relation to IMG and Figure 5 reveals the differences between EGM in relation to INC, for one representative subject during performance of the four neck movements. Each movement is represented in one column. Each sub-plot in the column presents the data recorded for one movement axis; the ROM recorded by the reference system can be seen along the horizontal axis, while the differences between the evaluated and reference system (e.g. EGM-IMG in Figure 3) can be seen along the vertical axis.

Figure 3 presents the differences between EGM and IMG. For the main movement axes, i.e., flexion/extension, lateral flexion and rotation, there was a tendency toward increased differences between equipment with increased range of motion. An inversion of this tendency occurred for rotation movement at the end of the range.

Regarding orthogonal axes, EGM recorded considerable ROM (25° to 30°) for lateral flexion and rotation axes during *flexion/extension movement* as well as for the flexion/extension axis during *rotation movement*, while IMG recorded values close to zero. These three crosstalk differences are conspicuous and considerably higher than the differences for the main axes. The other three crosstalk differences were somewhat lower than the corresponding differences for the main axes.

Insert Figures 3 and 4 about here

Differences between INC and IMG recordings are shown in Figure 4. The increase in ROM in the flexion/extension axis during *flexion/extension movement* was associated with an increase in inter-system differences; in the most forward flexed position, INC's flexion values were about 10° higher than those of IMG. However, this behavior did not occur for the lateral flexion axis during *lateral flexion movement*, in which the differences between recordings were small and almost constant for the full ROM. There was a difference in flexion/extension axis values during *lateral flexion movement* very similar in size and pattern to the corresponding difference between EGM and IMG, which indicates that there might have been a crosstalk error in the IMG recording rather than in the EGM and INC recordings. For flexion/extension and lateral flexion axes during *rotation movement* as well as for the lateral flexion axis during *flexion/extension movement*, the differences between INC and IMG, i.e., the crosstalk errors, were close to zero.

Figure 5 presents the differences between EGM and INC. For main axis, i.e., flexion/extension axis during *flexion/extension movement* as well as for lateral flexion axis during *lateral flexion movement*, there was an increase of inter-system differences with increased range of motion. For flexion/extension axis during *circumduction movement* the differences between systems occurred in the end of flexion range. Regarding orthogonal axes, high differences were found between EGM-INC for flexion/extension axis during *rotation movement* and for lateral flexion axis during *flexion/extension movement* while INC recorded values close to zero. These differences were similar to those identified between EGM-IMG and probably are due to crosstalk errors related to EGM recordings. The differences between EGM and INC were small for the flexion/extension axis during *lateral flexion movement* and lateral flexion axis during *rotation and circumduction movements*,

### 3.3 Inter-system-differences - General results

The RMS differences of EGM and INC in relation to IMG and EGM in relation to INC as well as the ratio between these differences and the average ROM for the three systems (two systems for rotation) are presented in Table 2.

Insert Table 2 about here

When performing movements principally around the main axes, i.e., flexion/extension, lateral flexion and rotation (highlighted values in Table 2), comparatively small relative differences between EGM and IMG were observed for *lateral flexion and rotation movement*, (5% and 6%, respectively), while higher values were found for *flexion/extension movement*, (11%). However, regarding the orthogonal axes of the performed movements, where the actual movements were much smaller, greater differences between systems occurred, in most cases even greater than those of the main axes. The differences were conspicuously high for the lateral flexion and rotation axes during *flexion/extension movement* (20% and 19%, respectively) and for the flexion/extension axis during *rotation movement* (14%). *Circumduction movement* presented relatively greater differences for almost all movement axes. The high SDs, exceeding 10° for the rotation axis during both *flexion/extension and circumduction movements*, demonstrate that there was substantial inter-subject variation.

Small differences between INC and IMG were detected for the main and orthogonal axes during all neck movements, except for the flexion/extension axis during *flexion/extension and circumduction movement*.

The relative differences between EGM and INC were small for the main movement axes. Considering the orthogonal axes, small differences were found for flexion/extension axis during *lateral flexion movement* and for lateral flexion axes during *rotation movement*. As for EGM-IMG comparison, high differences were identified for lateral flexion axis during *flexion/extension movement* and for flexion/extension axis during *rotation movement*. High differences were also observed for lateral flexion during *circumduction movement*.

## 4. Discussion

The differences regarding the main axes for EGM and INC in relation to IMG and EGM in relation to INC were similar, except for flexion/extension axis during *flexion/extension movement* regarding the comparison between EGM and INC. For orthogonal axes, the EGM-IMG and EGM-INC differences were similar and greater than INC-IMG differences. Specifically, during the *flexion/extension movement*, EGM and INC showed 17% and 28% higher ranges of flexion/extension, respectively, than IMG, whereas INC recorded 10% greater ranges of flexion/extension in relation to EGM. Considering the orthogonal axes, EGM presented a crosstalk of 20% for the lateral flexion and rotation axes compared with IMG and a crosstalk of 17% for lateral flexion axis in relation to INC. For the *lateral flexion movement*, the systems showed small differences for the main and orthogonal axes and a similar degree of coupled movements. For *rotation movement*, EGM recorded a range of rotation similar to IMG, but exhibited high crosstalk error regarding the flexion/extension axis when compared with

IMG and INC. INC, which cannot record rotation, presented low crosstalk error for both the flexion/extension and lateral flexion axes in relation to IMG. During *circumduction movement*, both EGM and INC showed great relative differences for flexion/extension and recorded higher ranges of flexion/extension than IMG; the relative differences for EGM were high regarding both the lateral flexion and the rotation axes.

#### 4.1 Considerations about IMG recordings

Although no equipment can as yet be considered the “gold standard” for evaluating neck movement [5]; video-based recording systems are often considered as reference systems. In our study, some limitations must be considered. The position error was less than 1 mm in each of the three planes. However, when the positions of two markers become close or even coincide from the standpoint of one of the cameras, it is evident that accuracy of the estimated angle is decreased, especially if the positions appear close from the standpoint of the other camera as well. Considering the positions of the cameras (Figure 1B) in combination with the forward-tilted orientation of the three markers on the head (Figure 1C), it is clear that such a condition will occur with even a limited flexion of the head. In fact, when the mean ROM was calculated separately for flexion (13.3° IMG, 19.4° EGM and 22.0° INC) and for extension (-29.2° IMG, -30.3° EGM and -32.6° INC), the differences between the systems occurred mainly during flexion movement, and it is thus evident that the IMG system underestimated the flexion angles.

The flexion/extension errors could have been reduced if the camera arrangement had been composed by three or more cameras. Addition of extra cameras would have implied the attachment of more reflective markers to the subjects to enable each camera to record at least three markers throughout the ROM. This arrangement would also imply that all cameras would lose track of one or more markers during the movements. Since the handling of missing markers has been recognized as a supplementary source of error (Chiari et al., 2005) and the pilot tests revealed good (position) accuracy additional cameras were not used.

The somewhat greater errors found for crosstalk than for main axes movement may have been due to a corresponding angular misalignment of the jig in relation to the coordinates of the calibrated field, since the use of a global reference system implies that angular misalignment of the jig – as well as for the subjects – will create errors corresponding to the size of the misalignment. Moreover, these errors were presumably larger during the performed movements, especially circumduction, which combines movements along all axes.

To minimize variation due to the adopted Euler angle rotation sequence, Hof et al. [8] suggest that Euler angle sequences should always be reported and every experimental setting should be investigated to select the best Euler angle representation. The sequence for the present study was based on the findings in a pilot study.

#### 4.2 Considerations about EGM recordings

Two EGM limitations were identified in this study. The sensor did not allow the full range of flexion/extension to be reached. First, as mentioned by Straker et al. [13], flexible electrogoniometers can be limited by exceeding the maximum preset distance between the two endblocks of the sensor. The second limitation, crosstalk, can occur for three main reasons: 1) mechanical deviations in the geometrical properties of the goniometer's sensory elements; 2) misalignment of one of the endblocks, resulting in axial rotation of the goniometer; or 3) mounting the goniometer outside the principal plane of the movement [9]. For the biaxial goniometer, error specifications (i.e. the gain error for the main axes) and crosstalk refer to movements around the two principal axes. Only the gain error is specified for the torsionmeter; the errors for combined movements are complex and cannot be derived from the above specifications.

#### **4.3 Considerations about INC recordings**

The measurement principle of inclinometers is that they record the angle relative to the vector of total acceleration, which during static conditions coincides with the line of gravity. Thus they cannot record rotation around a vertical line, which is the most comprehensive movement performed by the neck as well as the spine (up to  $160^{\circ}$ , Levangie and Norkin, [14]). Moreover, dynamic conditions introduce errors; however during slow movement, as in the present study, these are limited [15]. The basic and unambiguous output of INC is the inclination in relation to the line of gravity and the direction of the inclination in reference to the horizontal plane. The representation of flexion/extension and lateral flexion, derived by projection in the horizontal plane, is only valid for inclination angles  $< 90^{\circ}$ . Considering the recorded range of motion for the movements performed in the present study, this condition was fulfilled for both the upper back and the head.

#### **4.4 Concurrent validity according to AMA criteria**

Using a difference of 10% as the criterion for evaluating concurrent validity [16], the results showed that, for lateral flexion and rotation movement, EGM, IMG and INC showed agreement for movement occurring in the main axes (see relative differences in Table 2). These findings corroborate the results of Malmström et al. [17] and Gelalis et al. [18], who reported good concurrent validity for neck movement between non-portable inclinometers and three-dimensional analysis systems.

Regarding flexion/extension movement, small relative differences were observed between EGM and INC. However the differences between EGM-IMG and INC-IMG were higher than the limit set by the AMA [16]. These results disagree with both Malmström et al. [17] and Gelalis et al. [18], who observed "valid recordings of" (rather "concurrent validity for"?) neck flexion/extension movement (between non-portable inclinometers and three-dimensional analysis systems?). During flexion/extension movement, moreover, EGM and especially INC recorded a considerably higher range of motion for flexion/extension than IMG, and these movements had a low degree of coupling. The

dynamic component can have led to INC differences, but considering that the movements were slow, we don't believe that this alone accounts for these results. One contributing factor to the differences is that high ROM flexion/extension movements, which are restricted by EGM length, strained the adhesion between the EGM telescopic endblocks and both the cap and the seventh cervical vertebra. This strain may have caused changes in the relative orientation of the reflective markers on the head, the telescopic endblocks and/or the forehead inclinometer, as well as a corresponding effect on the upper back. Another factor is that differences in orientation between the plane through the three markers on the head, the upper back, the fixed EGM endblocks, and the inclinometer (after transformation to the coordinate system of the subject) also results in equipment differences. Presumably, however, the less-than-optimal conditions for recording flexion/extension were most responsible for the differences, as described in section 4.1 "Considerations about IMG recordings".

Regarding orthogonal axes of movement, INC presented good concurrent validity in relation to IMG during the performance of flexion/extension, lateral flexion and rotation movements according to AMA criteria [16]. EGM did not demonstrate concurrent validity in relation to IMG for either lateral flexion and rotation axes during flexion/extension movement or for the flexion/extension axis during rotation movement. In relation to INC, EGM showed concurrent validity for flexion/extension during lateral flexion movements, and for lateral flexion during rotation movements.

Circumduction was included to simulate the complex movement that may occur in occupational settings. For these movements the EGM-INC comparison showed lower relative differences than the limit set by AMA for flexion/extension axis, but not for lateral flexion axis. During circumduction movements, the differences between EGM and IMG exceeded the AMA criteria for all axes, and the INC-IMG difference exceeded the criteria for flexion/extension axis. However, both EGM and INC yielded higher flexion/extension values than IMG, and these values were very similar to those recorded for flexion/extension movement. Moreover, EGM and INC compared with IMG had very similar error characteristics at the individual level (Figures 3 and 4), as well as at the group level (Table 2). Thus, IMG most likely underestimated flexion/extension movement.

Another complicating factor is that the various representations of the data, i.e., the sequence of the Euler angles for IMG, the inherent characteristic of EGM presentation, and the projection of the inclination vector on the horizontal plane for INC, also may have contributed simultaneously to the observed differences.

#### **4.5 Strengths and shortcomings**

One strength of this study was the concurrent use and synchronization of the evaluated equipment. This procedure led to a direct, sample-by-sample comparison between the three evaluated systems and a basic understanding of the nature of their differences (as presented in Figures 3, 4 and 5) and enabled calculations of RMS differences. This evaluation method is an improvement compared to study designs that

use only range of movement to evaluate concurrent validity between systems [17,18]. For example, in circumduction the recorded mean range of motion for lateral flexion differed by only 1.5° between EGM and IMG, which might have been erroneously interpreted as reliable EGM data for the lateral flexion axis during combined movements. However, the sample-by-sample difference was 7.8°, corresponding to 19% of the ROM of the movement along this axis, which exceeded AMA guidelines for concurrent validity.

Another advantage is the use of a simultaneously recorded common reference position for the equipment. Thus, the zero degrees of flexion/extension, lateral flexion and rotation do not differ between the systems, and the calculations of the RMS differences are not inflated by any offset.

Moreover, we included circumduction, which involves simultaneous movement around all three axes. This movement is more representative than the others because it more closely corresponds to the combined movements that occur occupationally.

The main shortcomings are that the present application of EGM did not enable the subjects to fully flex and extend their necks during the flexion/extension and circumduction movements, and that the present IMG setup with only two cameras implied high flexion/extension angular errors.

#### 4.6 Conclusions

Electrogoniometers can be used in real situations and are capable of recording three-dimensional movement, but the extensive crosstalk found in EGM recordings as well as the physical restrictions imposed by their sensors indicate that their design should be improved to reduce errors to acceptable levels and allow for a full range of movement. Various methods of error and crosstalk compensation could be applied and evaluated. Moreover, these body mounted transducers are joint/movement-dependent and must be designed to fit the anatomical and kinesiological characteristics of each joint.

Inclinometers readings showed good concurrent validity for the main and orthogonal axes and can also be used to register neck movement in occupational settings, although only for flexion/extension and lateral flexion. The fact that rotation has been little documented in previous studies [19, Carnaz et al., 2010] does not necessarily mean that it is an unimportant body movement. In fact, its wide range of movement implies the opposite.

The video-based setup used in this study was able to record all neck movements. Nevertheless, it cannot be used for workplace recording, since precise video based systems operate within a restricted field and demand complex, undisturbed calibration. Due to the complex spatial arrangement of the equipment and the requirement that all markers be registered by at least two cameras, this method is limited to specific, laboratory-like settings and is thus almost impractical for the workplace or for activities of daily living. Moreover, the present IMG system using two cameras underestimated flexion/extension range of motion.

### Acknowledgements

This study was supported by grants from Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brazil (2008/51168-0; 2008/53995-1) and CNPq (301.772/2010-0), and in part also by the Swedish Council for Work Life and Social Research, AFA Insurance, Lund University Medical Faculty and the County Councils of Southern Sweden.

### References

1. Côté, P, van der Velde G, Cassidy D, Carroll L, Hogg-Johnson S, Holm LW, Carragee EJ, Haldeman S, Nordin M, Hurwitz EL, Guzman J, Peloso PM (2008) The Burden and Determinants of Neck Pain in Workers: Results of the Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine* 33: 560-574
2. Costa BR, Vieira ER (2010) Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review of Recent Longitudinal Studies. *Am J Ind Med* 53:285-323
3. Szeto GP, Straker LM, O'Sullivan PB (2005) A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-2: neck and shoulder kinematics. *Man Ther* 10: 281-291
4. Coury HJCG (1999) Postural recording. In: *Industrial and occupational ergonomics – users encyclopedia [CD-ROM]*. Cincinnati-OH, USA.
5. Chen J, Solinger A, Poncet J, Lantz C (1999) Meta-Analysis of Normative Cervical Motion. *Spine* 24:1571-1578
6. Castro WH, Sautmann A, Schilgen M, Sautmann M (2000) Noninvasive three-dimensional analysis of cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex. An experimental examination. *Spine* 25:443-449
7. Karduna A, McClure PW, Michener LA (2000) Scapular kinematics: effects of altering the Euler angle sequence of rotations. *J Biomech* 33:1063-1068



8. Hof AL, Koerhuis CL, Winters JC (2001) 'Coupled motions' in cervical spine rotation can be misleading. *Clin. Biomech* 16:455-458
9. Assink N, Bergman GJD, Knoester B, Winters JC, Dijkstra Pieter (2008) Assessment of the cervical range of motion over time, differences between results of the Flock of Birds and EDI-320: A comparison between and electromagnetic tracking system and an electronic inclinometer. *Man Ther* 13:450-455
10. Barros RML, Russomanno TG, Brenzikofer R, Figueroa PJ (2006) A method to synchronize video cameras using the audio band. *J Biomech* 39:776-780
11. Hansson G-Å, Balogh K, Ohlsson K, Rylander L, Skerfving S (1996) Goniometer measurement and computer analysis of wrist angles and movements applied to occupational repetitive work. *J. Electromyogr. Kinesiol* 6:23-35
12. Bogduk N, Mercer S (2000) Biomechanics of cervical spine.I: Normal kinematics. *Clin Biomech* 15:633-648
13. Straker L, Campbell A, Coleman J, Ciccarelli M, Dankaerts W (2010) In vivo laboratory validation of the physiometer: a measurement system for long-term recording of posture and movements in the workplace. *Ergonomics* 53:672-684
14. Levanjic PK, Norkin CC (2001) Joint structure and function. A comprehensive analysis. 3<sup>rd</sup> ed. F.A. Davis Company, Philadelphia
15. Hansson G-Å, Asterland P, Holmer, N-G, Skerfving S (2001) Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput* 39:405-413.
16. AMA (2005) American Medical Association Guides to the evaluation of permanent impairment. AMA, Chicago
17. Malmström EM, Karlberg M, Melander A, Magnusson M (2003) Zebris *Versus* Myrin: A comparative study between a three-dimensional ultrasound movement analysis and an inclinometer/compass method. *Spine* 28:E433-E440
18. Gelalis ID, DeFrate LE, Stafilas KS, Pacos EE, Kang JD, Gilbertson LG (2009) Three-dimensional analysis of cervical spine motion: reliability of a computer

assisted magnetic tracking device compared to inclinometer. Eur Spine J 18:276-281

19. Roozman P (1993) Examining motion in the cervical spine. J Biom Eng 15:5-12

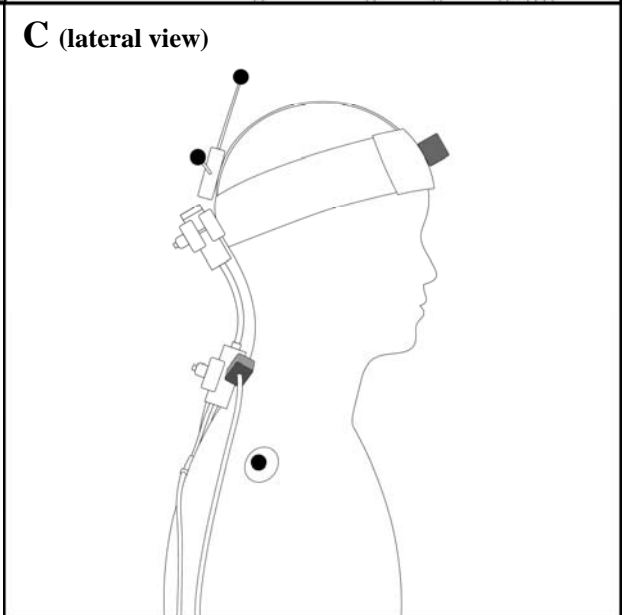
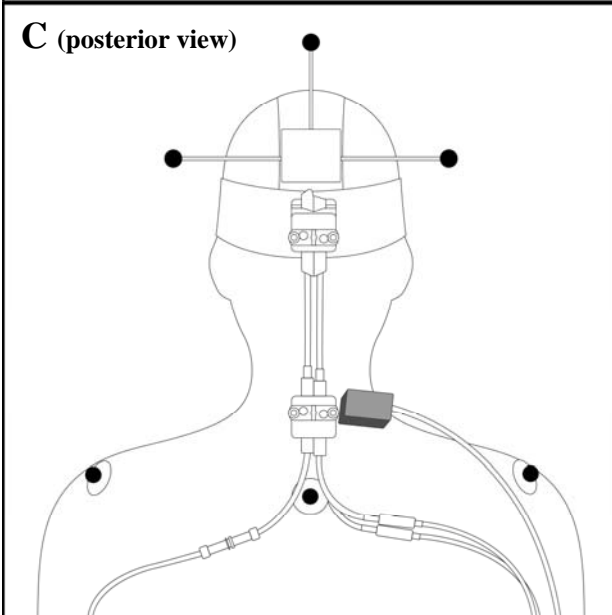
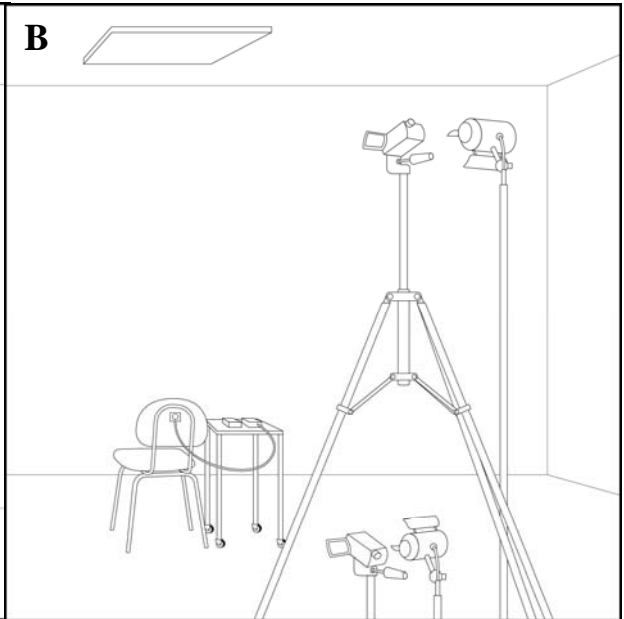
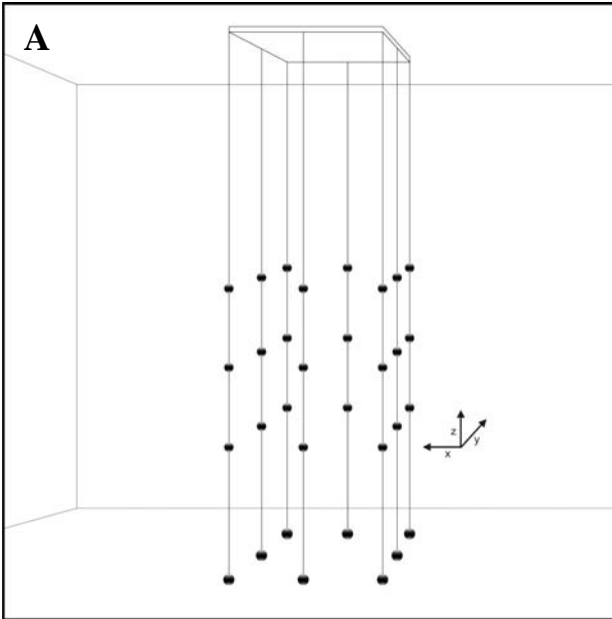
### Figure Captions

Figure 1. A) Global reference system used for the video system calibration procedure. Eight steel wires were attached to the ceiling. Three markers, and at the end a weight, were attached to each wire; B) Positioning of the video cameras and the spotlights at the data collection setting. The LED attached to the back of the chair and the cable connecting the LED to the electrogoniometer and inclinometer data loggers were used for the device synchronization; C) Attachment of reflective markers (highlighted in black), inclinometers (highlighted in grey) and goniometers on the head and upper back of the subjects.

Figure 2. Differences between EGM and IMG recordings for flexion/extension, lateral flexion and rotation for one subject performing flexion/extension, lateral flexion, rotation and circumduction movements of the neck. Positive angles denote forward flexion, lateral flexion to the left and rotation to the left.

Figure 3. Differences between INC and IMG recordings for flexion/extension and lateral flexion for one subject performing flexion/extension, lateral flexion, rotation and circumduction movements of the neck. Positive angles denote forward flexion, lateral flexion to the left and rotation to the left.

Figure 4. ... Differences between EGM and INC recordings for flexion/extension and lateral flexion for one subject performing flexion/extension, lateral flexion, rotation and circumduction movements of the neck. Positive angles denote forward flexion, lateral flexion to the left and rotation to the left.



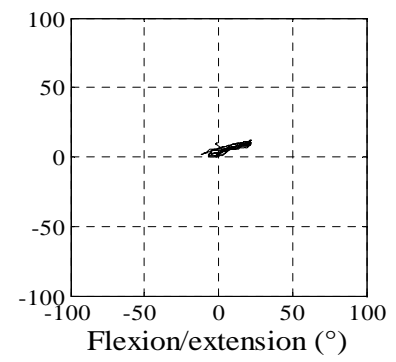
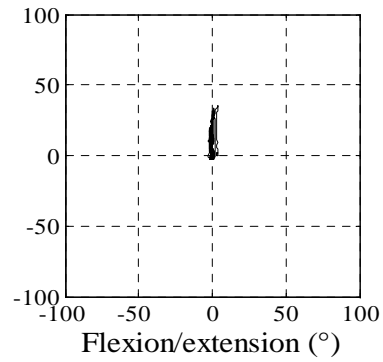
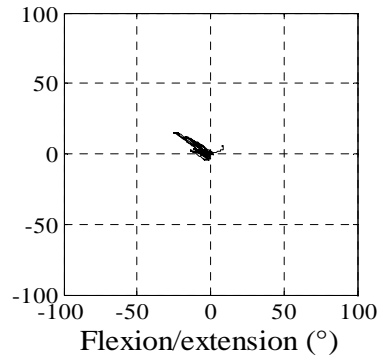
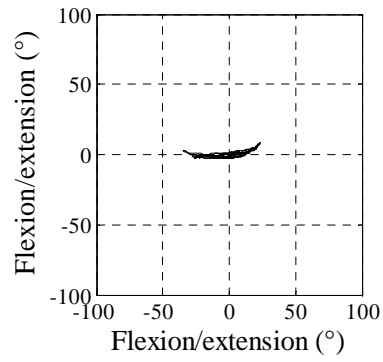
Movements

Flexion/extension

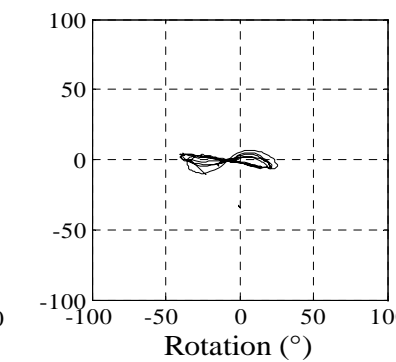
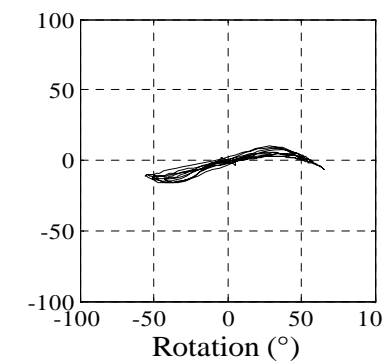
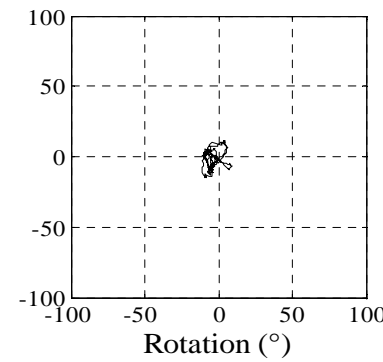
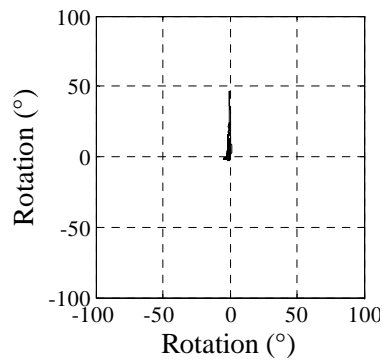
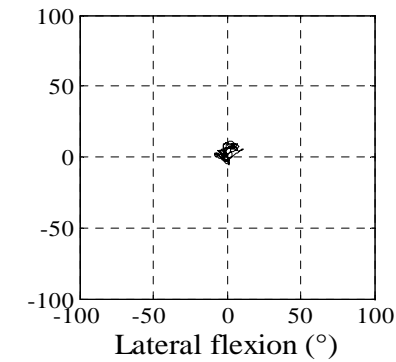
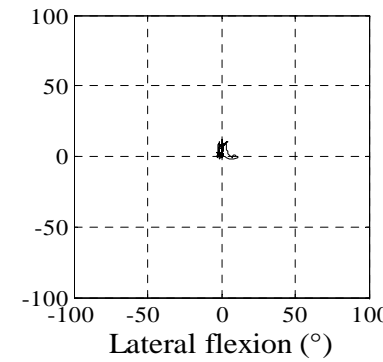
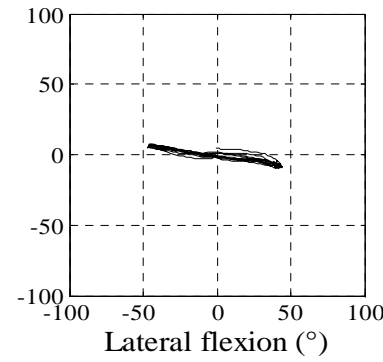
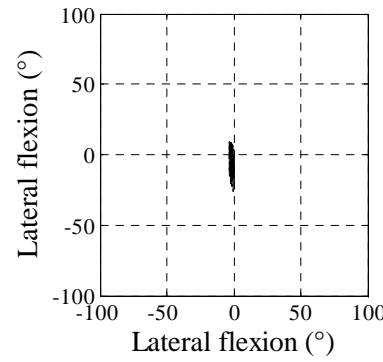
Lateral flexion

Rotation

Circumduction



Difference (EGM-IMG)



Video-based recordings

# Movements

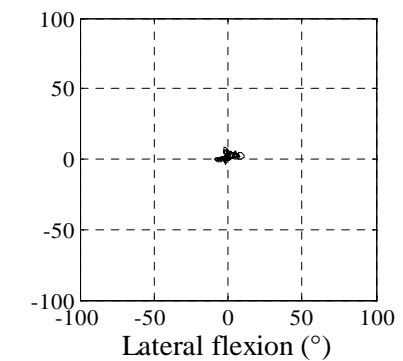
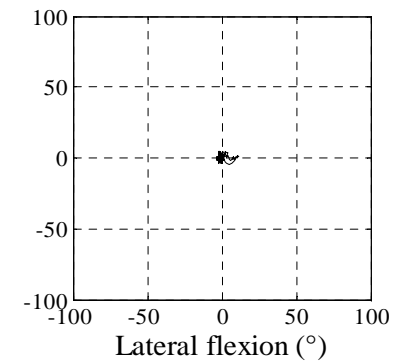
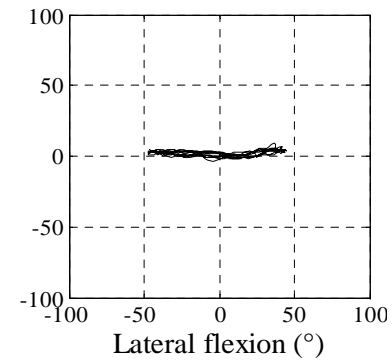
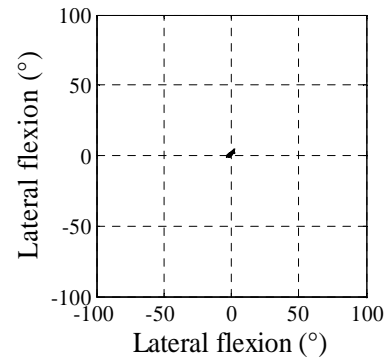
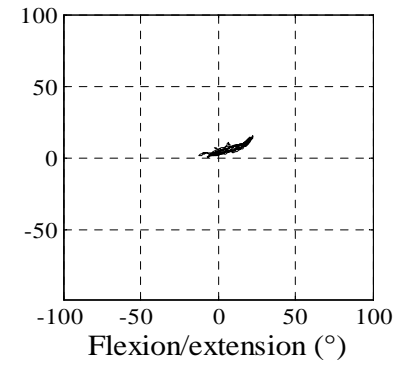
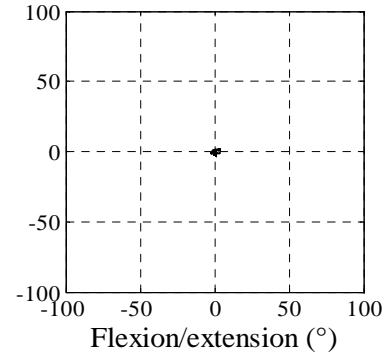
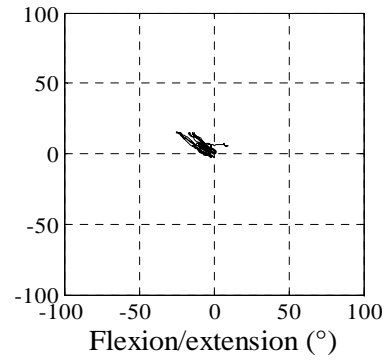
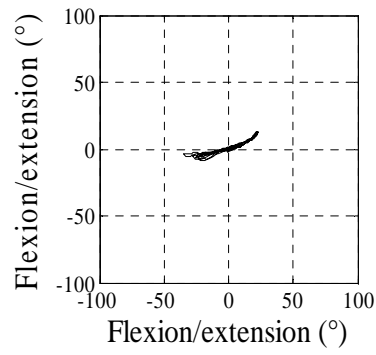
Flexion/extension

Lateral flexion

Rotation

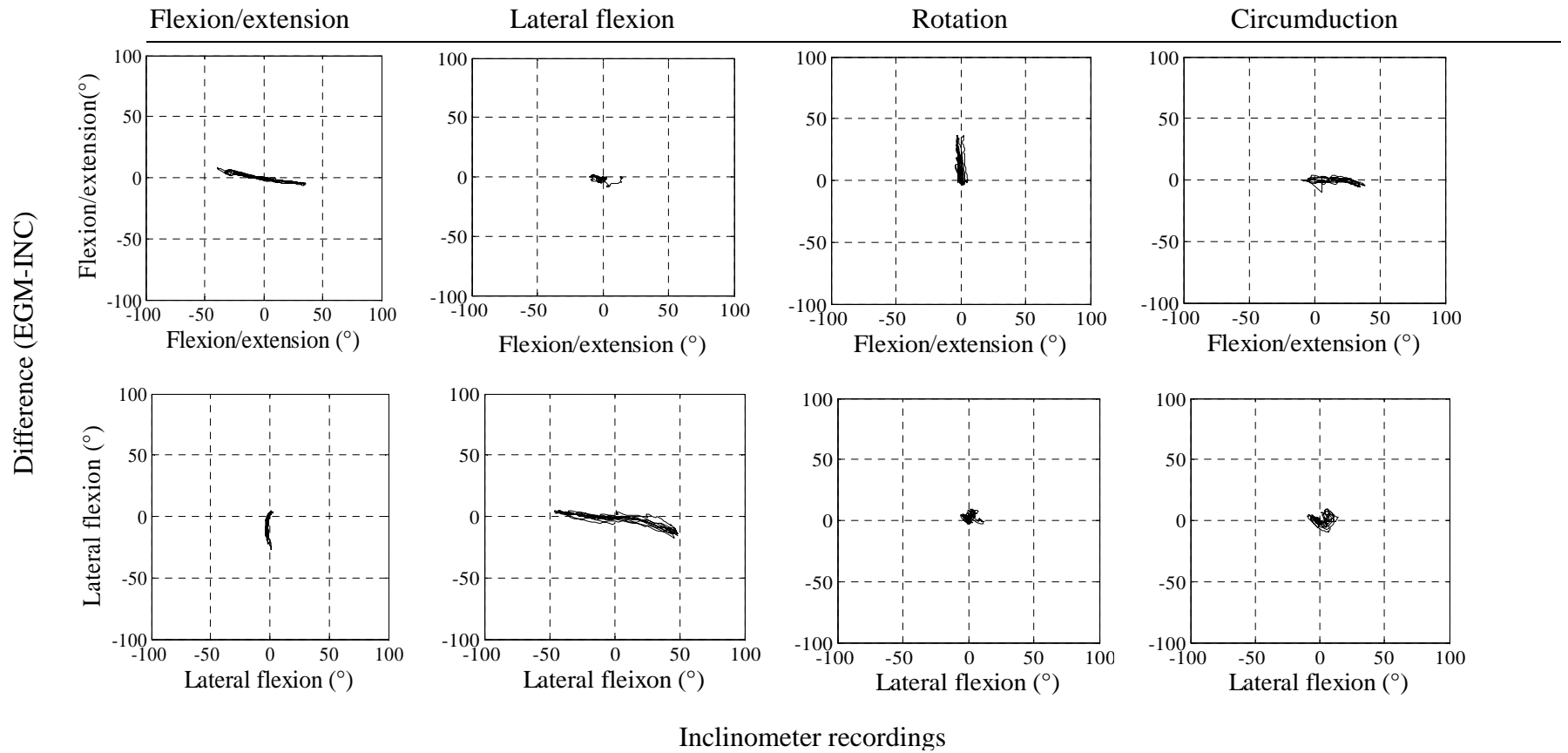
Circumduction

Difference (INC-IMG;°)



Video-based recordings

# Movements



## **ANEXO C**

Carnaz, L.; Moriguchi, C.S.; Moreira, R.F.C.; Coury, H.J.C. Patterns of Head, Upper Back And Upper Arm Movements in Practical Nurses With and Without Cervical Pain during Occupational Activity: A Cross-Sectional Study, Artigo submetido ao **International Journal of Nursing Studies**.

Manuscript Number:

Title: PATTERNS OF HEAD, UPPER BACK AND UPPER ARM MOVEMENTS IN PRACTICAL NURSES WITH AND WITHOUT CERVICAL PAIN DURING OCCUPATIONAL ACTIVITY: A CROSS-SECTIONAL STUDY

Article Type: Research Paper

Keywords: musculoskeletal diseases; neck pain; occupational health; posture; prevention; training

Corresponding Author: Professor Helenice Jane Cote Gil Coury, Ph.D.

Corresponding Author's Institution: Federal University of São Carlos

First Author: Letícia Carnaz, Master

Order of Authors: Letícia Carnaz, Master; Cristiane S Moriguchi, Master; Roberta C Moreira, Master; Helenice Jane Cote Gil Coury, Ph.D.

**Abstract:** Background: Cervical spine and shoulder pain is highly prevalent among nurses and is associated with, among other aspects, the adoption of awkward postures when performing occupational activities. The lack of consensus about whether symptomatic and asymptomatic individuals present different patterns of motor performance emphasizes the relevance of comparative measurements of postural risk among symptomatic and asymptomatic subjects. Thus, even though there is a known link between awkward postures and cervical and shoulder pain among nursing professionals, no studies have comparatively evaluated the postures of such professionals with and without musculoskeletal pain during work. Objective: To quantify the head, upper back and upper arm postures of practical nurses while performing their occupational activities and to verify if there are differences between the postures of workers with and without symptoms. Methods: Thirty practical nurses from an intensive care unit participated in the study. Subjects were classified as symptomatic or asymptomatic based on their answers to the Nordic Questionnaire and on a detailed standardized physical exam. Head, upper back and arm postures were measured using inclinometers (Logger Teknologi). The percentiles of posture and the time fraction spent in awkward postures were calculated. Repeated-measures ANOVA was applied to compare the differences between tasks. Symptomatic and asymptomatic subjects were compared using the t-test. Results: Most of the activities of practical nurses involve considerable postural risk for the head, upper back and upper arms. The postural risk varied among tasks: there was more exposure for the neck region when separating medication and keeping medical records. In general, workers with symptoms in the neck and upper arm region presented greater amplitude of movement and a higher fraction of time spent in awkward postures than asymptomatic workers, but with no significant difference between these two groups. Conclusions: The high postural exposure of the neck and arms experienced by practical nurses during their activities indicates that these professionals deserve attention. Ergonomic interventions and prevention programs intended to reduce risks for cervical spine, upper back and upper limbs are necessary.

Suggested Reviewers: Edgar R Vieira Ph.D.

Assistant Professor, College of Nursing and Health Sciences, Florida International University, USA  
EVieira@fiu.edu



Expertise and Research Interests: Studies in the causation and prevention of musculoskeletal disorders and injuries; - Risk assessments for low back pain in nurses and other occupations; - Risk assessments, intervention development and implementation to reduce patient falls and fall-related injuries in hospitals and long term care settings.

Catarina Nordander Ph.D.

Researcher-Head of the Ergonomics Group, Occupational and Environmental Health, University of Lund, Sweden

catarina.nordander@med.lu.se

Studies on physical workload and risks of musculoskeletal disorders among different jobs, including hospital workers.

Laura Punnett Sc.D.

Full Professor, Department of Work Environment, University of Massachusetts, USA

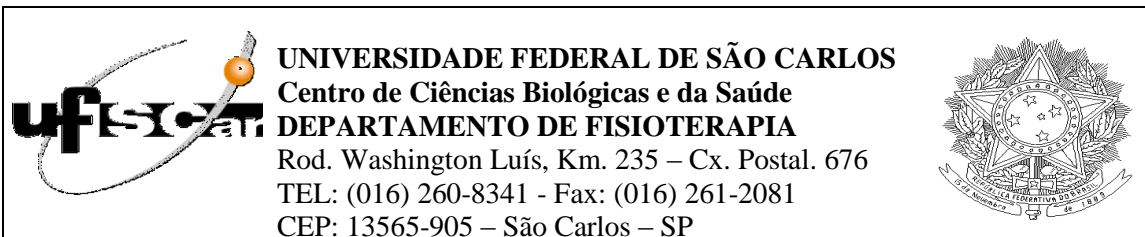
Laura\_Punnett@uml.edu

Research Background: - Epidemiology of work-related musculoskeletal disorders, which she has investigated in heavy and light manufacturing, clerical work, construction, and health care;

- Effectiveness of workplace health and safety programs;

- Role of working conditions in gender differences and socioeconomic gradients in health.

Opposed Reviewers:



Professor Ian Norman  
International Journal of Nursing Studies - Editor

Dear Professor Ian Norman,

RE: Submission of the Manuscript: “PATTERNS OF HEAD, UPPER BACK AND UPPER ARM MOVEMENTS IN PRACTICAL NURSES WITH AND WITHOUT CERVICAL PAIN DURING OCCUPATIONAL ACTIVITY: A CROSS-SECTIONAL STUDY”

We the undersigned declare that this manuscript is original, has not been published before and is not currently being considered for publication elsewhere.

We wish to confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no financial support for this work that could have influenced its outcome.

We confirm that the manuscript has been read and approved by all named authors and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. We further confirm that the order of authors listed in the manuscript has been approved by all of us. The contributions of each author are described below:

Letícia Carnaz- study design, data collection, data analysis, interpretation e discussion of the results and, manuscript writing and critical revising.

Cristiane Shinihara Moriguchi- data collection and data analysis, manuscript critical revising.

Roberta de Fátima Carreira Moreira- data collection and data analysis, manuscript critical revising.

Helenice Jane Cote Gil Coury- study design, interpretation and discussion of the results and, manuscript writing and critical revising.

We confirm that we have given due consideration to the protection of intellectual property associated with this work and that there are no impediments to publication, including the timing of publication, with respect to intellectual property. In so doing we confirm that we have followed the regulations of our institutions concerning intellectual property.

We further confirm that any aspect of the work covered in this manuscript that has involved human has been conducted with the ethical approval of all relevant bodies and that such approvals are acknowledged within the manuscript.

We understand that the Corresponding Author is the sole contact for the Editorial process (including Editorial Manager and direct communications with the office). She is responsible for communicating with the other authors about progress, submissions of revisions and final approval of proofs. We confirm that we have provided a current, correct email address which is accessible by the Corresponding Author and which has been configured to accept email from the International Journal of Nursing Studies.

We thank you for your attention,

Signed by all authors as follows:

Sincerely yours:

Corresponding author  
Dr. Helenice Jane Cote Gil Coury  
Professor of Physical Therapy  
Universidade Federal de São Carlos  
Departamento de Fisioterapia  
Via Washington Luís, Km 235- Caixa Postal 676  
CEP 13565-905 São Carlos-SP

Tel:+55(16) 3351-8634 Fax: +55(16) 3351-2081

E-mail: [helenice@ufscar.br](mailto:helenice@ufscar.br)

On behalf of: Letícia Carnaz, Cristiane Shinohara Moriguchi e Roberta de Fátima Carreira Moreira.

**IJNS AUTHOR CHECKLIST *Authors of all papers should submit this checklist together with their manuscript.***

*Part 1* identifies basic requirements for the manuscript submission (*mandatory for all submissions*)

*Part 2* identifies recognized guidelines for scientific reporting, which you should use to prepare your manuscript (*required for systematic reviews and original research*)

*Part 3* is a self assessment checklist that is designed to help to ensure that your research or review manuscript meets basic standards and the journal's Guide for Authors. (*optional only*)

<b>PART 1 Basic requirements</b>	<b>Author response or further detail</b>	<b>Tick</b>
Word count	6317 words.	
Was ethical approval given and by whom? (give any reference number)	The study was approved by the University Human Research Ethics Committee (Process 1080.0.000.135-10).	
Please state any conflicts of interest	There is no conflict of interest.	
Please state sources of funding and the role of funders in the conduct of the research	This study was partially supported by FAPESP (Process number 2008/51168-0) and CNPq (Process number 301.772/2010-0). Funders have only financially supported the research, without any interference in the study.	
Please state any study registry number (e.g. ISRCTN)	Not applicable.	
Title	The title is in the format 'Topic / question: design/type of paper' and identifies the population / care setting studied. Yes. PATTERNS OF HEAD, UPPER BACK AND UPPER ARM MOVEMENTS IN PRACTICAL NURSES WITH AND WITHOUT CERVICAL PAIN DURING OCCUPATIONAL ACTIVITY: A CROSS-SECTIONAL STUDY	
Abstract	A structured abstract appropriate to the design was provided.	
Key words	The following MeSH were provided: musculoskeletal diseases; neck pain; occupational health; posture; prevention; training	
What the paper adds	Bullet points have been included that identify existing research knowledge relating to the specific research question / topic (what is already known) and a summary of the new knowledge added by this study (see <i>Guide for Authors</i> , does not apply to editorials or commentaries): Yes.	
References	Citations accord to the journal's format (Author, date) and reference list includes full details of all cited references in the proper format and alphabetical order (see <i>Guide for Authors</i> ): Yes	
Other Published accounts	All published and in press accounts of the study from which data in this paper originate are referred to in the paper and the relationship between this and other publications from the same study is made clear (see <i>Guide for Authors</i> ).  <i>This study is original. It is not a part of a major study, it is the study itself.</i>	

International Journal of Nursing Studies: Author Checklist 2008 V2.1.

	<p><i>The IJNS is the first submission of this manuscript. This manuscript was not submitted to another journal previously.</i></p>	
	<p>The study is referred to by a distinctive name which will be used in any future publications to identify that it as the same study. Yes.</p>	
	<p>Please upload copies of all previous, current and under review publications from this study and / or give full details below</p> <p><i>The IJNS is the first submission of this manuscript. This manuscript was not submitted to any other journal previously.</i></p>	

<b>PART 2 Standards of reporting</b>	The editors require that manuscripts adhere to recognized reporting guidelines relevant to the research design used. These identify matters that should be addressed in your paper. Please indicate which guidelines you have referred to.  These are not quality assessment frameworks and your study need not meet all the criteria implied in the reporting guideline to be worthy of publication in the IJNS. The checklists do identify essential matters that should be considered and reported upon. For example, a controlled trial may or may not be blinded but it is important that the paper identifies whether or not participants, clinicians and outcome assessors were aware of treatment assignments.  You are encouraged (although not required) to submit a checklist from the appropriate reporting guideline together with your paper as a guide to the editors and reviewers of your paper.  <i>Reporting guidelines endorsed by the IJNS are listed below:</i>	Guideline referred to	Checklist submitted**
Observational cohort, case control and cross sectional studies	STROBE <b>S</b> trengthening the <b>R</b> eporting of <b>O</b> bservational Studies in <b>E</b> pidemiology <a href="http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032">http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032</a>	X	
Quasi experimental / non-randomized evaluations	TREND - Transparent Reporting of Evaluations with Non-randomized Designs <a href="http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032">http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032</a>		
Randomised (and quasi-randomised) controlled trial	CONSORT – Consolidated Standards of Reporting Trials <a href="http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032">http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032</a>		
Study of Diagnostic accuracy / assessment scale	STARD Standards for the Reporting of Diagnostic Accuracy studies <a href="http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032">http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032</a>		
Systematic Review of Controlled Trials	PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses <a href="http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032">http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032</a>		
Systematic Review of Observational Studies	MOOSE Meta-analysis of Observational Studies in Epidemiology <a href="http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032">http://www.equator-network.org/index.aspx?o=1032</a>		
	<i>Qualitative researchers might wish to consult the guideline listed below</i>		
Qualitative studies	COREQ: Consolidated criteria for reporting qualitative research Tong, A., Sainsbury, P., Craig, J., 2007. Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): a 32-item checklist for interviews and focus groups. <i>International Journal for Quality in Health Care</i> 19 (6), 349-357. ( <a href="http://dx.doi.org/10.1093/intqhc/mzm042">http://dx.doi.org/10.1093/intqhc/mzm042</a> )		
Other (please give source)			
Not applicable (please elaborate)			

<b>PART 3</b>	<b>Part 3 Self-assessment checklist for research and reviews (optional)</b>	
	You might like to review the content of your paper before submission to ensure that the essential elements are present. We do not intend that this checklist should dictate sub headings that you must use (although you might find it useful) but rather give a guide to content and issues that should (in general) always be considered. You might find it helpful to note the page number where some of the key issues are dealt with to assist reviewers	

<b>Section</b>	<b>Descriptor</b>	<b>TICK</b>
<b>a) Primary research only</b>		
Background	A statement of the problem / phenomena of interest, a brief summary of existing research which addresses the topic and an explanation of the purpose of the current study / review in relation to this.	
<b>METHODS</b>	Clear statement of the aims, objectives (hypothesis) and research design	
Settings	The settings and locations where the study took place	
Inclusion Criteria	Eligibility criteria for participants – inclusion and exclusion criteria	
Sampling	Method of sampling and if relevant allocation to groups (e.g. convenience, random) and <i>description</i> of sampling, recruitment and allocation procedures .	
Sample size	How sample size was determined.	
Outcomes and data collection procedures	Clearly defined primary and secondary outcome measures (when applicable), Setting and methods of data collection and methods used to enhance the quality of data collection (e.g., multiple observations, training of assessors).	
Analysis Methods	Statistical methods used / approaches to qualitative analysis including procedures to ensure accuracy / validity / truthfulness of accounts.	
Ethical review*	Details of ethical scrutiny / approvals obtained.	
<b>RESULTS</b> Participant flow	Flow of participants through each stage of selection, allocation, follow up / inclusion in analysis (a diagram is strongly recommended). Describe protocol deviations from study as planned, together with reasons.	
Recruitment	Dates defining the periods of recruitment and follow-up.	
Baseline data	Baseline demographic and clinical characteristics of each group.	
Results	Point estimates, exact p-values and confidence intervals for quantitative studies. Qualitative analyses are supported by appropriate quotations which support the derived themes / categories and which are anonymously attributed to participants (using pseudonyms, numbers or equivalent)	
<b>DISCUSSION</b>	Brief recapitulation / summary of the results taking into account study hypotheses / aims	
Interpretation	Interpretation of the results, taking into account study limitations	
Overall evidence	Assessment of the current state of knowledge in the context of study results and other evidence.	
Implications	Consideration of the implications of the current state of knowledge for further research and or practice	

<b>PART 3</b>	<b>Self-assessment checklist for research and reviews*</b>	
<b>Section</b>	<b>Descriptor</b>	<b>TICK</b>
<b>b) Reviews only</b>		
Background	A statement of the problem / phenomena of interest, a brief summary of existing research which addresses the topic and an explanation of the purpose of the current study / review in relation to this.	
<b>METHODS</b>	Explicit statement of the scope of the review and its aims and objectives	
Search strategy	Description of search strategy, including time period and limits applied, keywords and index terms, citation searching, databases and registries searched. Search software used, including special features used (eg, explosion) <input type="checkbox"/> Use of hand searching (eg, reference lists of obtained articles) <input type="checkbox"/> Description of search results justification for exclusions <input type="checkbox"/> Method of handling articles published in languages other than English <input type="checkbox"/> Method of handling abstracts and unpublished studies <input type="checkbox"/> Description of any contact with authors <input type="checkbox"/> Effort to include all available studies, including contact with author	
Study Selection	Types of study designs / papers considered Selection criteria Assessment of study quality Documentation of how data were classified and coded (eg, multiple raters, blinding, and inter-rater reliability)	
Synthesis	Approach to synthesising evidence	
<b>Results</b>	Flow chart of studies from search to inclusion (number identified from search, selected for scrutiny, included in review, included in meta-analysis)	
*	Descriptive information for each included study (eg, setting, participant characteristics, sample size, methods, interventions / procedures, follow-up period) – a table is encouraged	
*	A summary of individual study results (including point estimates, confidence intervals and p values where relevant / available) and if relevant an overall estimate	
	Results of sensitivity testing (eg, subgroup analysis)	
<b>DISCUSSION</b>	Brief recapitulation / summary of the results taking into account study hypotheses / aims	
Interpretation	Interpretation of the results, taking into account study limitations	
Overall evidence	Assessment of the current state of knowledge in the context of study results and other evidence.	
Implications	Consideration of the implications of the current state of knowledge for further research and or practice	



PATTERNS OF HEAD, UPPER BACK AND UPPER ARM MOVEMENTS IN PRACTICAL  
NURSES WITH AND WITHOUT CERVICAL PAIN DURING OCCUPATIONAL ACTIVITY: A  
CROSS-SECTIONAL STUDY

Letícia Carnaz<sup>a</sup> M.Sc, Cristiane Shinohara Moriguchi<sup>a</sup> M.Sc, Roberta de Fátima Carreira  
Moreira<sup>a</sup> MSc, Helenice Jane Cote Gil Coury<sup>a,\*</sup> PhD.

<sup>a</sup> Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos, Washington Luís Rod  
Km235, 13565-905 São Carlos, SP, Brazil

\*Corresponding author:

Dr. Helenice Jane Cote Gil Coury

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Via Washington Luís, Km 235- Caixa Postal 676

CEP 13565-905 São Carlos-SP

[Tel:+55 \(16\) 3351-8634](tel:+55(16)3351-8634)

E-mail: [helenice@power.ufscar.br](mailto:helenice@power.ufscar.br)

#### Acknowledgments

To Dr. Gert-Åke Hansson, from Lund University for making available the software used  
in the data analysis.

**What is already known about the topic?**

- There is a high prevalence of neck and shoulder pain among nursing professionals;
- Previous studies present conflicting results when subjects with and without symptoms are compared;
- No studies were identified that comparatively evaluated the posture of neck, upper back and arms nursing professionals with and without musculoskeletal pain during work.

**What this paper adds**

- Practical nurses showed high postural exposure for the head, upper back and arms during the most of work tasks;
- Preparing medicine and materials and writing in medical record keeping were the tasks associated with the highest postural risk for the head. Therefore, these work stations should be ergonomically redesigned;
- Greater movement amplitudes and more time spent in awkward postures occurred among symptomatic workers, but there were no statistically significant differences between these two groups. Further prospective studies would clarify if these movement patterns are cause or consequences of the symptoms.

## ABSTRACT

**Background:** Cervical spine and shoulder pain is highly prevalent among nurses and is associated with, among other aspects, the adoption of awkward postures when performing occupational activities. The lack of consensus about whether symptomatic and asymptomatic individuals present different patterns of motor performance emphasizes the relevance of comparative measurements of postural risk among symptomatic and asymptomatic subjects. Thus, even though there is a known link between awkward postures and cervical and shoulder pain among nursing professionals, no studies have comparatively evaluated the postures of such professionals with and without musculoskeletal pain during work. **Objective:** To quantify the head, upper back and upper arm postures of practical nurses while performing their occupational activities and to verify if there are differences between the postures of workers with and without symptoms. **Methods:** Thirty practical nurses from an intensive care unit participated in the study. Subjects were classified as symptomatic or asymptomatic based on their answers to the Nordic Questionnaire and on a detailed standardized physical exam. Head, upper back and arm postures were measured using inclinometers (Logger Teknologi). The percentiles of posture and the time fraction spent in awkward postures were calculated. Repeated-measures ANOVA was applied to compare the differences between tasks. Symptomatic and asymptomatic subjects were compared using the *t*-test. **Results:** Most of the activities of practical nurses involve considerable postural risk for the head, upper back and upper arms. The postural risk varied among tasks: there was more exposure for the neck region when separating medication and keeping medical records. In general, workers with symptoms in the neck and upper arm region presented greater amplitude of movement and a higher fraction of time spent in awkward postures than asymptomatic workers, but with no significant difference between these two groups. **Conclusions:** The high postural exposure of the neck and arms experienced by practical nurses during their activities indicates that these professionals deserve attention. Ergonomic interventions and prevention programs intended to reduce risks for cervical spine, upper back and upper limbs are necessary.

**Keywords:** musculoskeletal diseases; neck pain; occupational health; posture; prevention; training

## INTRODUCTION

Musculoskeletal diseases are highly prevalent among nursing professionals in several countries and represent one of the main health problems of this population (Bos et al., 2007; Menzel, 2008; Vieira et al. 2006). Work-related lumbar pain is the most frequent complaint, with prevalence rates varying between 30 and 60%, followed by cervical spine pain and shoulder pain, with prevalence varying between 28-48% and 43-59%, respectively (Bos et al., 2007; Gurgueira et al., 2003; Lagerstrom et al. 1995). According to the American Nurses Association, some of the consequences of musculoskeletal diseases are high levels of absenteeism and sick days, the development of chronic pain and career change (Pompeii, 2009).

The high prevalence of musculoskeletal diseases among nursing professionals is associated with, among other aspects, high physical strain. Among physical risk factors, extreme postures have presented a strong association with the development of neck and shoulder musculoskeletal injuries (Bernard, 1997; Costa and Vieira, 2010). This relation indicates the need to quantify and evaluate these postures during work (Coury, 1999). Portable equipment, such as inclinometers, has been used for registering head, trunk and upper arm posture. Initial assessments of this equipment suggest that it offers precise and reliable measurements (Hansson et al., 2001; Hansson et al., 2004) and can register movement for long periods of activity.

Through the comparative measurement of posture exposure at work, it is possible to evaluate whether individuals with musculoskeletal pain present particular motor performance patterns that could explain the occurrence of symptoms. Nevertheless, the results of studies that have compared the performance of symptomatic and asymptomatic subjects in repetitive and sedentary activities are conflicting. Madeleine et al. (1999, 2003) evaluated office workers performing simulated activities with electromyography and image registration and found differences in some kinetic and kinematic parameters of symptomatic and asymptomatic subjects. On the other hand, Vasseljen and Westgaard (1997), Åkesson et al. (1997) and Arvidsson et al. (2008) evaluated office workers, dentists and air traffic controllers, respectively, and found no statistically significant differences in head, upper back or upper arm posture between symptomatic and asymptomatic subjects.

1  
2  
3 In spite of the known association between awkward postures, the development of  
4 musculoskeletal injury and the high prevalence of cervical spine and shoulder pain among nursing  
5 professionals, we found no studies that comparatively evaluated the posture of nursing workers with  
6 and without musculoskeletal pain during work. Therefore, the objective of this study was to quantify  
7 the postures of the head, upper back and arms using inclinometers and to verify if there are  
8 differences between the postures of symptomatic and asymptomatic practical nurses while they  
9 perform their occupational activities.  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16

## 20 21 **2. METHODS**

### 24 **2.1 Subjects**

26  
27 All of the employees from a regional philanthropic hospital's intensive care unit (N= 42 subjects)  
28 were invited to participate in the study. A total of 35 employees agreed to answer the questionnaire,  
29 perform the physical exam, and have their head, upper back and arm postures recorded with  
30 inclinometers. Among the 35 subjects evaluated, five were excluded after the posture recordings  
31 because they performed administrative duties for most of the work shift and only assisted in brief  
32 patient care tasks, a routine that differed from that of the rest of the practical nurses.  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39

40 The sample, therefore, included 30 practical nurses (71% of the total), 22 women (age:  $36.8 \pm 9.9$   
41 years; weight:  $74.2 \pm 15.2$  kg; height:  $163 \pm 6$  cm; time working in the area:  $7.4 \pm 7.9$  years) and 8 men  
42 (age:  $33.0 \pm 10.6$  years; weight:  $81.5 \pm 20.7$  kg; height:  $170 \pm 5$  cm; time working in the area:  $2.7 \pm 2.5$   
43 years). All subjects were right-handed and had at least six months of professional experience.  
44  
45  
46  
47  
48

49 All participants were informed about the procedures of the study and gave their written consent.  
50 The study was approved by the University Human Research Ethics Committee (Process  
51 1080.0.000.135-10).  
52  
53  
54  
55

### 56 **2.2 Procedures**

#### 58 59 **1.2.1 Symptom Identification and Physical Exam**

60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 All subjects answered the Nordic Questionnaire (Barros e Alexandre, 2003) about neck, upper  
4 back and shoulder complaints in the last 7 days and 12 months. The frequency of complaints was  
5 also rated: never, rarely, sometimes, frequently, and very frequently (Holmstrom and Moritz, 1991).  
6  
7  
8  
9

10 Two trained physiotherapists evaluated all subjects according to the physical exam protocol  
11 proposed by Ohlsson et al. (1994), which enables the professional to establish a diagnosis based on  
12 predefined symptoms and clinical findings. Findings regarding neck and shoulders were graded as  
13 either present=1 or absent=0, with a total possible score of 105 points for each subject. The possible  
14 diagnoses in this study were: tension neck syndrome, cervical syndrome, thoracic outlet syndrome,  
15 frozen shoulder, supraspinatus tendinitis, infraspinatus tendinitis, bicipital tendinitis, and  
16 acromioclavicular syndrome.  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24

25 The separation of individuals as symptomatic or asymptomatic was based on the classification  
26 proposed by Arvidsson et al. (2008). Thus, subjects were considered symptomatic when they reported  
27 “frequent” or “very frequent” complaints during the last 12 months, presented a specific shoulder/neck  
28 diagnosis or scored at least 11 points on the physical exam. Workers were considered asymptomatic  
29 if they responded “never” or “rarely” for symptoms in the last 12 months, did not present any  
30 shoulder/neck diagnosis or scored less than 4 on the physical exam.  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37

38 Symptomatic (S) and asymptomatic (A) individuals presented similar characteristics concerning  
39 possible intervening variables such as age (S=34.9±8.6 years; A=36.7±11.6 years), height (S=164±7  
40 cm; A=163±6 cm), time of professional experience (S=6.8±7.7 years; A=7.3±7.7 years) and gender  
41 (S=11 women and 4 men; A=11 women and 4 men). Regarding the results of the physical exam,  
42 symptomatic subjects presented nine diagnoses (7 from 15 symptomatic subjects presented at least 1  
43 clinical diagnosis) and a mean score of 16.5 points for clinical findings while asymptomatic individuals  
44 presented no clinical diagnoses and had a mean score of 2.8 points on their physical exam.  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52

### 53 **2.2.2 Movement and posture recording**

54  
55

56 Four inclinometers based on tri-axial accelerometers and one acquisition unit (Logger Teknologi  
57 HB, Åkarp, Sweden) were used to register posture and head, upper back, and left and right arm  
58 movements. The acquisition rate used was 20Hz. Inclinometers were attached to the forehead, the  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 right of the cervical-thoracic spine at the C7-T1 level and bilaterally under the deltoid muscle insertion  
4  
5 in conjunction with a plastic plate (Hansson et al., 2001; Hansson et al., 2006). The inclinometers were  
6  
7 connected to the acquisition unit and the reference position and movement direction were registered.  
8  
9 For the upper limbs, the established reference position was beside the subject's seated body,  
10  
11 perpendicular to the ground and holding a 2 kg weight. The reference position established for the head  
12  
13 and upper back was standing and looking straight ahead. Upper limb inclinometers direction was  
14  
15 obtained with 90° arm elevation in the scapular plane. The front of the head and upper back  
16  
17 inclinometer direction was determined with the subject was seating with a flexed neck and back  
18  
19 (Hansson et al., 2006).  
20  
21

22 The movements of each practical nurse were registered for a mean of six regular work shift hours.  
23  
24 A trained physiotherapist monitored the practical nurses during the measurements and wrote detailed  
25  
26 information about the beginning and the end of the different tasks and the intervals.  
27  
28

### 29 **1.3 Identification of the tasks**

30  
31

32 Tasks were identified by the trained physiotherapist who monitored the practical nurses during  
33  
34 the work shift. The opinion of the practical nurses themselves and the Ergonomics Guide for Patient  
35  
36 Care: Safe Patient Movement and Handling (Ergonomics Technical Advisory Group, 2001) were also  
37  
38 used to separate and describe the tasks.  
39  
40

41 The nine identified tasks, including their mean duration in minutes in parenthesis, are described  
42  
43 below:  
44  
45

46 - Task 1 (Separating materials and medications): Separating and preparing medication and  
47  
48 materials used for bathing and feeding patients at a counter inside the sector (56 minutes);  
49  
50

51 -Task 2 (Medical record keeping): Writing which procedures were performed during patient  
52  
53 care in the medical records. The practical nurse performed this activity either seated in a chair with  
54  
55 his/her arms resting on a desk or standing (41 minutes);  
56  
57

58 -Task 3 (General patient care): General patient care activities including checking vital signs,  
59  
60 injecting medication, performing venipuncture, feeding, etc. (67 minutes);  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 -Task 4 (Patient handling): Handling the patient during transfer between stretchers or from a  
4  
5 stretcher to a wheelchair and vice-versa, changing the patient's position in bed, etc. (21 minutes);  
6

7  
8 -Task 5 (Bathing and linen changing): Undressing and dressing the patient, bathing the patient  
9  
10 either in the shower or in bed and changing the bed-linens (15 minutes);  
11

12  
13 -Task 6 (Cleaning materials): Cleaning beds, heart monitors and other materials used in the  
14  
15 intensive care unit (35 minutes);  
16

17  
18 -Task 7 (Communicating): Communicating with colleagues and superiors to clarify procedures  
19  
20 and discuss patient treatment (4 minutes);  
21

22  
23 -Task 8 (Self-care): Self-care activities including washing hands, putting on aprons and gloves for  
24  
25 procedures, etc. (22 minutes);  
26

27  
28 - Task 9 (Moving): Time spent moving within the hospital (12 minutes)  
29

### 30 31 **2.3 Data analysis**

32  
33 The results were described by means of the mean and confidence interval of the percentiles of  
34  
35 posture and the fraction of time spent in the pre-established posture. For upper limb elevation angles,  
36  
37 the 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles and the fraction of time spent above 30°, 60° and 90° were  
38  
39 calculated. Head and upper back flexion-extension angles were obtained for the 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup>  
40  
41 percentiles and for the fraction of time spent above 15°, 30° and 45°. Positive values express flexion,  
42  
43 and negative values express the extension of the head or upper back; thus the 10<sup>th</sup> percentile is an  
44  
45 extension measurement and the 90<sup>th</sup> percentile is a flexion measurement.  
46

47  
48 All calculations were performed with SPSS v11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). For  
49  
50 comparison between tasks, the mean and confidence intervals were calculated for each of the nine  
51  
52 activities evaluated. Tasks were compared using repeated-measures ANOVA. In cases where the test  
53  
54 identified significant differences ( $p < 0.05$ ), Tukey's post hoc test was carried out. Besides statistically  
55  
56 significant differences between tasks ( $p < 0.05$ ), we established that an intertask confidence interval  
57  
58 indicating a difference in movement amplitude of at least 10% for the evaluated region would be  
59  
60 clinically relevant. This cutoff point was established according to American Medical Society guidelines  
61  
62  
63  
64  
65



1  
2  
3 (AMA, 2005), which state that there is clinical relevance between groups or treatments or effects when  
4 movement amplitude differences are greater than 10% for the range of the evaluated joint.  
5  
6

7  
8 Limits for the head, upper back and arms were defined according to the maximal movement  
9 amplitude in each region during all tasks performed. Thus, the limits defined in this study were 8.7° for  
10 the head, 7.1° for the upper back, and 10.9° for the arms.  
11  
12

13  
14 Likewise, the differences between the fractions of time spent in pre-established postures were  
15 considered relevant when a fraction represented at least 10% of the difference between the tasks  
16 evaluated according to the confidence interval.  
17  
18

19  
20 In order to compare symptomatic and asymptomatic individuals, posture exposure records were  
21 analyzed jointly for all tasks, i.e., not considering the different activities. Thus, the posture percentiles  
22 and fractions of time spent in pre-established postures were calculated considering all records. A *t*-test  
23 for independent samples ( $p < 0.05$ ) was applied to each posture percentile and fraction of time spent in  
24 pre-established postures to compare individuals with and without symptoms. The same limits applied  
25 to the task comparison were also applied to the comparison of results between symptomatic and  
26 asymptomatic workers.  
27  
28

29  
30 Only the statistically significant and clinically relevant confidence intervals were presented the  
31 figures.. When only statistically significant differences occurred between tasks or groups were not  
32 considered.  
33  
34

### 35 36 37 38 39 40 41 42 **3. RESULTS**

#### 43 44 45 Comparison between tasks

##### 46 47 48 *Head and Upper Back*

49  
50  
51 Large head movement amplitudes were observed in all evaluated tasks, with flexion  
52 amplitudes varying from 36° to 52° at the 90<sup>th</sup> percentile (Figure 1). Differences between tasks were  
53 evident when the 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles were observed. At the 50<sup>th</sup> percentile, the mean of flexion  
54 amplitudes for activities 1 and 2 was 33% higher than activities 3, 4, 5 and 6 and 118% higher than  
55 activities 7, 8 and 9. There was a statistically significant difference between activities 1 and 2 and  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 activities 7 and 9 and these differences were at least 9° according to the lower limit of the confidence  
4 interval. The intertask difference at the 50<sup>th</sup> percentile was the same as at the 90<sup>th</sup> percentile, that is,  
5 tasks 1 and 2 (separating materials and medications and medical record keeping) involved greater  
6 flexion amplitude than the other tasks; however, the percentage of intertask differences was lower.  
7 Task 7 presented the lowest movement amplitude (communication between employees and  
8 superiors).  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15

16 Similar to the percentile results, tasks 1 and 2 involved the greatest mean time spent in high-  
17 risk head postures among all tasks and in all conditions (>15°, >30°, >45°). The fraction of time spent  
18 in head flexion greater than 15° in each task differed greatly (42% for task 7 and 73% for task 2) and  
19 there was a statistically significant difference between tasks 1 and 2 and tasks 7 and 9, as well as  
20 between tasks 4 and 5 and task 7; these intertask differences involved at least 10% of the fraction of  
21 time spent in extreme postures. The subjects spent an average of 39% more time with head flexion  
22 above 30° during activities 1 and 2 than during activities 3, 4, 5 and 6. Tasks 1 and 2 required an  
23 average of 122% more time in head flexion above 30° than activities 7, 8 and 9. For this variable  
24 (percentage of time spent above 30° head flexion), there was a statistically significant difference  
25 between tasks 1 and 2 and tasks 7, 8 and 9. This same distinction was also evident regarding the  
26 percentage of time spent above 45°, with the greatest differences found between activities 1 and 2  
27 (mean of 20%) and activities 7, 8 and 9 (mean of 7 %).  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40

41 Insert Figure 1 about here  
42  
43

44 The 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles of upper back flexion are presented in Figure 2. At the 10<sup>th</sup>  
45 and 50<sup>th</sup> percentiles, task 2 was slightly higher than the other activities. At the 90<sup>th</sup> percentile, upper  
46 back flexion was high for all tasks, although a difference (with no clinical relevance) was identified  
47 between tasks 1 through 6 (mean of 31°) and tasks 7 through 9 (mean of 24°). Generally speaking,  
48 the intertask differences were similar to those of the head.  
49  
50  
51  
52  
53  
54

55 Regarding percentage of time spent in upper back flexion, task 2 involved the most flexion  
56 above 15° (47%), followed by activities 4 and 5 (38 % and 39%, respectively). As observed for the  
57 head, activities 7, 8 and 9 presented the lowest percentages of time in extreme amplitudes. There  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 was a statistically significant difference between the percentage of time in back flexion greater than  
4  
5 15° between tasks 2 and 7 (CI:10.8-40.1%). For upper back flexion values above 30°, the percentage  
6  
7 of time in all tasks was below 20%, with tasks 2 and 5 presenting the highest mean times (16% and  
8  
9 15.5%, respectively). Above 45° flexion, all tasks presented low values, with a mean of 3.6%.

10  
11  
12 Insert Figure 2 about here  
13

#### 14 *Right and Left Arms*

15  
16  
17 The 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles for right and left arm elevation are presented in Figure 3. In  
18  
19 general, elevation amplitudes were very similar for both arms in all evaluated percentiles.  
20  
21

22  
23 Small differences between tasks were identified when the 10<sup>th</sup> percentile was analyzed.  
24  
25 Nevertheless, for the 50<sup>th</sup> percentile, tasks 2 to 5 presented a 25% higher mean right and left arm  
26  
27 elevation than the other activities. However, for the 90<sup>th</sup> percentile, tasks 3 and 8 presented the  
28  
29 highest arm elevation angles (mean of 67°), followed by tasks 4, 5 and 6 (mean of 61°). In addition to  
30  
31 higher amplitudes, task 3 (general patient care) also presented another aggravating factor in that it  
32  
33 lasted longer than the other activities. Unlike the head and upper back percentiles, tasks 1 and 2  
34  
35 presented the lowest values of arm elevation for the 90<sup>th</sup> percentile, as did tasks 7 and 9.  
36  
37

38 Insert Figure 3 about here  
39  
40

41 The percentage of time spent at extreme amplitudes of movement was similar between right  
42  
43 and left arms for all evaluated tasks (Figure 4). The percentage of time spent with arms elevated  
44  
45 above 30° was high, varying from 39% to 60% for the right arm, and from 35% to 59% for the left arm;  
46  
47 there was a statistically significant difference as well as clinical relevance between tasks 1 and 5 (CI:  
48  
49 10.0-37.5%) for the left arm. Tasks 2 to 5 presented the highest percentages of time spent in  
50  
51 awkward postures. Tasks 3 to 5 involved the highest percentages of time with arm elevation above  
52  
53 60°. All tasks presented low percentages of time spent in arm elevation above 90°, with a mean of  
54  
55 2%.  
56

57  
58 Insert Figure 4 about here  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

### Comparison between symptomatic and asymptomatic workers

The percentages of time spent in extreme postures by subjects with and without symptoms are presented in Figure 5. More time was spent in extreme postures by symptomatic than asymptomatic workers, both for the head and the upper back. There was a statistically significant difference between individuals with and without symptoms regarding the percent of time spent with the upper back above 15° and 30°. Nevertheless, these differences were not above the clinical relevance limits established in this study, i.e., at least a 10% intergroup difference. For the evaluated variables, the confidence interval varied from 0.6-21% for the percentage of back elevation above 15° and from 0.5-12% for the percentage of back elevation above 30°.

Insert Figure 5 about here

For the left and right upper limbs, only small differences were observed between subjects with and without symptoms regarding the percentage of time spent with upper limbs elevated above 30°, 60° and 90°.

Similar to the time results, the 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles for the head, upper back and upper limbs demonstrated that symptomatic workers generally had higher amplitude of head and upper back flexion than asymptomatic workers. However, there were no statistically significant intergroup differences (data not shown). Likewise, small differences were identified between symptomatic and asymptomatic subjects for the left and right arms.

## **4. DISCUSSION**

Practical nurses working in an intensive care unit showed high postural exposure for the head, upper back and shoulders. This postural exposure varied in the activities performed during the work shift. There were statistically significant intertask differences regarding both the percentiles and the time fraction spent in extreme head postures. In general, greater movement amplitudes and more time spent in awkward postures occurred among symptomatic workers than among asymptomatic workers, but there were no statistically significant differences between these two groups.

*Head and upper back postures*

1  
2  
3 Postural risk for the head and upper back was high for all evaluated activities (a mean of 47°  
4 for the 90<sup>th</sup> percentile). It has been recognized that the head posture adopted during work is strongly  
5 associated with the development of musculoskeletal injuries (Bernard, 1997; Costa and Vieira, 2010).  
6  
7 There is evidence that extreme postures affect joint kinematics and muscle recruitment, promoting an  
8 increase in compressive load on the neck as well as pain and disorders in this area (Szeto et al.,  
9 2005). Ariens et al. (2001) verified that head flexion above 20° for at least 70% of the work shift  
10 increased the risk of neck pain. In light of these criteria, all activities performed by practical nurses  
11 could be considered high risk and should be ergonomically redesigned to reduce awkward head  
12 postures. Tasks 1 and 2 deserve particular attention, because in addition to postural exposure, these  
13 activities also consumed the most time in the work shift (approximately 35% of the total recorded  
14 time). As mentioned previously, these tasks are performed at the nurse's station, with the worker  
15 standing (tasks 1 and 2) or seated (task 2), and seem to be the result of simple ergonomic problems  
16 that can be easily corrected with furniture alterations or postural orientation. Considering that these  
17 habits (writing on a table while standing up) are common at nurses' workstations, they deserve  
18 attention in preventive programs.  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36

### 37 *Arm Posture*

38  
39  
40 Like the head posture results, awkward left and right arm postures were involved in all  
41 activities (a mean of 62° at the 90<sup>th</sup> percentile). Postures with arm abduction or flexion above 60° are  
42 considered extreme (Delleman and Dul, 2007), and can be exacerbated by other aspects such as the  
43 use of force (Brookham et al., 2010) or psychosocial factors (Jensen et al., 2000). These factors are  
44 present in activities performed by practical nurses, particularly in intensive care units.  
45  
46  
47  
48  
49  
50

51 Awkward arm postures have been associated with the development of musculoskeletal injury  
52 (Bernard, 1997) because they promote an increase in mechanical load on the shoulder and peripheral  
53 nerves, which can damage tissues in this region (Staal et al., 2007). Among the tasks analyzed, tasks  
54 3 (general patient care), 4 (patient handling) and 5 (bathing, dressing the patient and making the bed)  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 involved the highest time fraction spent above 60° (a mean of 16.5%). Activities 4 and 5 are  
4 aggravated by the need for force, which increases the risk of injury.  
5  
6

7  
8 The right upper limb presented slightly higher elevation angles than the left upper limb. These  
9 results are similar to those presented in a meta-analysis by Hansson et al. (2010), who evaluated  
10 postural exposure of right and left upper limbs in different kinds of work. The authors recommend  
11 that, even though there are small differences between arms, both sides should be evaluated since, in  
12 general, there is a higher prevalence of musculoskeletal injury in the right upper limb, and these  
13 differences in risk exposure can be important risk factors for explaining injury.  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20

21 Considering these results, it can be stated that all of the evaluated activities involve  
22 considerable postural risk to the head, upper back and arms. Thus, even though patient handling  
23 activities have received more attention in the literature due to association with lumbar spine injury  
24 (Jang et al. 2007, Skotte and Fallentin, 2008), our results suggest that all activities performed by  
25 nurses should be analyzed in risk evaluations. The awkward postures registered for the head and  
26 upper back indicate that these regions are also susceptible.  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

### 35 *Comparison between symptomatic and asymptomatic practical nurses*

36  
37

38 There was no statistically significant difference between symptomatic and asymptomatic  
39 workers for any of the regions evaluated (head, upper back, and left and right arm). Nevertheless,  
40 symptomatic workers had a tendency toward greater movement amplitudes and more time spent in  
41 awkward postures. These results were similar to those of Åkesson et al. (1997), Szeto et al. (2005)  
42 and Arvidsson et al. (2008) who evaluated, respectively, the differences between neck posture in  
43 symptomatic and asymptomatic dentists, office workers and air traffic controllers. These authors/ also  
44 found no differences between symptomatic and asymptomatic individuals, but observed a tendency in  
45 symptomatic individuals to present greater movement amplitudes than asymptomatic subjects.  
46 Nevertheless, Madeleine et al. (1999, 2003) evaluated workers in the meat processing industry and  
47 reported that symptomatic individuals presented significantly greater flexion amplitude than those with  
48 no symptoms. These authors suggested that motor changes could be associated with pain.  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 The above-mentioned results agree with each other as well as with the results of the present  
4 study. However, they contradict general observations about chronic pain, in which chronic pain is seen  
5 to limit movement amplitude. Due to antalgic mechanisms, individuals tend to avoid more ample  
6 movements that may elicit pain. In this sense, studies by Dall'Alba et al. (2001) and Dvir et al. (2006)  
7 compared individuals with chronic neck problems to healthy control subjects and observed a decrease  
8 in neck movement amplitude of up to 35%.

9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16 In order to conciliate these antagonistic understanding a possible explanation for the results  
17 obtained in both our study and the others is that workers in pain may have already had a different  
18 movement pattern involving greater movement amplitudes before pain onset. This could be due to  
19 individual factors such as personality and psychosocial stress as well as motivational factors  
20 (Vasseljen and Westgaard, 1995; Marras et al., 2000). In order to evaluate this hypothesis,  
21 prospective studies evaluating postural exposure and cervical movement in healthy individuals who  
22 were followed for a sufficient period of time would be necessary. The results of a study by Punnett et  
23 al. (2004) reinforce such an interpretation of our data. These authors evaluated several aspects of  
24 physical exposure, among them, non-neutral postures and frequency of postures among automotive  
25 industry workers who performed similar tasks. Their results showed that approximately 10% of  
26 participants without symptoms or clinical findings at baseline developed new injuries within one year of  
27 follow-up. Evidence of association between musculoskeletal diseases and exposure to ergonomic risk  
28 factors has been reported. Thus previous exposure to high-risk postures determined either by work  
29 activity or by individual patterns cannot be ruled out as a contributing factor to pain development.

#### 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 *Methodological considerations*

46  
47  
48 Inclinometry was used to evaluate the postural risk of practical nurses. This method was  
49 validated by Hansson et al. (2001), who reported 1.3° of error compared to reference equipment. This  
50 equipment makes it possible to continuously register head, upper back and arm postures during the  
51 entire work shift. Important limitations of this instrument are that dynamic accelerations introduce  
52 mistakes in measurements, and rotational movements cannot be registered (Hansson et al., 2010).  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 On the other hand, a positive aspect of the instrument is that it allows long recording periods in the  
4 occupational environment.  
5

6  
7  
8 A positive aspect of this study was the interpretation of results according to the clinical  
9 relevance of statistical differences and confidence intervals. We took this approach because the  
10 exclusive use of p values gives a dichotomic response regarding the existence or non-existence of  
11 statistically significant differences, but gives little information on the magnitude of the differences  
12 found. Confidence intervals, however, allow a better perspective of the size of the differences  
13 (Gardner and Altman, 1986; Gardner and Altman, 1990).  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20

21 A limitation of this study is that its cross-sectional design of this study restrain the conclusions  
22 that can be drawn about a casual relationship between neck and upper limb posture and the  
23 development of musculoskeletal injuries in these regions. Prospective studies could determine  
24 whether practical nurses adopting high-risk head and upper limb movements develop symptoms over  
25 time.  
26  
27  
28  
29  
30

## 31 32 33 34 35 **5. CONCLUSIONS** 36

37  
38 Practical nurses present considerable postural risk for the head, upper back and arms in most  
39 of the tasks they performed at work. This indicates that these body regions deserve attention when  
40 analyzing the physical exposure of these professionals. Among the activities evaluated, preparing  
41 medications or materials and patient record keeping involved the highest postural risk for the head  
42 and the upper back, suggesting that ergonomic interventions and preventive programs should be  
43 implemented to control risk in these activities.  
44  
45  
46  
47  
48  
49

50  
51 Furthermore, there were no statistically significant differences between the postures adopted  
52 by symptomatic and asymptomatic practical nurses during work, although there was a tendency by  
53 symptomatic workers to present greater movement amplitudes.  
54  
55  
56

57  
58 *Conflict of interest:* none declared.  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65



1  
2  
3           *Funding:* This study was partially supported by FAPESP (Process number 2008/51168-0) and  
4  
5 CNPq (Process number 301.772/2010-0).  
6

7  
8           *Ethical approval:* The study was approved by the University Human Research Ethics  
9  
10 Committee (Process 1080.0.000.135-10).  
11

## 12 13 14 15 16 **6. REFERENCES**

17  
18 Åkesson, I., Hansson, G-Å., Balogh, I., Moritz, U., Skerfving, S., 1997. Quantifying work load in neck,  
19  
20 shoulders and wrists in female dentists. *International Archives of Occupational and Environmental*  
21  
22 *Health* 69, 461-474.  
23

24  
25  
26 AMA (2005) American Medical Association Guides to the evaluation of permanent impairment. AMA,  
27  
28 Chicago  
29

30  
31 Ariens, G.A.M, Bongers, P.M., Douwes, M., Miedema, M.C., Hoogendoorn, W.E., van der Wal, G., van  
32  
33 Mechelen, W., 2001. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain?  
34  
35 Results of a prospective cohort study. *Occupational Environmental Medicine* 58, 200-207.  
36

37  
38 Arvidsson, I., Hansson, G-Å., Mathiassen, S.E., Skerfving, S, 2008. Neck postures in air traffic  
39  
40 controllers with and without neck/shoulder disorders. *Applied Ergonomics* 39, 255-260.  
41

42  
43 Barros, E.N.C, Alexandre, N.M.C., 2003. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal  
44  
45 questionnaire. *International Nursing Review* 50(2), 101-108.  
46

47  
48 Bernard, B.P., 1997. Neck musculoskeletal disorders: evidence for work-relatedness. In: Bernard, B.P.  
49  
50 (Ed.), *Musculoskeletal disorders and workplace factors - a critical review of epidemiologic evidence for*  
51  
52 *work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back.* NIOSH, Cincinnati,  
53  
54 pp. 1-90.  
55

56  
57  
58 Bos, E., Krol, B., van der Star, L., Groothoff, J., 2006. The effects of occupational interventions on  
59  
60 reduction of musculoskeletal symptoms in the nursing profession. *Ergonomics* 49:706–723.  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 Brookham, R.L., Wong, J.M., Dickerson, C.R., 2010. Upper limb posture and submaximal tasks  
4 influence shoulder muscle activity. *International Journal of Industrial Ergonomics* 40,337-344.

5  
6  
7  
8 Costa, B.R., Vieira, E.R, 2010. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic  
9 review of recent longitudinal studies. *American Journal of Industrial Medicine* 53, 285-323.

10  
11  
12 Coury, H.J.C.G, 1999. Postural recording. In *Industrial and Occupational Ergonomics—Users*  
14 *Encyclopedia [CD-ROM]*. International Journal of Industrial Engineers, Cincinnati.

15  
16  
17  
18 Dall'Alba, Sterling, M.M., Treleaven, J.M. , Edwards., S.L., Jull, G.A., 2001. Cervical range of motion  
19 discriminates between asymptomatic persons and those with whiplash. *Spine* 26 (19), 2090-2094.

20  
21  
22  
23 Delleman, N.J., Dul, J., 2007. International standards on working postures and movements ISO 11226  
24 and EN 1005-4. *Ergonomics* 50,1809-1819.

25  
26  
27  
28 Dvir, Z., Gal-Eshel, N., Shamir, B., Prushansky T., Pevzner, E., Peretz, C., 2006. Cervical motion in  
29 patients with chronic disorders of the cervical spine: A reproducibility study. *Spine* 31(13), E394-E399.

30  
31  
32  
33 Fragala, G., Haiduven, R.N., Lloyd J.L., Matz, M.W., Menzel, N., Nelson, A., Owen, R.N., Powell-Cope  
34 G., Quigley, P., Tiesman, H., 2001. *Patient Care Ergonomics Resource Guide: Safe Patient Handling*  
36 *and Movement*. Ergonomics Technical Advisory Group.

37  
38  
39  
40 Gardner, M.J., Altman, D.G., 1986. Confidence Intervals rather than p values: estimation rather than  
41 hypothesis testing. *British Medical Journal* 292, 746-750.

42  
43  
44  
45 Gardner, M.J., Altman, D.G., 1990. Confidence and clinical importance in research findings. *The*  
46 *British Journal of Psychiatry* 156, 472-474.

47  
48  
49  
50 Gurgueira, G.P., Alexandre, N.M.C., Filho, H.R.C., 2003. Prevalência de sintomas  
51 músculoesqueléticos em trabalhadoras de enfermagem. *Revista Latino Americana de Enfermagem*  
52 11(5), 608-13.  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 Hansson, G.Å., Asterland, P., Holmer, N.G., Skerfving, S., 2001. Validity and reliability of triaxial  
4 accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Medical Biological Engineering Computing* 39,  
5 405-413.  
6  
7

8  
9  
10 Hansson, G.Å., Balogh, I., Ohlsson, K., Skerfving, S., 2004. Measurements of wrist and forearm  
11 positions and movements: Effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. *Journal of*  
12 *Electromyography and Kinesiology* 14, 355-367.  
13  
14

15  
16  
17 Hansson, G-Å., Balogh, I., Ohlsson, K., Granqvist, L., Nordander, C., Mathiassen, S.E., Skerfving, S.,  
18 Balogh, I., 2010. Physical workload in various types of work: Part II. Neck, shoulder and upper arm.  
19 *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 267-281.  
20  
21

22  
23  
24 Hansson, G-Å., Arvidsson, I., Ohlsson, K., Nordander, C., Mathiassen, S.E., Skerfving, S., Balogh, I.,  
25 2006. Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II:  
26 Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*  
27 16,125-136.  
28  
29

30  
31  
32 Holmstrom, E., Moritz, U., 1991. Low back pain—correspondence between questionnaire, interview  
33 and clinical examination. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 23, 119–125.  
34  
35

36  
37  
38 Jang, R., Karwowski, W., Quesada, P.M., Rodrick, D., Sherehiy, B., Cronin, S.N., Layer, J.K., 2007.  
39 Biomechanical evaluation of nursing tasks in a hospital setting. *Ergonomics* 50 (11), 1835–1855.  
40  
41

42  
43  
44 Jensen, B.R., Laursen, B., Sjøgaard G., 2000. Aspects of shoulder function in relation to exposure  
45 demands and fatigue - a mini review. *Clinical Biomechanics* 15, S17-S20.  
46  
47

48  
49 Lagerström, M., Wenemark, M., Hagberg, M., Hjelm, E.W., 1995. Occupational and individual factors  
50 related to musculoskeletal symptoms in five body regions among Swedish nursing personnel.  
51 *International Archives of Occupational Environmental Health* 68(1), 27-35.  
52  
53

54  
55  
56 Madeleine, P., Lundager, B., Voigt, M., Arendt-Nielsen, L., 1999. Shoulder muscle co-ordination  
57 during chronic and acute experimental neck–shoulder pain. An occupational pain study. *European*  
58 *Journal of Applied Physiology* 79, 127–140.  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 Madeleine, P., Lundager, B., Voigt, M., Arendt-Nielsen, L., 2003. The effects of neck–shoulder pain  
4 development on sensory–motor interactions among female workers in the poultry and fish industries.  
5 A prospective study. *International Archives Occupational Environmental Health* 76, 39–49.  
6  
7

8  
9  
10 Marras, W., Davis, K.G., Heaney, C.A., Maronitis, A.B., Allread, W.G., 2000. The influence of  
11 psychosocial stress, gender, and personality on mechanical loading of the lumbar spine. *Spine* 25(23),  
12 3045-3054.  
13  
14

15  
16  
17 Menzel N M, Underreporting of Musculoskeletal Disorders Among Health Care Workers. *Research*  
18 *Needs. AAOHN Journal.* 2008;56(12):487-94.  
19  
20

21  
22 Ohlsson, K., Attewell, R.G., Johnsson, B., Ahlm, A., Skerfving, S., 1994. An assesement of neck and  
23 upper extremity disorders by questionnaire and clinical examination. *Ergonomics* 37, 891–897.  
24  
25

26  
27 Pompeii, L.A., Lipscomb, H.J., Schoenfisch, A.L., Dement, J.M., 2009. Musculoskeletal injuries  
28 resulting from patient handling tasks among hospital workers. *American Journal of Industrial Medicine*  
29 52, 571–578.  
30  
31

32  
33  
34 Punnett, L., Gold, J., Katz, J .N., Gore, R., Wegman, D. H., 2004. Ergonomic stressors and upper  
35 extremity musculoskeletal disorders in automobile manufacturing: a one year follow up study.  
36 *Occupational Environmental Medicine* 61, 668-674.  
37  
38

39  
40  
41 Skotte, J.H., Fallentin, N., 2008. Low back injury risk during repositioning of patients in bed: the  
42 influence of handling technique, patient weight and disability. *Ergonomics* 51 (7), 1042–1052.  
43  
44

45  
46 Staal, J.B., de Bie, R.A., Hendriks, E.J.M., 2007. Aetiology and management of work-related upper  
47 extremity disorders. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* 21, 123-133.  
48  
49

50  
51  
52 Szeto, G.P., Straker, L.M., O'Sullivan, P.B., 2005. A comparison of symptomatic and asymptomatic  
53 office workers performing monotonous keyboard work-2: neck and shoulder kinematics. *Manual*  
54 *Therapy* 10, 281-291.  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 Vasseljen, O., Westgaard, R.H., 1995. Can stress-related shoulder and neck pain develop  
4 independently of muscle activity. *Pain* 64, 221-230.  
5  
6

7  
8 Vasseljen, O., Westgaard, R.H., 1997. Arm and trunk posture during work in relation to shoulder and  
9 neck pain and trapezius activity. *Clinical Biomechanics* 12 (1), 21-32.  
10  
11

12  
13 Vieira, E.R., Kumar, S., Coury, H.J.C.G., Narayan, Y., 2006. Low back problems and possible  
14 improvements in nursing jobs. *Journal of Advanced Nursing* 55, 79–89.  
15  
16  
17

## 18 19 20 21 **Figure Captions**

22  
23  
24 Figure 1. Mean and confidence interval of means for percentiles 10, 50 and 90, and for fractions of  
25 time the head spent above 15°, 30° and 45° in 30 practical nurses performing 9 tasks. T1-preparing  
26 medication, T2- medical record keeping, T3- general patient care, T4- patient handling, T5- bathing  
27 and changing the patient, T6-cleaning the bed and materials, T7- communicating with colleagues and  
28 superiors, T8- self-care, T9-moving within the hospital. \*Clinically relevant differences and confidence  
29 interval of the differences between tasks.  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36

37  
38 Figure 2. Mean and confidence interval of means for percentiles 10, 50 and 90, and for fractions of  
39 time the upper trunk spent above 15°, 30° and 45° of 30 practical nurses performing 9 tasks. T1-  
40 preparing medication, T2- medical record keeping, T3- general patient care, T4- patient handling, T5-  
41 bathing and changing the patient, T6-cleaning beds and materials, T7- communicating with colleagues  
42 and superiors, T8- self-care, T9-moving within the hospital. \*Clinically relevant differences and  
43 confidence interval of the differences between tasks.  
44  
45  
46  
47  
48  
49

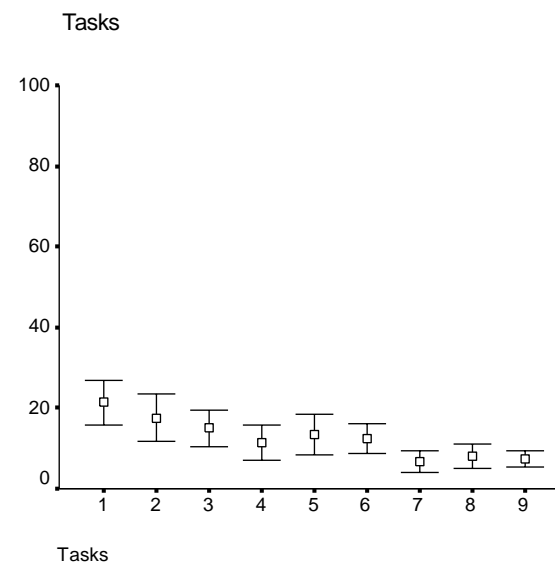
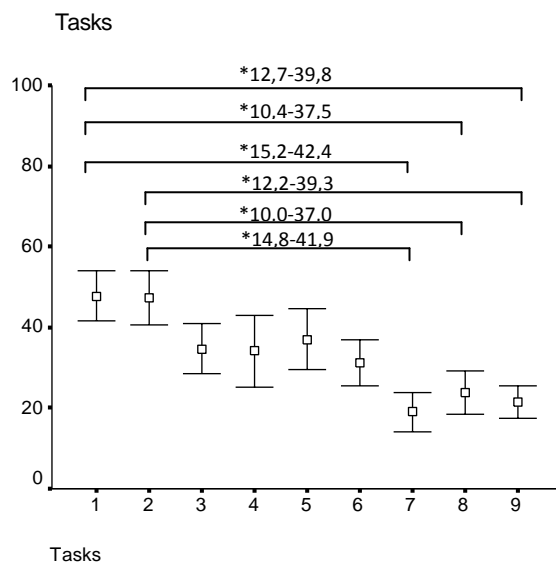
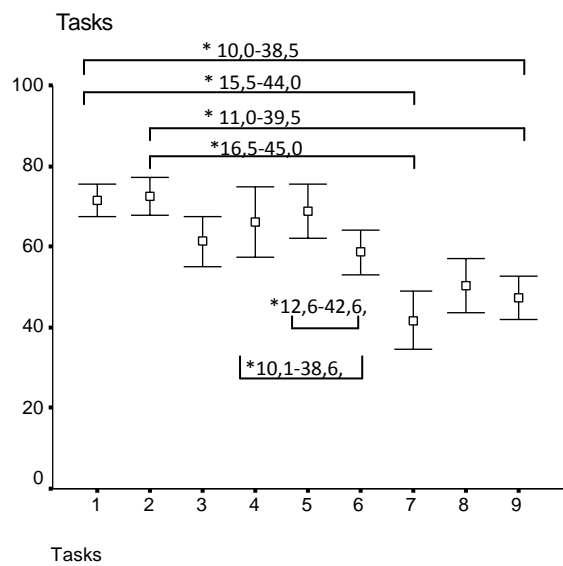
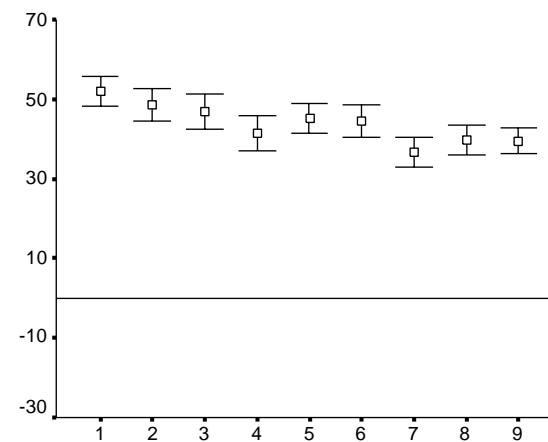
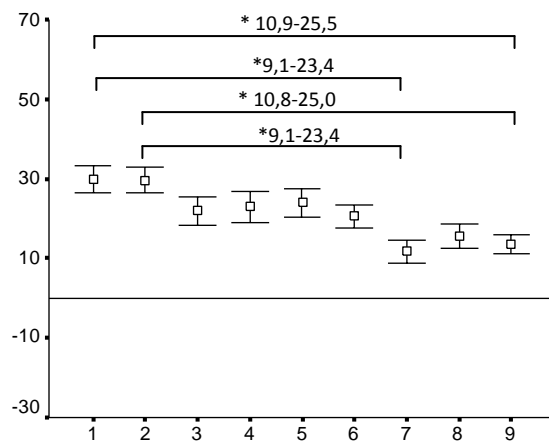
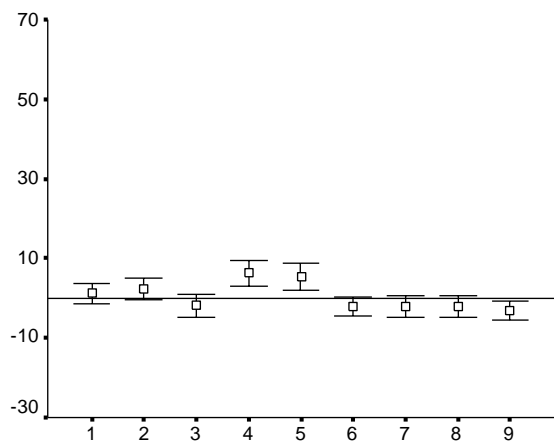
50  
51 Figure 3. Mean and confidence interval of means for percentiles 10, 50 and 90 of the right and left  
52 upper limbs of 30 practical nurses performing 9 tasks. T1-preparing medication, T2- medical record  
53 keeping, T3- general patient care, T4- patient handling, T5- bathing and changing the patient, T6-  
54 cleaning beds and materials, T7- communicating with colleagues and superiors, T8- self-care, T9-  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3 moving within the hospital. \*Clinically relevant differences and confidence interval of the differences  
4  
5 between tasks.  
6

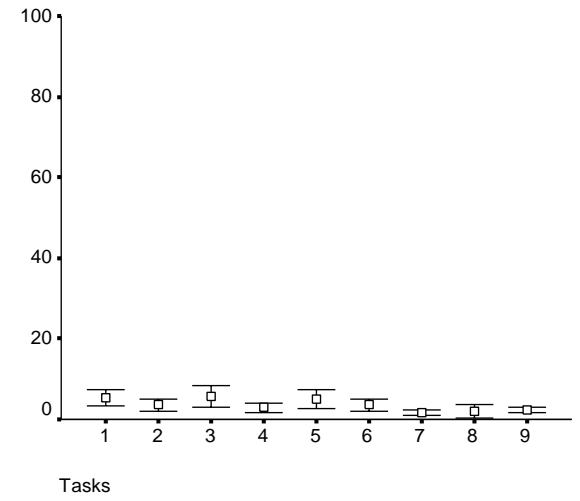
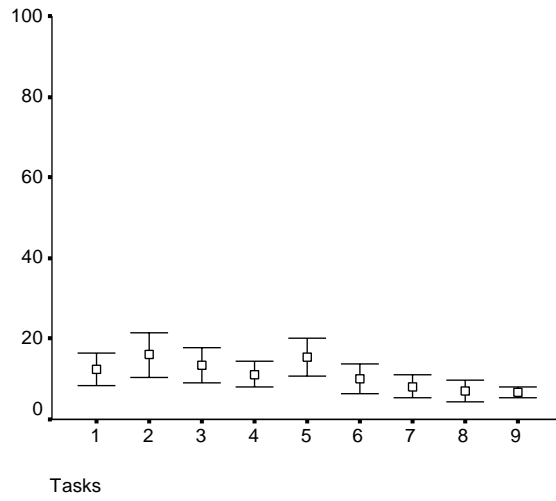
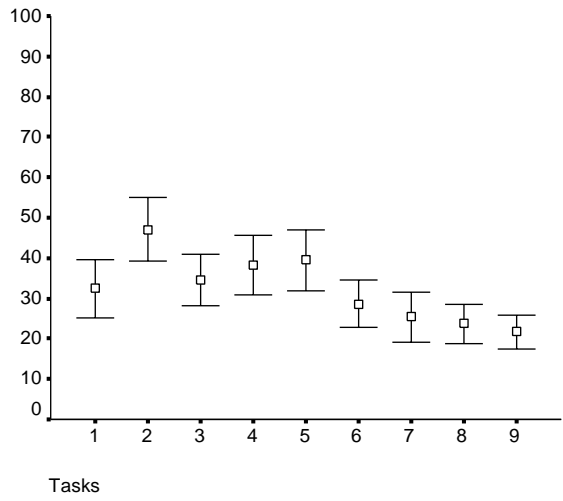
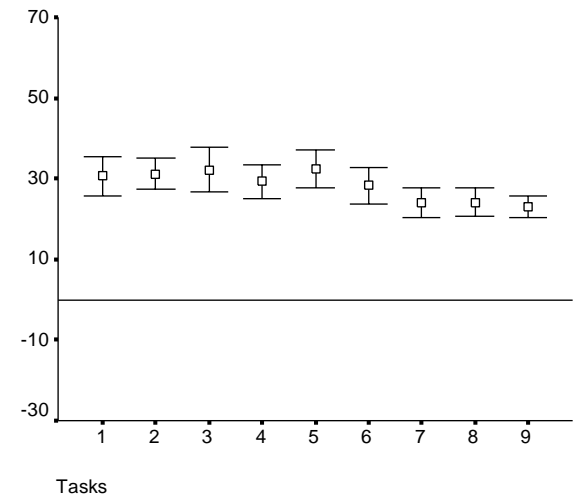
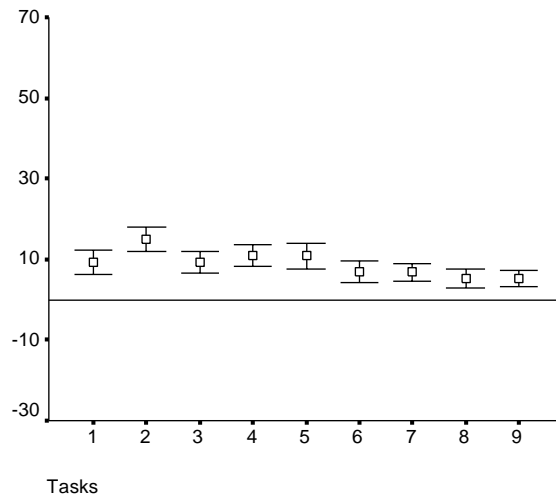
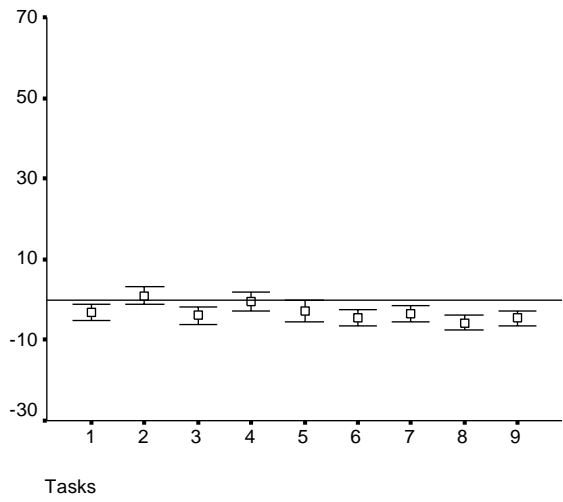
7  
8 Figure 4. Mean and confidence interval of means for fractions of time the right and left upper limbs  
9  
10 spent above 15°, 30° and 45° in 30 practical nurses performing 9 tasks. T1-preparing medication, T2-  
11  
12 medical record keeping, T3- general patient care, T4- patient handling, T5- bathing and changing the  
13  
14 patient, T6-cleaning beds and materials, T7- communicating with colleagues and superiors, T8- self-  
15  
16 care, T9-moving within the hospital. \*Clinically relevant differences and confidence interval of the  
17  
18 differences between tasks.  
19

20  
21 Figure 5. Mean and confidence interval for fractions of time the head and upper trunk spent above 15°,  
22  
23 30° and 45°, and the right and left arms spent above 30°, 60° and 90° in symptomatic and  
24  
25 asymptomatic subjects.  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Figure(s)

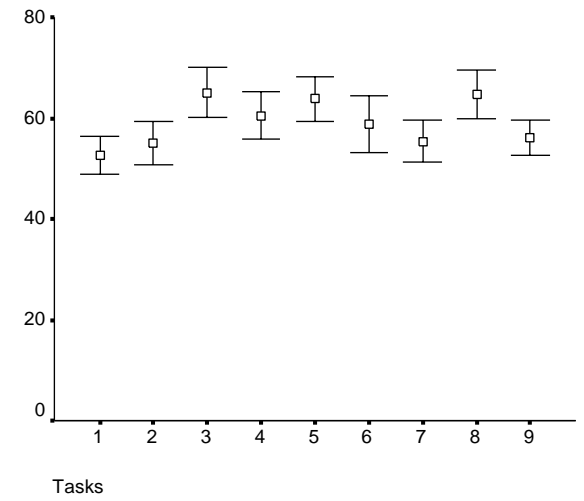
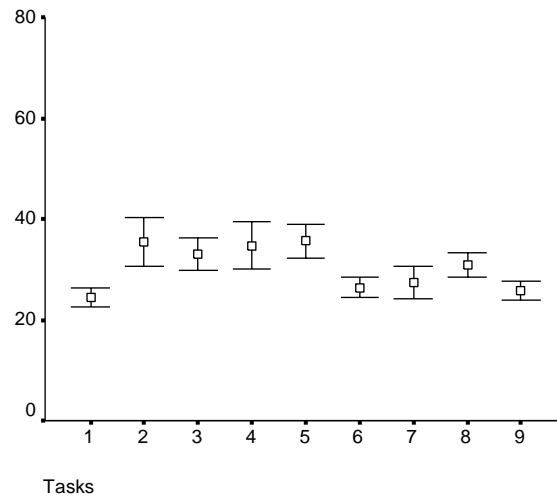
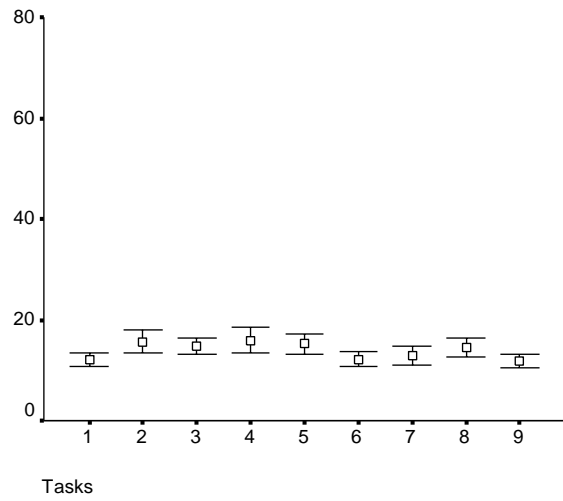
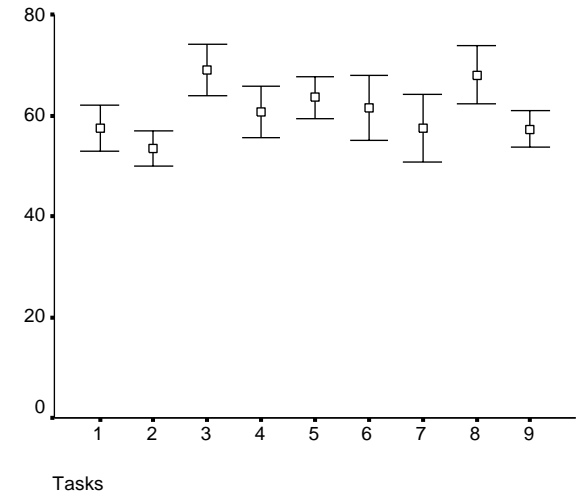
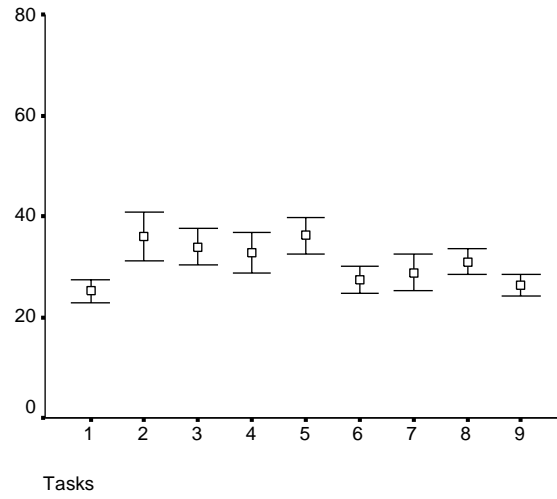
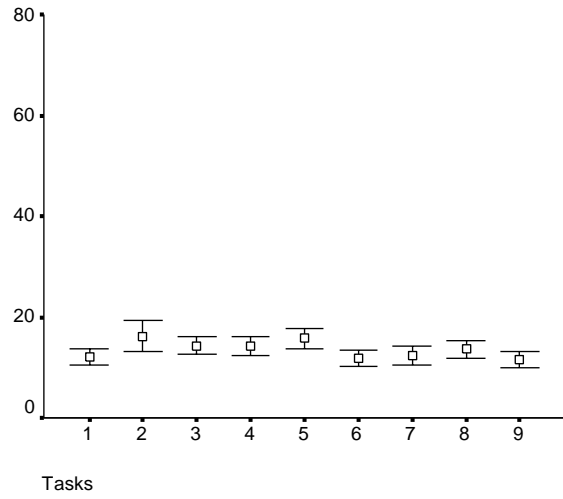


Figure(s)

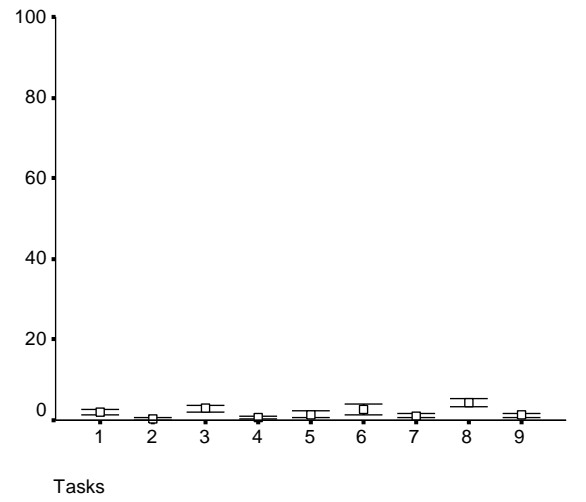
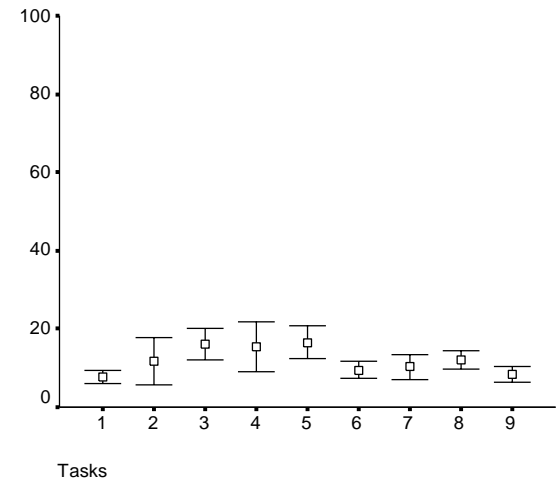
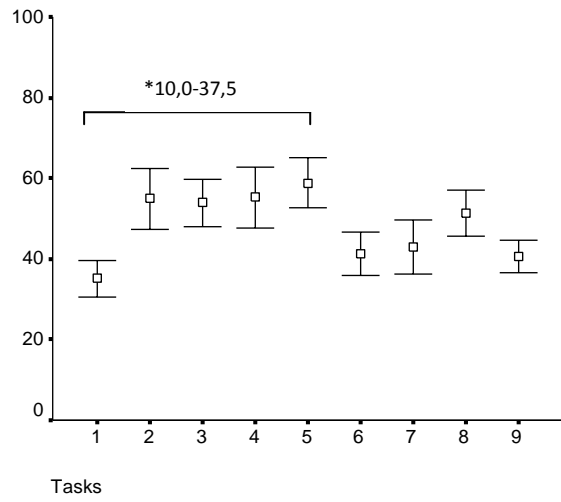
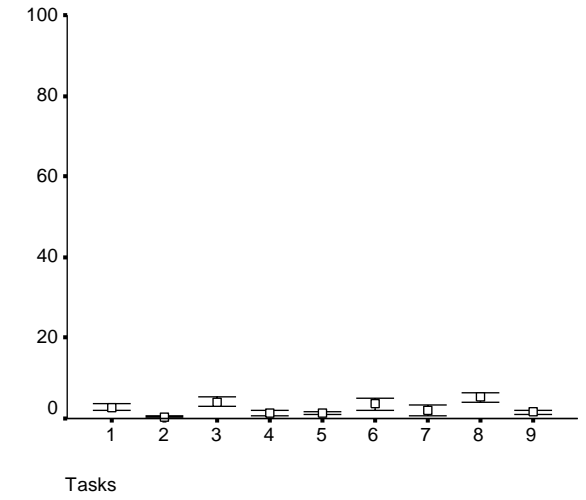
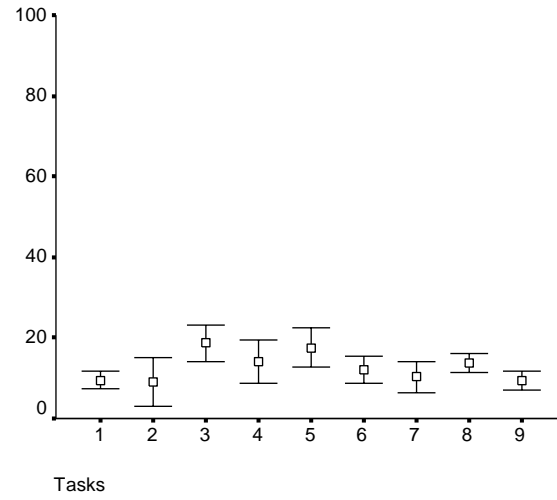
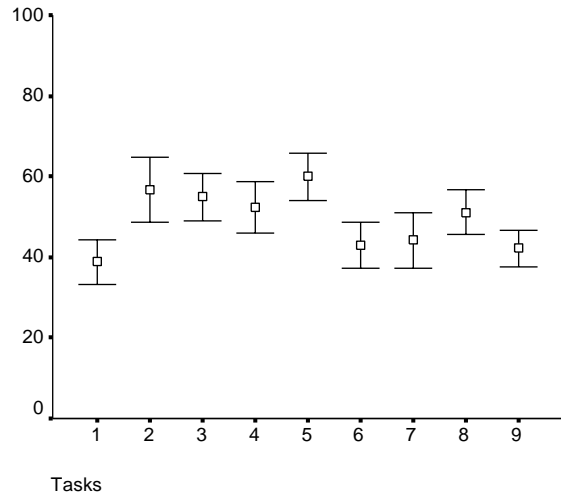




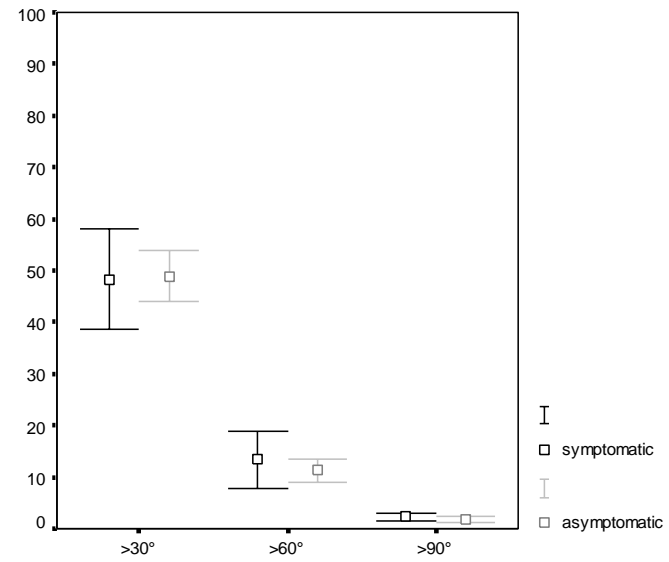
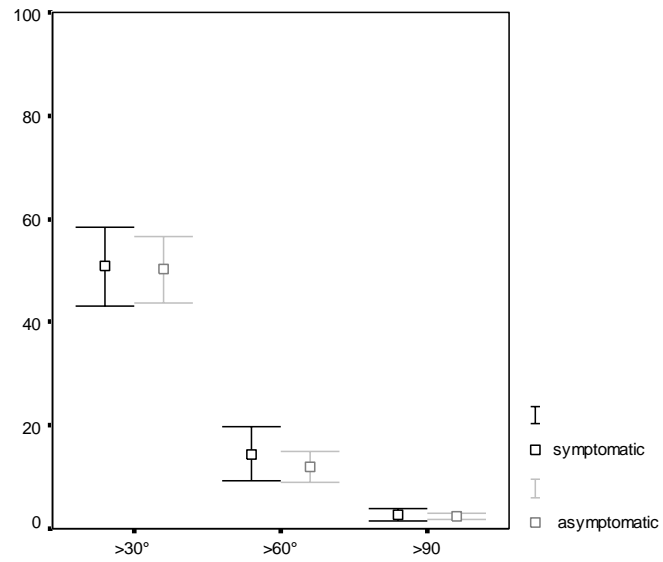
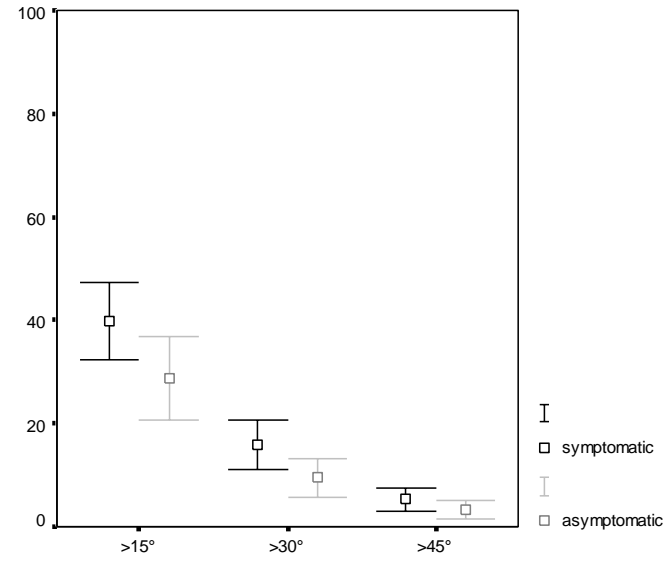
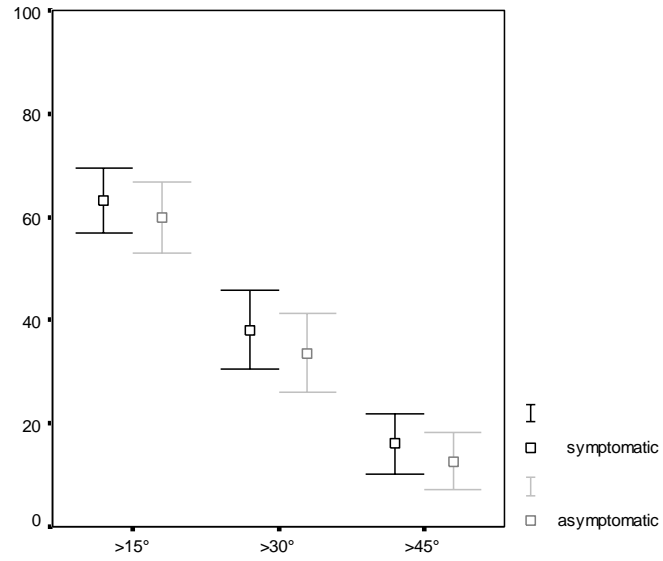
Figure(s)



Figure(s)



Figure(s)



## **ANEXO D**

Carnaz L, Moriguchi CS, Alencar JF, Oliveira AB, Granqvist L, Hansson G-Å, Coury HJCG. Aplicação de sensores eletrogoniométricos e torsiométricos na avaliação tridimensional da amplitude de movimento da coluna cervical. In: XV Congresso Brasileiro de Ergonomia (ABERGO), Porto Seguro-BA, 2008.

# APLICAÇÃO DE SENSORES ELETROGONIOMÉTRICOS E TORSIOMÉTRICOS NA AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO DA COLUNA CERVICAL

Letícia Carnaz (Ms)<sup>1</sup>, Cristiane Shinohara Moriguchi (Ft)<sup>1</sup>, Jerônimo Farias de Alencar (Ms)<sup>1</sup>, Ana Beatriz de Oliveira (Ft)<sup>1</sup>, Lothy Granqvist (técnica)<sup>2</sup>, Gert-Åke Hansson (Ph.D.)<sup>2</sup>, Helenice Jane Cote Gil Coury (PhD)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fisioterapia / Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP) – Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Medicina Ocupacional / Hospital Universitário, Lund - Suécia

E-mail: [lecarnaz@gmail.com](mailto:lecarnaz@gmail.com)

Palavras-chave: eletrogoniômetro, inclinômetro, avaliação do pescoço.

*Objetivo:* Identificar o sensor e a forma de acoplamento mais adequados para avaliação de movimentos tridimensionais da coluna cervical por meio de eletrogoniometria e torsiometria. *Métodos:* Um indivíduo do sexo feminino (25 anos) participou do estudo. Os movimentos de flexo-extensão e inclinação lateral do pescoço foram registrados por eletrogoniômetros (XM110 e SG150) e inclinômetros. O sensor eletrogoniométrico foi testado em 2 disposições distintas, sendo a diferença entre elas, uma rotação de 90° dos sensores. *Resultados e Conclusão:* O sensor XM110 é mais adequado para avaliação do pescoço que o sensor SG150. Para o registro tridimensional dos movimentos do pescoço, os sensores posicionados em um plano perpendicular ao orientado pelo manual do fabricante apresentaram resultados com magnitude relativamente similar aos resultados dos inclinômetros, demonstrando ser a melhor forma de acoplamento dos sensores.

*Keywords:* *electrogoniometer, inclinometer, neck assessment.*

*Objective:* To identify more suitable type of sensor and way of attachment of the electrogoniometers and torsiometers sensors to evaluate three-dimensional movements of the cervical spine. *Methods:* One female volunteer (age 25 years) participated of the study. The flexion/extension and lateral bending movements were recorded by electrogoniometers (XM110 and SG150) and inclinometers. The electrogoniometers were attached in two different positions and the difference between them was a 90° of sensors rotation. *Results and Conclusions:* The XM110 sensor is more suitable for evaluating neck joint than SG150 sensor. For the three-dimensional recording of neck movements, the electrogoniometers sensors with a 90° of rotation from the position suggested by the manufacturer showed similar values to the inclinometer results which seems to be the best way of sensors attachment.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as doenças musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho, a dor no pescoço é o principal problema na sociedade moderna (ARIENS et al., 2001; BOVIM et al., 1994). Isso pode ser evidenciado pelos altos índices de prevalência de dor e lesões na região cervical em diferentes grupos ocupacionais, tais como em dentistas (42-50%), mineiros (54-76%) e carregadores de carne (84%) (HAGBERG e WEGMAN, 1987). Este índice de prevalência de dor no pescoço é acompanhado por altos custos com serviços de saúde, absenteísmos e aposentarias por invalidez (BORGHOUTS et al., 1999).

Os fatores de risco físico, ou biomecânico, são considerados preponderantes no desenvolvimento de dor no pescoço no ambiente ocupacional,

principalmente, as posturas extremas e estáticas (NIOSH, 1997).

A associação entre posturas inadequadas e desenvolvimento de lesão revela a necessidade do registro do movimento no ambiente ocupacional (COURY, 1999). Contudo, as posturas e movimentos do pescoço, adotados no ambiente ocupacional, não têm sido devidamente avaliados, pois não utilizam métodos de medida padronizados e de qualidade aceitável (ARIENS et al., 2001).

Um método disponível para o registro tridimensional da articulação do pescoço é o uso de eletrogoniômetros associados aos torsiômetros. Esses instrumentos têm se destacado, pois além de serem equipamentos confiáveis (HANSSON et al., 2004; SHIRATSU e COURY, 2003), apresentam as vantagens de serem leves, portáteis e simples de operar (CAMPBELL-

KYUREGHYAN et al., 2005; ROWE et al., 2001; SPIELHOLZ, 1998; TESIO et al., 1995) sendo aplicáveis tanto ao ambiente clínico quanto ao ocupacional (BALL e JOHNSON, 1996; CAMPBELL-KYUREGHYAN et al., 2005).

Contudo, como não há relatos na literatura da aplicação desse equipamento na articulação do pescoço, torna-se necessário avaliar qual o modelo de sensor do eletrogoniômetro é mais adequado (SG150 ou XM110) para aplicação na região da cabeça/pescoço, assim como a melhor forma de acoplamento dos sensores nos indivíduos para que esse instrumento forneça resultados mais precisos.

Recentemente, inclinômetros vêm sendo utilizados para avaliação da postura e movimentos da coluna cervical em ambiente ocupacional (ARVIDSSON et al., 2008; BALOGH et al., 2006; HANSSON et al., 2001b; HANSSON et al., 2006; JUUL-KRISTENSEN et al., 2001; VEIERSTED et al., 2008;). Os inclinômetros são pequenos transdutores constituídos por acelerômetros triaxiais, que fornecem medidas de postura e movimento tendo a linha de gravidade como referência (HANSSON et al., 2001a). O erro angular médio do transdutor associado ao software é de 1,3° (HANSSON et al., 2001a). Entretanto, esse instrumento só permite o registro dos movimentos de flexo-extensão e inclinação do pescoço, os movimentos de rotação não são registrados.

Assim, inclinômetros podem ser utilizados para testar a melhor forma de acoplamento dos eletrogoniômetros por meio da confiabilidade paralela entre as diferentes disposições do eletrogoniômetro e os registros inclinométricos simultâneos.

Objetivo: identificar o modelo (SG150/XM110) e a forma acoplamento de sensores eletrogoniométricos associados à torsiômetros mais adequados para avaliação de movimentos tridimensionais da coluna cervical.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Sujeito

Um indivíduo do sexo feminino (25 anos, 1,65m e 63 kg) participou do estudo. O voluntário foi informado sobre os procedimentos de coleta e autorizou a utilização das imagens para fins acadêmicos.

### 2.2 Equipamentos

Para o registro dos movimentos de flexo-extensão e inclinação da articulação do pescoço foram utilizados dois modelos dos sensores do eletrogoniômetro XM110 e SG150 -Biometrics, Ltd, UK- (Figura 1) e uma unidade de aquisição de dados (DataLog) a uma frequência de aquisição de 100Hz, assim como dois inclinômetros (Logger Tecknologi, Åkarp, Sweden) e uma unidade de aquisição de dados (DataLoger) a uma frequência de aquisição de 20Hz. Além disso, para comparar diferentes disposições do eletrogoniômetro associado aos torsiômetros, foram utilizados torsiômetros Q110 -Biometrics, Ltd,UK- (Figura 1).

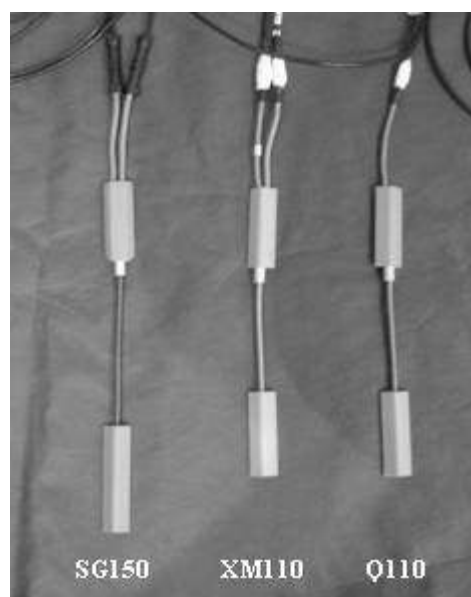


Figura 1. Eletrogoniômetros SG150 e XM110 e o torsiômetro Q110 (Biometrics, Ltd, UK) utilizados nesse estudo.

### 2.3 Preparação do sujeito

Para possibilitar a fixação dos terminais telescópicos dos sensores na cabeça do voluntário, foi confeccionada uma touca em tecido elástico e velcro. O uso da touca forneceu um ponto fixo sobre a parte posterior da cabeça, o que seria impossível obter devido à presença de cabelo.

Para melhor acoplamento dos terminais fixos dos sensores, foi fixada uma placa flexível de etil vinil acetato (EVA) com a borda superior sobre C7 para servir de fixação e diminuir o artefato de tecido mole.

## 2.4 Coleta de dados

### *Comparação entre os sensores eletrogoniométricos XM 110 e SG 150*

Para identificar qual o modelo do sensor mais adequado para avaliação da articulação do pescoço, foram comparados os sensores eletrogoniométricos XM110 e SG150 (Figura 2). A diferença entre os dois modelos de sensor é o comprimento da mola entre os terminais fixo e telescópico, dessa forma o XM110 tem uma mola de 110 mm e o SG150 uma mola de 150 mm. Esses sensores permitem o registro dos movimentos de flexão/extensão e inclinação lateral da coluna cervical.

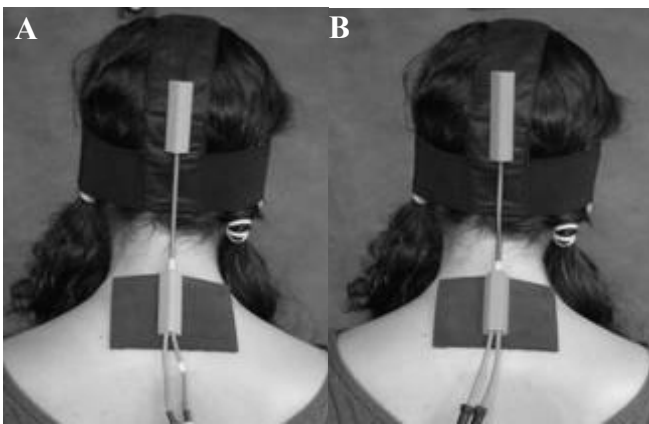


Figura 2. Sensores XM110 (A) e SG150 (B) acoplados ao indivíduo para permitir a identificação de qual modelo é mais adequado para o uso na articulação do pescoço.

Os terminais telescópicos do eletrogoniômetro foram fixados com fita adesiva dupla-face na região occipital sobre a touca e os terminais fixos sobre a placa de EVA com o início da mola sobre C7. Esse acoplamento do sensor garantiu a avaliação dos movimentos da articulação do pescoço.

Para a comparação entre os sensores XM110 e SG150, cinco repetições dos movimentos de flexo-extensão e inclinação lateral direita e esquerda foram avaliados.

### *Comparação entre duas disposições do eletrogoniômetro associado ao torsiômetro (“sandwich”)*

Para avaliação tridimensional da coluna cervical, um torsiômetro deve ser acoplado ao eletrogoniômetro, para que os dois equipamentos registrem simultaneamente os movimentos de flexão/extensão, inclinação lateral e rotação da coluna cervical. Este

acoplamento dos sensores (eletrogoniômetro associado ao torsiômetro) foi denominado de “sandwich”.

Para o melhor acoplamento do “sandwich” durante o registro dos movimentos da cervical, os sensores do eletrogoniômetro e do torsiômetro foram colocados dentro de suportes acrílicos que forneceram base plana para fixação ao indivíduo. Os terminais telescópicos do eletrogoniômetro e do torsiômetro foram fixados na touca sobre a região occipital e os terminais fixos sobre a placa de EVA com o início da mola sobre C7. O “sandwich” foi testado em 2 disposições diferentes: na posição sugerida pelo fabricante (Figura 3-A) e, com os sensores girados em 90° com relação à posição anterior (Figura 3-B).

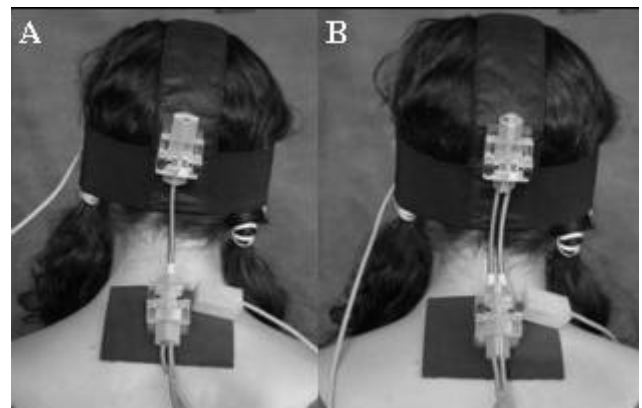


Figura 3. Posicionamento do “sandwich”. A. “Sandwich” na configuração orientada pelo manual do fabricante. B. “Sandwich” em um plano perpendicular ao orientado pelo manual do fabricante.

O torsiômetro foi utilizado para compor o “sandwich”, entretanto, seus dados não foram coletados, pois as duas diferentes disposições do sensor não acarretariam alteração no plano de registro de movimento, já que este sensor é uniaxial e afere a rotação entre os terminais, independente da disposição deste sensor.

O registro da posição de referência para o eletrogoniômetro foi realizado com o indivíduo sentado, com a cabeça e troco superior em posição anatômica. A posição de referência foi registrada durante 60 segundos.

Simultaneamente aos registros eletrogoniométricos (“sandwich”), foram realizados registros dos movimentos de flexo-extensão e inclinação lateral da coluna cervical através de inclinômetros biaxiais. Os dados do inclinômetro foram utilizados para testar a confiabilidade paralela entre as 2 disposições do “sandwich” e do inclinômetro.

Para o registro dos movimentos da cervical por meio da inclinometria foram utilizados dois inclinômetros: um na frente do sujeito (Figura 4-A) e outro sobre C7 (Figura 4-B), à direita do “sandwich”. A posição neutra de referência para os inclinômetros consistiu na postura ereta do sujeito, com olhar fixo em uma marca na altura dos olhos a 2 metros de distância. A posição fletida de referência para cabeça e tronco superior (C7) consistiu na posição do sujeito sentado em uma cadeira com flexão de tronco e cervical. Por meio da subtração dos registros destes dois transdutores, foram obtidos os movimentos da articulação do pescoço.

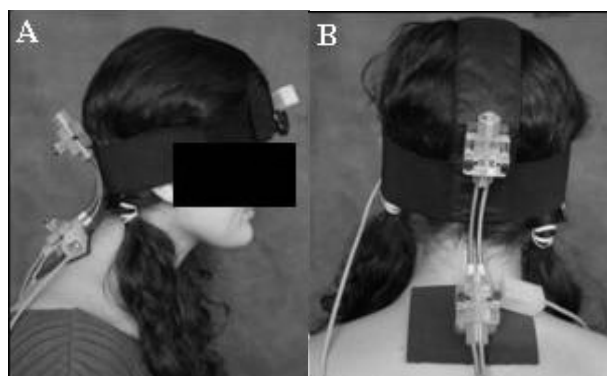


Figura 4. Inclinômetros fixados na frente (A) e em C7 (B) para o registro simultâneo com o eletrogoniômetro durante os movimentos de flexo-extensão e inclinação lateral.

O indivíduo realizou uma seqüência de cinco repetições para cada um dos movimentos avaliados: flexão/extensão e inclinação lateral para direita e para esquerda.

### 2.5 Análise dos Dados

Os registros do eletrogoniômetro foram analisados através de uma rotina desenvolvida em MatLab 6.5 (MathWorks Inc., Natick, MA, USA). Os dados foram filtrados com um filtro passa baixa, 2ª ordem, Butterworth a 10Hz e uma análise de percentil (10,50 e 90) foi realizada para as amplitudes de movimento de flexo-extensão e inclinação lateral.

Os dados do inclinômetro foram analisados através do software utilizado por HANSSON et al. (2001a) e os percentis 10, 50 e 90 também foram calculados para as amplitudes de movimento de flexo-extensão e inclinação lateral registrados pelos inclinômetros.

## 3. RESULTADOS

### *Comparação entre os sensores eletrogoniométricos XM110 e SG150*

A comparação entre os sensores XM110 e SG150, permitiu verificar que o sensor SG150 permite máxima amplitude de flexão da cervical (média de 48° para as cinco repetições aferidas). No entanto, foram verificados rotação e abaulamento excessivo da mola deste sensor durante o movimento de extensão, o que revela sua inadequação quando aplicado a esta região. Já o sensor XM110, não permite amplitude máxima de flexão (média de 22° para as cinco repetições aferidas), mas apresenta menor abaulamento durante o movimento de extensão, como pode ser visto na Figura 5.

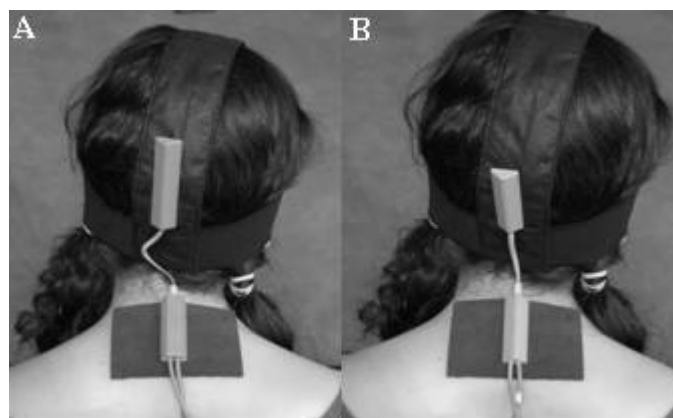


Figura 5. Eletrogoniômetro SG150 (A) e XM110 (B) durante o movimento de extensão do pescoço.

### *Comparação entre duas disposições do eletrogoniômetro associado ao torsiômetro (“sandwich”)*

Os resultados da comparação entre os dois posicionamentos do “sandwich” com os resultados do inclinômetro estão apresentados na Tabela 1.



Tabela 1. Resultados angulares da flexo-extensão e inclinação lateral do pescoço aferidos pelo inclinômetro (INC) e pelo eletrogoniômetro (EGN) na posição orientada pelo manual do fabricante (Posição 1) e em um plano perpendicular à orientação do fabricante (Posição 2) para os percentis 10, 50 e 90.

Percentis de postura	Posição 1		Posição 2	
	INC	EGN	INC	EGN
	<i>Flexo-extensão(°)</i>			
10%	- 8,4	-24,7	-9,3	-8,6
50%	4,1	-4,3	2,9	3,3
90%	10,7	11,8	11,9	17,6
	<i>Inclinação lateral(°)</i>			
10%	-12,3	-26,2	-13,3	-17,2
50%	-4,4	-1,03	-3,0	3,7
90%	12,3	17,7	11,8	28,8

A partir da Tabela 1, é possível verificar que as diferenças entre o registro do inclinômetro e do eletrogoniômetro para o movimento de flexo-extensão são mais acentuadas para a posição 1 do que para a posição 2, principalmente, para os percentis 10 e 50. Para o movimento de inclinação lateral, observa-se que as maiores diferenças entre o inclinômetro e o eletrogoniômetro ocorrem nos percentis 10 e 90, para a posição 1 e 2, respectivamente.

#### 4. DISCUSSÃO

O registro tridimensional dos movimentos da articulação do pescoço é uma tarefa importante, pois há uma relação estabelecida entre a presença de posturas inadequadas e o desenvolvimento de dor e lesões musculoesqueléticas no pescoço (NIOSH, 1997).

Nesse contexto, os eletrogoniômetros flexíveis associados aos torsiômetros constituem-se um método viável para o registro tridimensional dessa articulação, já que são equipamentos práticos, portáteis e confiáveis (CAMPBELL-KYUREGHYAN et al., 2005; SHIRATSU e COURY, 2003; HANSSON et al., 2004; ROWE et al., 2001; SPIELHOLZ, 1998; TESIO et al., 1995).

Os resultados desse estudo indicaram que o sensor XM110 é mais adequado para avaliação da articulação do pescoço, considerando as características antropométricas do indivíduo avaliado, já que ocorre abaulamento da mola do sensor SG150 durante a extensão do pescoço, sendo que esse abaulamento provoca interferência no registro dos dados. Contudo, a aplicação do sensor XM110 permite o registro de amplitudes de movimento de até 22° de flexão, o que pode ser uma faixa limitada para avaliar a movimentação cervical em situações reais de trabalho. Dessa forma, é necessário avaliar a viabilidade da aplicação desse instrumento nos indivíduos em ambiente ocupacional e se constatado que o equipamento restringe a realização dos movimentos do pescoço, sugerir ao fabricante uma revisão do sistema para aumentar amplitude de movimento registrada pelo equipamento para avaliação da cervical.

Dentre os dois acoplamentos do eletrogoniômetro associado ao torsiômetro (“sandwich”) avaliados nesse estudo, observou-se que para o movimento de flexo-extensão, as maiores diferenças angulares entre os eletrogoniômetros e os inclinômetros ocorreram para a posição 1 nos percentis 10 e 50. Essa diferença provavelmente ocorreu pela configuração da mola do eletrogoniômetro quando o “sandwich” está acoplado na posição 1, visto que essa disposição do sensor provoca maior abaulamento da mola em posição neutra, que resulta em um registro de maior amplitude de extensão do pescoço pelo eletrogoniômetro. Por outro lado, os registros eletrogoniométricos de flexo-extensão na posição 2 apresentaram resultados relativamente similares aos registrados pelos inclinômetros.

A comparação da amplitude de movimento aferida pelo eletrogoniômetro e pelos inclinômetros indicou diferenças acentuadas entre os dois equipamentos para a inclinação lateral. Contudo, essas diferenças apresentaram magnitude relativamente similar tanto para o acoplamento do “sandwich” na posição 1 como para o acoplamento do “sandwich” na posição 2, nos percentis 10 e 90, respectivamente.

Uma possível razão para a diferença de amplitude de movimento entre os dois equipamentos para o movimento de inclinação lateral é a presença de crosstalk nos dados do eletrogoniômetro. O crosstalk é o registro errôneo dos movimentos de inclinação durante os movimentos de flexo-extensão, e vice-versa, podendo ocorrer por três razões (1) desvios mecânicos nas propriedades geométricas dos elementos sensíveis do goniômetro; (2) mau alinhamento de um dos

terminais, resultando na rotação axial do goniômetro; (3) fixação do goniômetro fora do plano principal de movimento (HANSSON et al., 2004). Devido ao acoplamento cuidadoso dos sensores, presumi-se que o primeiro tipo de crosstalk é o que mais influenciou os resultados apresentados. Uma alternativa para esse tipo de erro é realizar a correção dos dados a partir de equações de correção propostas recentemente (SATO et al., 2008).

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo permitiram concluir que o sensor XM110 é mais adequado para avaliação da articulação do pescoço que o sensor SG150, pois esse último modelo de sensor tem sua mola abaulada durante a extensão do pescoço, o que provoca interferência no registro dos movimentos. Contudo, a sensor XM110 não deve ser utilizado para avaliação de atividades que exijam amplitudes de flexão do pescoço superiores a 22°.

Dentre os dois posicionamentos do “sandwich” para o registro tridimensional dos movimentos do pescoço, a posição 2 apresentou resultados de flexo-extensão com magnitude relativamente similar aos resultados apresentados pelos inclinômetros, demonstrando ser a melhor forma de acoplamento dos sensores.

## 6. AGRADECIMENTOS

FAPESP processos n°: 08/51168-0 e 05/53804-3.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIENS, G.A.M.; BONGERS, P.M.; DOUWES M.; MIEDEMA, M.C.; HOOGENDOORN, W.E.; VAN DER WAL; BOUTER, L.M.; VAN MECHELEN, W. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. **Occupational Environmental Medicine**, v. 58, p. 200-207, 2001.
- ARVIDSSON, I.; HANSSON, G-Å.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S. Neck postures in air traffic controllers with and without neck/shoulder disorders. **Applied Ergonomics**, v. 39, p. 255-260, 2008.
- BALL, P.; JOHNSON, G. Reliability of hindfoot goniometry when using a flexible electrogoniometer. **Clinical Biomechanics**, v.8, n.1, p.13-19, 1993.
- BALOGH, I.; OHLSSON, K.; HANSSON, G-Å.; ENGSTROM, T.; SKERFVING, S. Increasing the degree of automation in a production system: consequences for the physical workload. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 36, p.353-365, 2006.
- BERNMARK, E.; WIKTORIN, C. A triaxial accelerometer for measuring arm movements. **Applied Ergonomics**, v. 33, p.541-547, 2002.
- BORGHOUTS, J.A.J.; KOES, B.W.; VONDELING, H.; BOUTER, L.M. Cost-of-illness of neck pain in The Netherlands in 1996. **Pain**, v. 80, p. 629-636, 1999.
- BOVIM, G.; SCHRADER, H.; SAND, T. Neck pain in the general population. **Spine**, v. 19, p. 1307-1309, 1994.
- CAMPBELL-KYUREGHYAN, N.; JORGENSEN, M.; BURR, D.; MARRAS, W.S. The prediction of lumbar spine geometry: method development and validation. **Clinical Biomechanics**, v. 20, p. 455-464, 2005.
- COURY, H.J.C.G. Postural recording. Capítulo de encyclopedia: **Industrial Ergonomics: User's Encyclopedeia**, 1999.
- HAGBERG, M.; WEGMAN, D.H. Prevalence rates and odds ratio of shoulder-neck diseases in different occupational groups. **British Journal of Industrial Medicine**, v.44, p. 602-610, 1987.
- HANSSON, G-Å.; BALOGH, I.; BYSTROM, J.U.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; ASTERLAND, P.; SJOLANDER, S.; RYLANDER, L.; WINKEL, J.; SKERFVING, S. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. **Scandinavian Journal of Work Environmental Health**, v. 27, p.30-40, 2001a.
- HANSSON, G.-Å.; BALOGH, I.; BYSTRÖM, J.U.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; ASTERLAND, P.; SJÖLANDER, S.; RYLANDER, L.; WINKEL, J.; SKERFVING, S. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. **Scandinavian Journal of Work, Environmental & Health**, v. 27, p. 30-40, 2001b.
- HANSSON, G-Å.; BALOGH, I.; OHLSSON, K.; SKERFVING, S. Measurements of wrist and forearm positions and movements: effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.14, p. 355-67, 2004.
- HANSSON, G-Å.; ARVIDSSON, I.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S.; BALOGH, I. Precision of measurements of physical workload during standardizes manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.16, p. 125-136, 2006.
- JUUL-KRISTENSEN, B.; HANSSON, G-Å.; FALLENTIN, N.; ANDERSEN, J.H.; EKDAHL, C. Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements. **Applied Ergonomics**, v.32, p.517-524, 2001.
- National Institute for Occupational Safety and Health.** Neck musculoskeletal disorders: evidence for work-relatedness. U.S. Department of Health and Human Services. Março, 1997.
- 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 p. 479-88, 2001.
- SATO, T.O; GIL COURY, H.J.C.; HANSSON, G-Å. Improving goniometer accuracy by compensating for individual transducer characteristics. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2008; Article In Press.
- SHIRATSU, A.; COURY, H.J.C.G. Reliability and accuracy of different sensors of a flexible electrogoniometer. **Clinical Biomechanics**. v. 18, p. 682-684, 2003.
- SPIELHOLZ, P. Development of an electrogoniometer calibration procedure for measurement of wrist angle and forearm rotation. **Advances in Occupational Ergonomics and Safety**, p. 499-502,1998.
- TESIO, L.; MONZANI M, GATTI R.; FRANCHIGNONI, F. Flexible electrogoniometers: kinesiological advantages with respect to potentiometric goniometres. **Clinical Biomechanics**, v.10, p.275-277,1995.
- VEIERSTED, K.B; GOULD, K.S.; ØSTERÅS, N.; HANSSON, G-Å. Effect of an intervention addressing working technique on the biomechanical load of the neck and shoulders among hairdresser. **Applied Ergonomics** 2008;39:183-190.

## **ANEXO E**

Moriguchi CS, Carnaz L, Alencar JF, Miranda Júnior LC, Granqvist L, Hansson G-Å, Coury HJCG. Registro postural da cabeça, tronco superior, cervical e membros superiores em situação ocupacional: Descrição de um método por inclinometria. In: XV Congresso Brasileiro de Ergonomia (ABERGO), Porto Seguro-BA, 2008.

# REGISTRO POSTURAL DA CABEÇA, TRONCO SUPERIOR, CERVICAL E MEMBROS SUPERIORES EM SITUAÇÃO OCUPACIONAL: DESCRIÇÃO DE MÉTODO PARA REGISTRO POR INCLINOMETRIA.

Cristiane Shinohara Moriguchi (Ft)<sup>1</sup>, Leticia Carnaz (Ms)<sup>1</sup>, Jerônimo Farias de Alencar (Ms)<sup>1</sup>, Luiz Carlos de Miranda Junior (Eng)<sup>2</sup>, Lothy Granqvist (técnica)<sup>3</sup>, Gert-Åke Hansson (Ph.D.)<sup>3</sup>, Helenice Jane Cote Gil Coury (Ph.D.)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Fisioterapia / Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP) - Brasil

<sup>2</sup> Centro Superior de Educação Tecnológica/Universidade Estadual de Campinas, Limeira (SP)-Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Medicina Ocupacional / Hospital Universitário, Lund - Suécia

Email: [crisshinohara@gmail.com](mailto:crisshinohara@gmail.com)

Palavras-chaves: inclinometria, exposição, postura, medida direta.

*Objetivo:* Descrever os métodos utilizados para registro postural de articulações com vários graus de liberdade de movimento, como cabeça, tronco superior, cervical e membros superiores (MS) por meio de inclinometria durante a realização de uma atividade ocupacional. *Métodos:* Um electricista sadio (48 anos) foi registrado durante uma atividade. Foram utilizados 4 inclinômetros, fixados no capacete, no tronco superior e nos MS de acordo com os métodos de Hansson et al. (2001b). *Resultados:* Em 50% das observações, amplitudes superiores a 42° e 70° foram encontradas para a cervical e MS, respectivamente. *Conclusão:* A inclinometria revelou ser uma ferramenta útil de medida de exposição postural para articulações triaxiais em situação ocupacional, que constituem ainda um grande desafio para ergonomia.

*Keywords:* inclinometry, exposure, posture, direct measurement.

*Object:* To describe the methods for postural recording of triaxial joints, such as head, upper back, neck and upper arms (UA) using inclinometry during occupational activity. *Methods:* One healthy lineman (age 48 years) from a electricity distribution company was registered during an activity. Four inclinometers were attached to helmet, upper back and UA according to Hansson et al. (2001b) methods. *Results:* In 50% of the observations, amplitudes of 42° and 70° or higher were recorded for neck and UA, respectively. *Conclusion:* Inclinometry is a useful tool for measuring posture exposure for triaxial joints at occupational environment, which still is a challenge for ergonomics.

## 1. INTRODUÇÃO

Medidas de exposição de trabalhadores a fatores de risco para distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs) são essenciais para ergonomia (DAVID, 2005). Por meio da identificação dos fatores de risco e do entendimento dos mecanismos que conduzem às lesões, ergonomistas podem propor programas preventivos que reduzam os fatores de risco. Neste sentido, o conhecimento da exposição pode ser utilizado para reduzir a incidência e a severidade das desordens musculoesqueléticas (DAVID, 2005; MARRAS et al., 2008).

As posturas corporais têm evidência epidemiológica de relação causal para o surgimento dos DORTs (BERNARD, 1997). Mais especificamente, posturas extremas que ocorrem com frequência durante o trabalho são consideradas fatores de risco para o desenvolvimento de dor e desconforto em

trabalhadores (COURY, 1999; SLUITER, REST e FRINGS-DRESEN, 2001).

Medidas válidas e acuradas de exposição ao fator de risco postural podem ser adquiridas por meio de instrumentos de medidas diretas no local de trabalho. Este método de medida permite estimar os 3 fatores que quantificam a exposição: intensidade, frequência e duração (VAN DER BEEK e FRINGS-DRESEN, 1998; WINKEL e WESTGAARD, 1992), os quais são essenciais para evidenciar a relação causal entre o fator de risco em questão e os DORTs (BERNARD, 1997).

Medidas diretas válidas de postura e movimento em ambiente ocupacional podem ser feitas por meio de inclinometria (BERNMARK e WIKTORIN, 2002). Inclinômetros são pequenos transdutores constituídos por acelerômetros triaxiais, que fornecem medidas de postura e movimento, tendo a linha de gravidade como referência (HANSSON et al., 2001a). Estes

transdutores podem ser utilizados para o registro postural durante um dia inteiro de trabalho com frequência de aquisição de 20Hz (HANSSON et al., 2003), sem afetar a rotina de trabalho dos indivíduos avaliados (BERNMARK e WIKTORIN, 2002).

Inclinômetros têm demonstrado ser altamente precisos (HANSSON et al., 2006) para avaliação de sobrecarga postural em articulações complexas como ombros e cervical (JUUL-KRISTENSEN et al., 2001; VEIERSTED et al., 2008). Essas articulações apresentam cinemática complexa com 3 graus de liberdade e grande amplitude de movimento (LOWE 2004; NORKIN e LEVANGIE, 2001; VAN DER BEEK e FRINGS-DRESSEN, 1998; YEN e RADWIN, 2002), o que dificulta sua avaliação precisa em ambientes não controlados (laboratoriais).

Objetivos: Descrever os métodos utilizados para registro postural da cabeça, tronco superior e membros superiores por meio de inclinometria durante a realização de uma atividade ocupacional.

## 2 MÉTODOS

### 2.1 Sujeito

Para melhor descrevermos a utilização dos inclinômetros em situação ocupacional, escolhemos a atividade de eletricista, que será apresentada como um estudo de caso. Um eletricista de uma empresa de distribuição de energia elétrica brasileira, de 48 anos, sadio e destro, participou do estudo. O participante foi informado sobre os procedimentos de coleta e assinou um termo de consentimento. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CAAE 0164.0.135.000-07).

### 2.2 Procedimento de coleta

Foram utilizados 4 inclinômetros (Logger Tecknologi, Åkarp, Sweden) para medida de postura da cabeça, tronco superior, cervical e membros superiores a uma frequência de aquisição de dados de 20Hz.

A primeira etapa do procedimento de coleta de dados por inclinometria envolve a calibração dos inclinômetros antes da preparação do sujeito. Foram calibradas as direções X, Y e Z de cada inclinômetro em relação a linha de gravidade. Para isto, cada uma das 6 faces do inclinômetro foi posicionada sobre uma superfície plana durante 5 segundos.

Após a calibração, os inclinômetros foram desconectados da unidade de aquisição de dados (data logger), sem interrupção do registro, para facilitar a sua fixação no sujeito. Fita adesiva dupla face foi utilizada para fixar os inclinômetros no indivíduo.

A fixação do inclinômetro na frente do sujeito para os registros referentes à cabeça não foi possível, porque o trabalhador utilizava capacete como equipamento de proteção individual obrigatório. Assim, este inclinômetro foi fixado na parte anterior do capacete, como se estivesse centralizado na frente do sujeito, como pode ser visto na Figura 1.



Figura 1. Inclinômetro posicionado para registro postural da cabeça. A. Inclinômetro fixo no capacete. B. Inclinômetro como deveria ser fixado na frente do trabalhador se este não utilizasse capacete.

Para o posicionamento do inclinômetro no tronco superior, a sétima vértebra cervical foi palpada e marcada com caneta hidrocor. O inclinômetro foi fixado à direita do processo espinhoso de C7/T1 (Figura 2). Para melhor fixação, foi colado adesivo cirúrgico de 10cm sobre o transdutor.



Figura 2. Inclinômetro acoplado à direita do processo espinhoso de C7/T1 para registro postural do tronco superior.

Para o posicionamento dos inclinômetros nos membros superiores, palpou-se o deltóide durante a abdução do

ombro para encontrar sua inserção distal. Uma placa plástica foi fixada abaixo da inserção distal do deltóide. Em seguida, o transdutor foi fixado sobre a placa plástica (Figura 3), que foi utilizada para diminuir os efeitos dos artefatos de tecido devido a abaulamentos da musculatura.

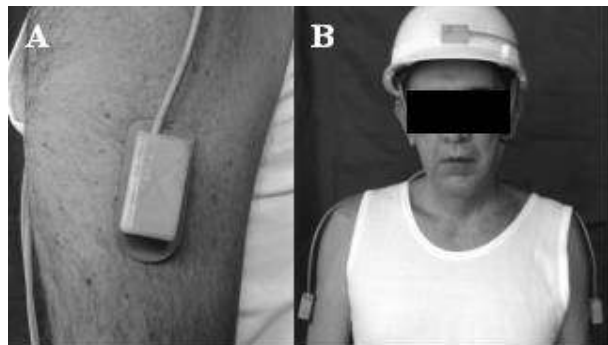


Figura 3. Inclinômetro posicionado para o registro postural dos membros superiores. A. Detalhes da fixação do inclinômetro sobre a placa plástica no membro superior direito. B. Inclinômetros fixos bilateralmente.

Para garantir a fixação dos transdutores no membro superior, foram colados adesivos cirúrgicos de 10cm sobre o transdutor, assim como faixas elásticas ao redor do braço. Estes procedimentos foram adotados para garantir a fixação dos inclinômetros, pois o suor pode eventualmente provocar o descolamento dos transdutores.

Em seguida, foram registradas por 5 segundos a posição de referência neutra e de direção dos movimentos. A posição neutra de referência para cabeça e tronco superior ( $0^\circ$  de flexão/extensão e inclinação lateral) consistiu na postura ereta do sujeito, com olhar fixo em uma marca na altura dos olhos a 1 ou 2 metros de distância. Como pode ser visto na Figura 4.



Figura 4. Posição neutra de referência para o registro postural da cabeça e tronco superior.

A posição de referência para a direção dos movimentos da cabeça e tronco superior consistiu na postura do sujeito sentado em uma cadeira realizando flexão de tronco e cervical. Nesta postura, o olhar do sujeito deve visualizar um ponto entre os pés.

A posição neutra de referência para os membros superiores foi obtida com o sujeito sentado em uma cadeira, com axila sobre o apoio das costas e o braço pendendo livremente. Um peso de 2kg foi segurado pelo indivíduo para garantir que o braço permanecesse perpendicular ao solo (Figura 5).

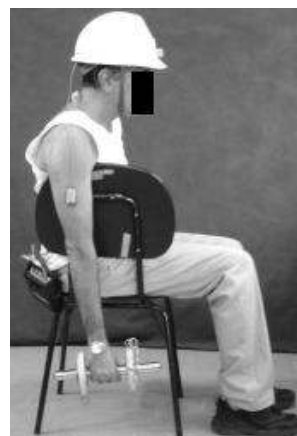


Figura 5. Posição neutra de referência para o registro postural do membro superior direito.

A referência para a direção dos movimentos dos membros superiores direito e esquerdo consistiu na abdução simultânea dos braços a  $90^\circ$ , com o indivíduo ereto olhando para uma marca na altura dos olhos.

As posições de referências neutra e de direção dos movimentos foram meticulosamente definidas para garantir a qualidade dos registros. Todo procedimento de coleta de dados foi baseado no protocolo de HANSSON et al. (2001b).

### 2.3 Tarefa analisada

Foi realizado o registro inclinométrico durante a realização de uma atividade ocupacional comum na rotina do electricista de distribuição de energia elétrica, a atividade de substituição de elo fusível em solo.

Essa atividade consiste no manuseio de uma haste retrátil de aproximadamente 6,3Kg (vara telescópica), que é utilizada para a retirada e substituição do elo fusível queimado no poste. A tarefa exige força, atenção e coordenação motora para a sua execução (Figura 6).



Figura 6. Eletricista durante atividade de troca de elo fusível em solo com uso da vara telescópica.

O registro da atividade ocupacional foi realizado no centro de treinamento da própria empresa, utilizado para reproduzir as condições de trabalho habitual. Desta forma, a atividade foi realizada sem qualquer risco à saúde dos funcionários e respeitando as normas de segurança do trabalho da empresa.

## 2.4 Análise dos dados

A tarefa foi analisada descritivamente de acordo com a distribuição de posturas da cabeça, tronco superior, cervical e membros superiores por um software desenvolvido no Departamento de Medicina Ocupacional no Hospital da Universidade de Lund, Suécia. Foram analisadas as posturas de flexão/extensão e inclinação lateral direita/esquerda da cabeça, tronco superior e cervical e as posturas de elevação dos membros superiores. As posturas da cervical foram calculadas como a diferença entre os registros da cabeça e do tronco superior. O software utilizado para análise foi descrito por HANSSON et al. (2001a).

## 3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de exposição postural da cabeça, tronco superior, cervical e membros superiores obtidos por meio da inclinometria. Os percentis 10, 50 e 90 permitem verificar a exposição postural a que o indivíduo está submetido durante a tarefa para cada região corporal (Tabela 1).

Tabela 1. Postura (°) de flexão(+)/extensão(-) e inclinação lateral direita(+)/esquerda(-) da cabeça, tronco superior, cervical e elevação dos membros superiores nos percentis 10, 50 e 90.

Posturas	Percentis de postura (°)		
	10	50	90
<i>Cabeça</i>			
Flexão/ extensão	-65	-53	-10
Inclinação lateral	-12	-1	13
<i>Tronco superior</i>			
Flexão/ extensão	-20	-9	5
Inclinação lateral	-21	-5	8
<i>Cervical</i>			
Flexão/ extensão	-64	-42	1
Inclinação lateral	-13	8	21
<i>Braço direito</i>			
elevação	12	73	114
<i>Braço esquerdo</i>			
elevação	51	89	118

## 4. DISCUSSÃO

O registro postural acurado das articulações do ombro e cervical em situação ocupacional é uma tarefa complexa. Contudo, a inclinometria se apresentou como uma ferramenta útil, pois foi capaz de identificar o risco postural na atividade avaliada (substituição de elo fusível em solo).

A análise dos resultados permitiu verificar que a substituição de elo fusível é uma tarefa com alto risco postural para o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas para cervical e ombros. O percentil 50 de postura da cervical revela que o eletricista permanece em extensão superior a 42° em 50% das observações, o que pode ser considerado um fator de risco importante, pois a presença da extensão cervical mesmo em pequenas amplitudes já é considerada como fator de risco postural. Para a articulação do ombro, observamos pelo percentil 50



que há elevação do ombro superior a 73° para o braço direito e 89° para o braço esquerdo em 50% das observações, sendo que excursões do ombro em amplitudes superiores a 60° são consideradas fatores de risco para o desenvolvimento dos DORT (KEYSERLING et al., 1993; MC ATAMNEY e CORLETT, 1993; SCHNEIDER, 1995).

A inclinometria mostrou-se viável na situação ocupacional escolhida por ser portátil, de fácil manuseio e não exigir muito tempo para calibração e preparação do sujeito (HANSSON et al., 2001a; BERNMARK e WIKTORIN, 2002). Além disso, seu uso é confortável e não interfere nas técnicas de trabalho (BERNMARK e WIKTORIN, 2002). A inclinometria apresenta ainda a vantagem de ser um equipamento acurado, com erro angular médio do transdutor associado ao software de 1.3° em condições tridimensionais (HANSSON et al., 2001a).

Devido a alta aplicabilidade dos inclinômetros, algumas considerações devem ser feitas quanto ao seu uso. Imprecisões nos métodos de registro da posição de referência podem gerar variabilidade nos registros de postura que não representem variações existentes no movimento (HANSSON et al., 2006). Além desta imprecisão, outras fontes de erro da inclinometria estão presentes nos registros em movimentos a altas velocidades (BERNMARK e WIKTORIN, 2002). Outra limitação deste método é que este não distingue os movimentos de flexão e abdução dos membros superiores (BERNMARK e WIKTORIN, 2002), pois o registro tem como referência a linha da gravidade (HANSSON et al., 2001a), o que não permite distinguir a elevação do braço que ocorre no plano frontal da elevação do braço que ocorre no plano sagital.

Apesar destas limitações, a acurácia e a aplicabilidade em ambiente ocupacional, fazem da inclinometria uma importante ferramenta para a Ergonomia. Este método permite a realização de estudos com forte evidência sobre a relação entre a exposição a fatores de risco e as desordens musculoesqueléticas (BERNARD, 1997). Assim, torna-se possível a realização de estudos que possam suprir a ausência de pesquisas que estabeleçam evidências epidemiológicas concretas por meio de medidas diretas de exposição (WINKEL e WESTGAARD, 1992). Ainda, este método permite avaliar os efeitos de intervenções na redução da exposição postural, que não são detectáveis por outros métodos como avaliações subjetivas ou mesmo observações sistemáticas (JUUL-KRISTENSEN et al., 2001; VEIERSTED et al., 2008).

## 5. CONCLUSÃO

A inclinometria revelou ser uma ferramenta útil de medida de exposição postural em situação ocupacional. No entanto, ela deve ser utilizada em conjunto com outras medidas de exposição externa que também avaliem sobrecarga física, como força realizada e carga manuseada (JUUL-KRISTENSEN et al., 2001), além da avaliação de outros fatores que possam contribuir para o desenvolvimento dos DORT, como fatores organizacionais, sociais e individuais (VAN DER BEEK e FRINGS-DRESEN, 1998; PUNNETT e WEGMAN, 2004).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), US Department of Health and Human Services. Report n° 97-141, 1997.
- BERNMARK, E.; WIKTORIN, C. A triaxial accelerometer for measuring arm movements. **Applied Ergonomics**, v. 33, p. 541-547, 2002.
- COURY, H.J.C.G. Postural recording. Capítulo de encyclopedia: **Industrial Ergonomics: User's Encyclopedea**, 1999.
- DAVID, G.C. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. **Occupational Medicine**, v. 55, p. 190-199, 2005.
- HANSSON, G.-Å.; ARVIDSSON, I.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S.; BALOGH, I. Precision of measurements of physical workload during standardized manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 16, p. 125-136, 2006.
- HANSSON, G.-Å.; ASTERLAND, P.; HOLMER, N.-G.; SKERFVING, S. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 39, p. 405-413, 2001a.
- HANSSON, G.-Å.; ASTERLAND, P.; KELLERMAN, M. Technical Note. Modular data logger system for physical workload measurements. **Ergonomics**, v. 46, p. 407-415, 2003.
- HANSSON, G.-Å.; BALOGH, I.; BYSTRÖM, J.U.; OHLSSON, K.; NORDANDER, C.; ASTERLAND, P.; SJÖLANDER, S.; RYLANDER, L.; WINKEL, J.; SKERFVING, S. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. **Scandinavian Journal of Work, Environmental & Health**, v. 27, p. 30-40, 2001b.
- JUUL-KRISTENSEN, B.; HANSSON, G.-Å.; FALLENTIN, N.; ANDERSEN, J.H.; EKDAKL, C.

- Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements. **Applied Ergonomics**, v. 32, p. 517-524, 2001.
- KEYSERLING, W. M., STETSON, D. S., SILVERSTEIN, B. and BROWER, M. L. A check list for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders, **Ergonomics**, v. 36, p. 807-831, 1993.
- LOWE, B.D. Accuracy and validity of observational estimates of shoulder and elbow posture. **Applied Ergonomics**, v. 35:159-171, 2004.
- MCATAMNEY, L. and CORLETT, E. N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, **Applied Ergonomics**, v. 24(2), p. 91-99, 1993.
- MARRAS, W.S.; CUTLIP, R.G.; BURT, E.S.; WATERS, T.R. National occupational research agenda (NORA) future directions in occupational musculoskeletal disorder health research. **Applied Ergonomics**. IN PRESS.
- NORKIN, C.C.; LEVANGIE, P.K. Articulações Estrutura e Função: Uma abordagem Prática e Abrangente. Revinter: 2ª edição, Rio de Janeiro, 2001.
- PUNNETT, L.; WEGMAN, D.H. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 14, p. 13-23, 2004.
- SCHNEIDER, S. OSHA' s draft standard for prevention of work-related musculoskeletal disorders, **Applied Occupational Environment TNG**, v. 10, p. 665-674, 1995.
- SLUITER, J.K.; REST, K.M.; FRINGS-DRESEN, M.H.W. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, v. 27, suppl. 1, p. 1-102, 2001.
- VAN DER BEEK, A.J.; FRINGS-DRESEN, M.H.W. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 55, p. 291-299, 1998.
- VEIERSTED, K.B.; GOULD, K.S.; ØSTERÅS, N.; HANSSON, G.-Å. Effect of an intervention addressing working technique on the biomechanical load of the neck and shoulders among hairdressers. **Applied Ergonomics**, v. 39, p. 183-190, 2008.
- WINKEL, J; WESTGAARD, R. Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II – The scientific basis (literature review) for the guide. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 10, p. 85-104, 1992.
- YEN TY, RADWIN RG. A comparison between analysis time and inter-analyst reliability using spectral analysis of kinematic data and posture classification. **Applied Ergonomics**, v.33, p. 85-93, 2002.

## **ANEXO F**

Moriguchi, C.S; Carnaz, L.; Alencar, J.F; Miranda Júnior, L.C.; Granqvist, L.; Hansson, G-Å.; Coury, H.J.C.G. Postures and Movements in the most common tasks of Power Line workers. Artigo aceito para publicação no periódico *Industrial Health*.

----- Original Message -----

**From:** [IND HEALTH editorial dept.](#)

**To:** [helenice@ufscar.br](mailto:helenice@ufscar.br)

**Sent:** Thursday, January 27, 2011 9:11 AM

**Subject:** INDUSTRIAL HEALTH MS1252 2nd Review Results

Dear Dr. Helenice Jane Cote Gil Coury,

Thank you very much for submitting your manuscript to INDUSTRIAL HEALTH.

As a result of the second review, We are pleased to inform you that your manuscript MS1252 has been accepted as of January 27, 2011 as an Original Article.

The official acceptance letter will be sent to you by airmail from the editorial office.

After receiving it, please send the final version of your manuscript for publication (word and excel) to [ihjim@h.jniosh.go.jp](mailto:ihjim@h.jniosh.go.jp).

Also, please send the PDF version (If you have some files, please combine into one PDF) as advance publication. <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/indhealth/vols>

(Cover page will be prepared by editorial office.)

When you prepare the final version, please modify the following points:

Title page

- 1) Title: please modify only the first character of each word should be capital.
- 2) Please delete the number of each heading. e.g.) 1. Introduction should be just "Introduction"

Reference

- 1) the page number should be listed as shortened. e.g.) 353-371 should be 353-71.
- 2) Volume should be in bold.

If you have any questions, please feel free to contact me.

Best regards,

Rie Sotoyama

**Article type:** Original article

**Title:** POSTURES AND MOVEMENTS IN THE MOST COMMON TASKS OF POWER LINE WORKERS

**Authors:**

Cristiane Shinohara MORIGUCHI<sup>1</sup>

Letícia CARNAZ<sup>1</sup>

Jerônimo Farias de ALENCAR<sup>1</sup>

Luiz Carlos MIRANDA JÚNIOR<sup>2</sup>

Lothy GRANQVIST<sup>3</sup>

Gert-Åke HANSSON<sup>3</sup>

Helenice Jane Cote GIL COURY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos, São Carlos - SP, Brazil

Address: Washington Luís Road, Km 235, SP310, São Carlos, São Paulo, Brazil. CEP: 13565-905

<sup>2</sup> Center of Technological Higher Education, State University of Campinas, Campinas - SP, Brazil

Address: Rua Paschoal Marmo, Jardim Nova Itália, 1888, Limeira, São Paulo, Brazil. CEP: 13484-332

<sup>3</sup> Division of Occupational and Environmental Medicine, Lund University, Lund, Sweden

Address: Lund University box 117, S-221 00, Lund, Sweden

**Corresponding author:**

Helenice Jane Cote Gil Coury

Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos

Washington Luís Road, Km 235, SP – 310, São Carlos - São Paulo - Brazil

Mail address: [helenice@ufscar.br](mailto:helenice@ufscar.br)

tel: +55 16 3351-8634

fax: +55 16 33612081

**Short title:** LINE WORKER POSTURES AND MOVEMENTS

**Keywords:** inclinometry, shoulder, head, neck, work related musculoskeletal disorders

## ABSTRACT

The repair and maintenance of electrical power lines involves awkward postures, which are known risk factors for developing musculoskeletal disorders. The aim of the present study was to quantify the postures and movements of the upper arm, head, upper back and neck in the main tasks performed by line workers. The posture of twelve right-handed line workers was recorded by inclinometry and presented as percentiles of the angular and angular velocity distributions. All tasks involved considerable upper-arm elevation, ranging from 73° to 115° for the 90<sup>th</sup> percentile. Upper-arm elevation showed significant differences between tasks, but no consistent differences between right and left sides. Regarding velocity, the right arm presented higher levels than the left arm. All tasks required significant extension of the head, upper back and neck, ranging from 7° to 67° for the head (10<sup>th</sup> percentile). All tasks, except the one performed with a continuous extension, also involved pronounced flexion, ranging from 33° to 60° for the head (90<sup>th</sup> percentile). Work which required highly elevated arms also required significant head extension ( $r^2 = 0.56$ ). Awkward postures of the upper arms, head, upper back and neck were identified by inclinometry, demonstrating the need for preventative interventions to reduce musculoskeletal disorders among line workers.

## 1 Introduction

The use of renewable energy sources should be stimulated in order to change current consumption patterns based on fossil fuels, which are associated with high levels of pollution emission. In recent decades, Brazil has endeavored to increase its use of renewable energy sources, which currently represent 41.3% of national consumption, compared to an average of 14.4% for the rest of the world<sup>1)</sup>. Brazilian renewable electricity has a strong hydraulic base and requires an extensive overhead power line network to transmit the energy from power stations to the consumer. Repairs and maintenance to this network are performed by line workers.

The work conditions of line workers have been associated with a high prevalence of musculoskeletal disorders, elevated medical treatment costs, workers' compensation claims and employee turn-over<sup>2)</sup>. These disorders have been associated with stress at work<sup>3)</sup> and exposure to weather conditions such as cold environments, which can contribute to the development of musculoskeletal symptoms<sup>4)</sup>. Biomechanical risk factors such as the high physical workload due to heavy equipment and tool handling<sup>5)</sup> and the extreme arm postures adopted on the job<sup>2)</sup> have also been investigated in the context of line worker health. Previous studies on such physical risk factors have used systematic observation<sup>2, 6)</sup> and measurements of exerted force and muscular activity<sup>5, 7)</sup>. However, no studies using objective measurements to evaluate upper arm and neck posture and movement in line workers were found in the available literature.



Inclinometers can be used to obtain quantitative and generic data on workplace posture and movement. This portable approach enables precise ambulatory and unobtrusive whole-day recordings<sup>8, 9)</sup>, providing a basis for kinematic analysis and an understanding of the possible biomechanical risks involved in line workers' activities.

The identification of risk factors by biomechanical assessment can allow ergonomists to design preventative interventions that reduce hazard conditions in the workplace<sup>10, 11)</sup>. The accurate quantification of risk factors present in working conditions can also lead to the development of more precise prevention guidelines<sup>10, 11)</sup>. Furthermore, the use of biomechanical assessment can both improve the quality of ergonomic interventions for reducing work-related disorders and evaluate the efficacy of implemented interventions<sup>12)</sup>.

A previous study on line workers carried out in a Brazilian electrical energy distribution company revealed that 87% of the evaluated workers presented at least one type of musculoskeletal symptom during the previous 12 months. Shoulder (43%) and back-related (43%) symptoms were the most prevalent<sup>13)</sup>. Considering these findings, it seems relevant to evaluate, using objective measurements, the kinesiological risk present in these activities.

Thus, the objective of this study was to quantify the upper arm, head, upper back and neck postures and movements required for the most common tasks performed by line workers.

## 2 Subjects and Methods

### 2.1 Subjects and Ethical Aspects

Twelve right-handed male line workers (mean age  $43\pm 7.9$  years; weight  $86\pm 17$  kg; height  $1.80\pm 0.08$  m; employment time as a line worker  $16\pm 6.1$  years) working at an electrical energy distribution company in Brazil participated in the study.

All subjects were informed about the procedures involved in this study and gave their written informed consent. The study was approved by the local ethics committee of the Federal University of São Carlos.

## 2.2 Tasks performed and safety requirements

Line workers are responsible for repairing and doing maintenance work on low voltage power lines (110 and 220 volt). The work is performed on the ground or on ladders leaning against a pole/attached to a truck. According to the company safety regulations, when performing their tasks, the line workers should wear special clothes, use a protective helmet and have no contact with any metal object (e.g. watches or rings).

Due to these safety regulations, it was not possible to perform the measurements while the power lines were energized. Thus, the measurements were performed at a technological center for line worker training, where the complete occupational environment is reproduced without active power lines in order to prevent training accidents. At this center, line workers can be trained, periodically re-trained, and become familiarized with new equipment safely. Due to compulsory national regulation legislation, line workers must attend retraining sessions on a regular basis.

## 2.3 Procedures

### 2.3.1 Incliniometry

Four inclinometers and a data logger (Logger Teknologi HB, Åkarp, Sweden) were used to record the postures and movements of the right and left upper arms, head, upper back and neck. The sampling rate was 20 Hz. For the upper arms, the inclinometers were attached to plastic plates that were fixed below to the deltoid muscle insertion. For head measurements, the inclinometer is usually fixed to the forehead; however, since there was not enough space inside the helmet, the sensor was attached to the outside of the helmet before the subject put it on. The upper back inclinometer was fixed to the right of the cervicothoracic spine at the C7-T1 level<sup>8)</sup>.

After attaching the inclinometers to the above-described locations, the line workers put on their protective clothes and helmets. Their clothes and helmets were individually adjusted for an exact fit. All inclinometer cables remained beneath the protective clothes. Next, the inclinometers were connected to the data logger and the *reference* and *direction* positions were registered. The reference position for the upper arms was obtained while the subject sat with his arms hanging perpendicular to the floor and holding a 2 kg dumbbell. The reference position for the head and upper back was obtained while the subject stood looking at a mark at his eye level. The forward direction position for the upper arms was set at 90° of elevation in the scapular plane. The forward direction position for the head and upper back was defined while the subject sat with his neck and trunk flexed<sup>14)</sup>.

### 2.3.2 Worksite and work tasks

Based on the line workers' productivity schedules, which are records of the main tasks they performed, the following five tasks were determined to be the most frequent, and were thus selected for evaluation:

- a) "Photoelectric relay replacement" (T1): The worker climbed a ladder, removed and substituted a relay with rotating hand movements and then climbed down (Figure 1A).
- b) "Turning a consumer unit off and on" (T2): The worker climbed a ladder at a consumer pole, removed and substituted a connector between two wires with a pair of pliers and climbed down (Figure 1B).
- c) "Lamp replacement" (T3): The worker climbed a ladder attached to a truck to reach a lamp, opened the protective cover, removed and substituted the bulb, closed the protective cover and climbed down (Figure 1C).
- d) "Ladder raising and removal" (T4): This is an auxiliary task consisting of raising the ladder into position before climbing up and removing it after climbing down. The worker took the ladder from its support on the truck, which was at a height of 1.70 m, leaned it against the pole, attached the ladder to the pole with a rope, and then removed the ladder and put it back on the truck support. The ladder weighs 26 kg (Figure 1D).
- e) "100 amp fuse replacement" (T5): The worker substituted a fuse while standing on the ground by using a telescopic stick weighing 6.3 kg that had a maximum height of 8 m. The worker held the stick perpendicular to the ground and with repetitive arm elevations extended segments to reach the fuse on the top of the pole. The worker maneuvered the telescopic stick to remove the fuse. Next, the worker collapsed the stick segments to retrieve the fuse and substitute it with a new one. Finally, the worker installed the new fuse at the top of the pole and collapsed the telescopic segments once again (Figure 1E).

Insert Figure 1 about here

To guarantee that all line workers performed the same tasks, a supervisor provided information regarding the order of the tasks to be carried out by the workers, which was randomised.

The total duration of the recordings, including preparation time and transportation between work stations, was about 22 minutes. The duration of the tasks was similar for all workers, with an average of 2 min 15 s, 4 min 20s, 2 min 22 s, 2 min 20 s, and 4 min 1 s for tasks T1, T2, T3, T4 and T5, respectively.

In order to verify similarities between the simulated tasks and those performed in the field (real tasks), the duration of some of the tasks performed in the field was observed and timed during regular shift work for 6 workers. The average duration of the real tasks for these 6 workers was 6 min 14 s, 2 min 32 s and 2 min 35 s for tasks T2, T3 and T4, respectively. Not all workers performed tasks 1 and 5 during the observation period. The durations of these three simulated and field tasks can be considered relatively similar, with slightly longer periods necessary for the real activities. The durations of the main tasks, whether real or simulated, were considerably shorter than preparatory tasks such as transportation, marking off the area and material handling.

#### 2.4 Data Analysis

For the upper arm elevation angles, the 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles of the angular distributions, i.e. the angles exceeded for 50% and 10%, respectively, of the recording duration, and the fraction of time spent in amplitude zones with the arm elevated above 60° and 90° were presented. Flexion/extension angles of the head, upper back and neck were derived for the 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup>

percentiles. As positive values denote flexion and negative extension, the 10<sup>th</sup> percentile is a measure of extension (lower values correspond to more extended positions), while the 90<sup>th</sup> percentile is a measure of flexion. For all body regions, the angular velocities were derived from the 50<sup>th</sup> percentile of the angular velocity distributions. Neck flexion/extension angles and movements were calculated as the difference between the corresponding measures of the head and upper back<sup>14)</sup>. The order of tasks presentation was based on the elevation of the right upper arm (90<sup>th</sup> percentile). Task exposures were described by the mean value and standard deviation of the 12 workers.

For each posture and movement measurement, differences between tasks were examined using the Friedman test. If this test identified differences ( $p < 0.05$ ), the Wilcoxon signed ranks test with Bonferroni adjustment ( $p < 0.005$ ) was conducted to evaluate the paired differences between tasks. The Spearman correlation coefficient was applied to evaluate the association between head extension and upper arm elevation. All calculations were performed with SPSS v11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

### 3 Results

#### 3.1 Upper arms

Regarding arm elevation, all workers performed the tasks in a similar way, except for T5, which displayed scattered values for both the right and left arms (Figure 2). For this task some of the workers with a very high (or low) elevation on one side showed a very low (or high) elevation on the other side. Hence, the SDs were, for almost all posture measures, conspicuously higher for T5 than for any of the other tasks (Table 1).

Insert Figure 2 about here

Both the right and left upper arms presented high elevations for the five tasks, ranging from 73° to 115°, for the 90<sup>th</sup> percentile (Table 1). Line workers maintained high levels of elevation (>60°) for long periods of time, varying from 18% to 69% of the total task duration, and very high elevations (>90°) 2% to 38% of the time.

The time spent in the different pre-established angular zones varied between the tasks, as did the posture and velocity percentiles (Table 1). Statistical differences were identified between most of the tasks, with all tasks presenting high amplitudes of upper arm elevation, and tasks T3, T4 and T5 presenting very high mean amplitudes. Furthermore, there were significant differences between tasks with respect to velocity, generally speaking. For the right upper arm, velocities ranged from 54 to 94°/s, i.e., a relative difference of 74%. Task T4 was the most dynamic, with angular velocities of 94°/s for the right upper arm and 88°/s for the left.

The mean value for the line workers showed, for all elevation measures, symmetric arm elevation during T1, T3 and T4. For the “high end” measures, i.e., the 90<sup>th</sup> percentile and elevation >90°, the values for the right arm were considerably higher than those for the left during T2 (91° vs. 73° and 12% vs. 3.3%; Table 1). The velocities were higher for the right side than for the left side; the relative differences ranged from 7% to 24% for the five tasks, and were, on average, 14% higher for the right side.

Insert Table 1 about here

### 3.2 Head, upper back and neck

The tasks primarily influenced head posture, but also had a substantial effect on the upper back (Figure 3). A considerable fraction of the adaptation was accomplished by flexing and extending the neck. The head, upper back and neck presented both extension (10<sup>th</sup> percentile) and flexion postures (50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles) during the performance of tasks T1, T2, T3 and T4, while in task T5 extension prevailed, showing the most pronounced negative amplitudes recorded.

Insert Figure 3 about here

The values presented in Table 2 confirm the high amplitudes of head flexion (56° to 60°) for tasks T1, T2 and T3 for the 90<sup>th</sup> percentile. These tasks also presented high upper back (24° to 28°) and neck (36° to 38°) flexion amplitudes. In task T5, generally extended postures were observed for all segments and percentiles (except the 90<sup>th</sup> percentile for the neck), with a conspicuous head extension of -67° for the 10<sup>th</sup> percentile. The tasks were significantly different for most of the amplitudes and velocities evaluated, except for some T1, T2 and T3 values. Regarding velocity, T4 was, as with the upper arm measurements, significantly more dynamic than the other tasks.

Insert Table 2 about here

Considering all tasks jointly, working with elevated arms was associated with head extension. The Spearman correlation between head extension (10<sup>th</sup> percentile) and upper arm elevation (90<sup>th</sup> percentile) was -0.75 ( $p < 0.01$ ).

### 3.3 Inter-subjects variability

The inter-subjects variability (SD) for head, back and neck postures, which ranged from 4° to 14°, showed no obvious differences according to task or body region. On the other hand, the upper arms presented inter-subjects



variability ranging from 3° to 32°, with Task 5 exhibiting higher levels of variability for the upper arms than other tasks (see above).

Since the SDs increased with increasing mean values, the inter-subject variability for velocity was evaluated by the CVs, i.e., the SD divided by the mean value. The CV of the right and left upper arms, head, upper back and neck ranged from 12% to 27%, with a mean value of 21% for the five body regions and the five tasks.

## 4 Discussion

### 4.1 Upper arms

High values of arm elevation were identified for all tasks. The 90<sup>th</sup> percentile and elevation >90° are measures of the high end of angular distribution, and more specific for quantifying the occurrence of highly elevated arms. There is no consensual safe limit for shoulder elevation at work available in the literature. One of the possible reasons for this is the fact that postural risks can be potentialized by other simultaneous biomechanical aspects present in workplaces, such as exerted force<sup>15)</sup>, repetition<sup>16)</sup> and psychosocial factors such as mental demands<sup>17)</sup>. Nevertheless, it has been widely recognized that high amplitudes of shoulder flexion and abduction are strongly associated with musculoskeletal disorders<sup>18, 19)</sup>. Different safe limits have been proposed for a number of years. Since the 1970s, published studies have reported that shoulder angles above 30° require substantial supraspinatus and deltoid muscle activity<sup>19)</sup>. Although recommendations differ, postures with shoulder abduction or flexion above 60° are considered awkward in most of the available studies. Considering, moreover, that this cut-off point was considered the safe limit of upper arm elevation by ISO11226<sup>20)</sup>, it was adopted in the present study, along

with 90°, as an anchor point for the description and interpretation of the results. The 90° angle was adopted as a critical cut-off, since a clear relationship has been found between jobs involving lifetime upper arm elevation and objective signs of supraspinatus tendinopathy<sup>21)</sup>. Moreover, Svendsen *et al.*<sup>22)</sup> found a quantitative exposure-response relation between arm elevation and supraspinatus tendinitis.

According to pathophysiological mechanisms, two risk factors could lead to work-related disorders at shoulder in high arm elevation tasks. One factor is the maintenance of muscle activation, which leads to increased muscle pressure, a reduction in blood circulation and decreases in oxygenation and Ca<sup>2+</sup> accumulation, which consequently result in morphological changes to the muscles. The other factor is awkward posture, which leads to mechanical load on tendons and peripheral nerves and may cause tissue damage<sup>23)</sup>.

Task T5 was the most critical, since the line workers spent more than 30% of its duration with their arms above 90°. The high amplitudes in this task seem to have occurred while the line workers, working from the ground level, substituted fuses at the top of the pole. Workers usually do not use ladders for this task because it is very short, taking only a couple of minutes to accomplish. However, considering the extreme postures present in this activity, it should be redesigned to reduce risks. Possible design alternatives could include the use of ladders attached to the truck or changes to the telescoping stick in accordance with job safety requirements.

The generally higher velocity (14%) for the right arm indicates a higher risk for the dominant arm than the non-dominant one. Still, even among the rather similar tasks, the differences were considerably high (74%), indicating

that the tasks themselves are a more important factor than right-handedness for developing musculoskeletal disorders. Right-handedness had a significant influence on elevation in only two of the five tasks, which isolates the task as the primary target for intervention.

For standardized tasks repeated on separate occasions, Hansson *et al.*<sup>14)</sup> reported an inter-subjects variability (calculated by adding the inter-day and inter-subject variances) of 5.2° (SD) for angles described by percentiles and 23% (CV) for velocities. In spite of safety regulations, the presence of a trainer during task performance and the uniform environment at the training center -all of which should have obliged the workers to carry out the tasks in a standardized manner- the variation for all tasks was higher than the 5.2° reported by Hansson *et al.*<sup>14)</sup>. The high variability in angles observed during T5 is presumably explained by individual preference for maintaining either the right or the left upper arm higher during the stick maneuver. Moreover, in the real workplace variability may be higher still due to different conditions such as the presence of parked vehicles, trees, and other interference. On the other hand, the variation in movement (21%) was surprisingly lower than for the standardized tasks above.

#### 4.2 Head, upper back and neck

High amplitudes of head and neck flexion were identified for tasks T1, T2 and T3, and pronounced extension was identified for all tasks, especially for T5. Several studies have described a strong association between awkward or extreme postures involving the head and neck and risks for developing work-related musculoskeletal disorders<sup>19, 24-26)</sup>. Harms-Ringdahl *et al.*<sup>27)</sup> calculated the loading moments of force on the bilateral motion axis of spinal cervico-

thoracic motion during extreme neck positions and reported that the load moment when the whole neck was flexed was 3 to 6 times the value for the neutral position. On the other hand, Sakakibara *et al.*<sup>28)</sup> observed farmers fully extending their necks during overhead fruit cultivation work (the opposite situation) and concluded that such working postures may lead to symptoms of vertebral artery insufficiency. According to ISO11226<sup>20)</sup> and Ariëns *et al.*<sup>29)</sup>, head postures should be kept in between 0° and 25° of flexion to avoid unfavorable positions. According to these recommendations, the levels of head and neck flexion and extension during line worker activity should be reduced.

The strong association between high levels of upper arm elevation and extensive head/neck extension was somewhat expected because the focus of some activities was further above shoulder level. In these cases, an increase of postural load for both joints is likely, which can raise the risks for developing shoulder-neck disorders<sup>30)</sup>. Moreover, the extension movements of the lower back observed during overhead work increase trunk moments, muscular activity and spinal load<sup>31)</sup>, which could lead to disc herniations if repetitive flexion and extension motion occurs<sup>32)</sup>. Thus, the redesign of these tasks should take into account the collective risks for different body regions.

The results of the present study allowed the precise quantification of posture and movement during the principal occupational activities of line workers. Task 5 must be redesigned in order to reduce the extreme postures for upper-arm elevation and, head, upper back and neck extension. After the implementation of a new task design, the intervention outcomes should be compared to the previous conditions to check for efficacy.

Another relevant preventative intervention would be to provide worksite exercise for the line workers, since even redesigned tasks can expose them to risk factors. The use of exercise at the workplace to prevent musculoskeletal disorders has been considered effective<sup>33,34)</sup>, particularly if supervised, carried out for at least 10 weeks, performed 2 to 3 times a week and if strengthening exercises are also included<sup>35)</sup>.

#### 4.3 Methodological considerations

The absence of electrical current had probably only a minor, if any, effect on subject performance, since they performed the tasks following their usual procedures. Affixing the inclinometer to the helmet instead of the forehead could have introduced only limited errors due to helmet movements, since the helmet was well-secured to the head with straps and each line worker used his own personal helmet. Moreover, the *reference* and *direction* positions were registered after the helmet was secured to worker's head, and the helmet was not removed during the entire recording session. The aim of the recordings was to characterize common tasks, and the supplementary, less demanding activities (preliminary actions performed before tasks) were not included in the recordings. Hence, the presented data show higher exposures and do not represent overall job exposure.

The risks present in line work are both diverse and complex, including lethal risks from electrical hazards and falls. The biomechanical risks are multifaceted and, in future studies, additional simultaneous measurements of exerted force, e.g. by electromyography, could be used to provide information for more comprehensive interventions. To this end, whole-day recordings,

which, in addition to task exposure, also provide data on job exposure and exposure variation, are suitable.

## 5 Conclusion

The objective recording of movement was a useful tool for providing ergonomists with precise results. There were significant differences between the tasks analyzed. Nevertheless, awkward postures of the upper arms, upper back, head and neck occurred during all activities. Ergonomic redesign of the job is needed to prevent musculoskeletal disorders among workers.

## Acknowledgements

To FAPESP Process Number 2008/10399-0 and Process Number 2008/10372-4.

## 6 References

- 1) Goldemberg J, Lucon O (2007) Energy and environment in Brazil. *Advanced Studies* 59,7-20.
- 2) Seeley PA, Marklin RW (2003) Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Appl Ergon* 34,429-43.
- 3) Martinez MC, Fischer FM (2009) Stress at work among electric utility workers. *Ind Health* 47,55-63.
- 4) Inaba R, Mirbord SM (2010) Subjective musculoskeletal symptoms in the winter and summer among indoor working construction electricians. *Ind Health* 48,29-37.

- 5) Parkhouse W, Gall B (2004) Task frequency as function of age for the powerline technician trade. *Ergonomics* 47,660-670.
- 6) Graves RJ, de Cristofano A, Wright E, Watt M, White R (1996) Potential musculoskeletal risk factors in electricity distribution linesman tasks. *Contemporary Ergonomics* 1,215-220.
- 7) EPRI Ergonomic Handbook for the Electric Power Industry: Ergonomic interventions for manhole, vault and conduit applications. USA, Palo Alto, CA: EPRI 1005430; 2004.
- 8) Hansson G-Å, Asterland P, Holmer N-G, Skerfving S (2001) Validity and reliability of triaxial accelerometer for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput* 39,405-413.
- 9) Bernmark E, Wiktorin C (2002) A triaxial accelerometer for measuring arm movements. *Appl Ergon* 33,541-547.
- 10) Garg A, Kapellusch JM (2009) Applications of biomechanics for prevention of work-related musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 52,36-59.
- 11) Burdorf A (2010) The role of assessment of biomechanical exposure at the workplace in the prevention of musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 36,1-2.
- 12) Rodacki ALF, Vieira JE (2010) The effect of different supermarket checkout workstations on trunk kinematics of checkout operators. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 14,38-44.
- 13) Moriguchi CS, Alencar JF, Miranda Júnior LC, Gil Coury HJC (2009) Musculoskeletal symptoms in lineman. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 13,123-129.

- 14) Hansson G-Å, Arvidsson I, Ohlsson K, Nordander C, Mathiassen SE, Skerfving S, Balogh I (2006) Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. *J Electromyogr Kinesiol.* 16,125-136.
- 15) Brookham RL, Wong JM, Dickerson CR (2010) Upper limb posture and submaximal tasks influence shoulder muscle activity. *Int J Ind Ergon* 40,337-344.
- 16) Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR (2006) Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *J Electromyogr kinesiol* 16,224-235.
- 17) Jensen BR, Laursen B, Sjøgaard G (2000) Aspects of shoulder function in relation to exposure demands and fatigue - a mini review. *Clin Biomech* 15,S17-S20.
- 18) Kuorinka I, Forcier L (1995) *Work Related Musculoskeletal Disorders (WRMDs): A reference book for prevention 1<sup>st</sup> Ed.*, Taylor & Francis, London.
- 19) Bernard B. *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors - A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back.* National Institute for Occupational Safety and Health, Publication No. 97-141; 1997.
- 20) Delleman NJ, Dul J (2007) International standards on working postures and movements ISO 11226 and EN 1005-4. *Ergonomics* 50,1809-1819.



- 21) Svendsen S, Gelineck J, Mathiassen SE, Bonde J, Frich L, Stengaard-Pedersen K, Egund N (2004) Work above shoulder level and degenerative alterations of the rotator cuff tendons: A magnetic resonance imaging study. *Arthritis & Rheumatism* 50,3314-3322.
- 22) Svendsen SW, Bonde JP, Mathiassen SE, Stengaard-Pedersen K, Frich LH (2004) Work related shoulder disorders: quantitative exposure-response relations with reference to arm posture. *Occup Environ Med* 61,844-853.
- 23) Staal JB, de Bie RA, Hendriks EJM (2007) Aetiology and management of work-related upper extremity disorders. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 21,123-133.
- 24) Van den Heuvel SG, van der Beek BM, Blatter BM, Bongers PM (2006) Do work-related physical factors predict neck and upper limb symptoms in office workers? *Int Arch Occup Environ Health* 79,585-592.
- 25) Larsson B, Sjøgaard K, Rosendal L (2007) Work related neck-shoulder pain: a review on magnitude, risk factors, biomechanical characteristics, clinical picture and preventive interventions. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 21,447-463.
- 26) Palmer KT, Smedley DM (2007) Work relatedness of chronic neck pain with physical findings- a systematic review. *Scand J Work Environ Health* 33,165-191.
- 27) Harms-Ringdahl K, Ekholm J, Schüldt K, Németh G, Arborelius U (1986) Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics* 29,1539-1552.

- 28) Sakakibara H, Miyao M, Kondo T, Yamada S, Nakagawa T, Kobayashi F (1987) Relation between overhead work and complaints of pear and apple orchard workers. *Ergonomics* 30,805-815.
- 29) Ariëns GAM, Bongers PM, Douwes M, Miedema MC, Hoogendoorn WE, van der Wal G, Bouter LM, van Mechelen W (2007) Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 58,200-207.
- 30) Winkel J, Westgaard R (1992) Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II – The scientific basis (literature review) for the guide. *Int J Ind Ergon* 10,85-104.
- 31) Davis KG, Marras WS (2000) The effects of motion on trunk biomechanics. Review paper. *Clin Biomech* 15,70-717.
- 32) Calaghan JP, McGill SM (2001) Intervertebral disc herniation: studies on porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clin Biomech* 16,28-37.
- 33) Silverstein B, Clark R (2004). Interventions to reduce work-related musculoskeletal disorders. *J Electromyogr Kinesiol* 14,135-152.
- 34) van Popel MNM, Hooftman WE, Koes BW (2004). An update of systematic review of controlled clinical trials on the primary prevention of back pain at the workplace. *Occup Med* 54,345-352.
- 35) Gil Coury HJC, Moreira RFC, Dias NB (2009). Evaluation of the effectiveness of workplace exercise in controlling neck, shoulder and low back pain: a systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 13,461-479.

Table 1. Postures and movements for the right and left upper arms of the 12 line workers while performing 5 tasks. Mean (M) and, within brackets, standard deviations (SD) are shown for the 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles of arm elevation, as well as the fraction of time spent in angular zones exceeding 60° and 90°. The 50<sup>th</sup> percentiles for the angular velocities are also shown. Statistically significant differences between tasks (D) were tested for paired comparisons with the Wilcoxon Signed Ranks Test, with Bonferroni adjustment ( $p < 0.005$ ).

Postures and movements	Task*																					
			T1				T2			T3			T4		T5							
	M	(SD)	D				M	(SD)	D		M	(SD)	D		M	(SD)						
			T2	T3	T4	T5			T3	T4	T5			T4	T5			T5				
Right upper arm elevation																						
Posture Percentile (°)	50 <sup>th</sup>	36V	(6)	√	√	√		44V	(7)					53	(11)			61	(32)			
	90 <sup>th</sup>	74	(12)		√	√	√	91V	(15)		√			103	(8)	√		115	(12)			
Zone (% time)	>60°	18	(7.3)		√	√	√	31V	(10)		√			42	(13)			57	(23)			
	>90°	5.1	(3.7)		√	√	√	12V	(7.1)		√			20	(9.0)			38	(23)			
Velocity Percentile (°/s)	50 <sup>th</sup>	67	(17)	√		√		56V	(14)		√			72	(15)	√	√	94	(14)	√	54	(13)
Left upper arm elevation																						
Posture Percentile (°)	50 <sup>th</sup>	39	(3)		√	√	√	46V	(7)				√	51	(6)			73	(16)			
	90 <sup>th</sup>	73	(6)		√	√	√	73V	(10)	√	√	√		103	(11)			107	(14)			
Zone (% time)	>60°	23	(7.0)		√	√	√	26V	(8.5)		√		√	39	(7.6)	√		69	(15)			
	>90°	2.2	(1.6)		√	√	√	3.3	(4.4)	√	√	√		17	(6.2)			33	(16)			
Velocity Percentile(°/s)	50 <sup>th</sup>	59V	(12)	√		√		45V	(12)	√	√			67	(14)	√	√	88	(14)	√	45	(8.2)

\*T1 = “Photoelectric relay replacement”; T2 = “Turning a consumer unit off and on”; T3 = “Lamp replacement”; T4 = “Ladder raising and removal”; T5 = “100 amp fuse replacement”. √ = Statistically significant difference.

Table 2. Postures and movements for head, upper back and neck for the 12 line workers performing 5 tasks. Mean (M) and, within brackets, standard deviations (SD) are shown for the 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles of flexion/extension. Statistically significant differences between tasks (D) were tested for paired comparisons with Wilcoxon Signed Ranks Test, with Bonferroni adjustment ( $p < 0.005$ ).

Postures and movements	Tasks*																				
	T1				T2				T3				T4		T5						
	M	(SD)	D		M	(SD)	D		M	(SD)	D		M	(SD)	D						
			T2	T3	T4	T5			T3	T4	T5			T4	T5						
Head flexion																					
Posture Percentile (°)	10 <sup>th</sup>	-13	(7)		√	√	√	-7	(11)	√	√	√	-35	(13)		√	-38	(14)	√	-67	(4)
	50 <sup>th</sup>	34	(8)			√	√	22	(14)	√		√	37	(8)	√	√	9	(9)	√	-57	(8)
	90 <sup>th</sup>	59	(7)			√	√	56	(9)		√	√	60	(6)	√	√	33	(8)	√	-14	(13)
Velocity Percentile (°/s)	50 <sup>th</sup>	24	(5.0)	√		√		19	(3.8)	√	√	√	25	(3.7)	√		37	(4.6)	√	26	(6.0)
Upper back flexion																					
Posture Percentile (°)	10 <sup>th</sup>	-9	(9)			√	√	-13	(7)			√	-19	(13)			-19	(11)		-27	(11)
	50 <sup>th</sup>	7	(8)				√	3	(7)	√		√	12	(8)	√	√	-2	(8)	√	-18	(12)
	90 <sup>th</sup>	26	(9)			√	√	24	(7)	√	√	√	28	(8)	√	√	12	(8)	√	-8	(13)
Velocity Percentile (°/s)	50 <sup>th</sup>	21	(4.7)	√		√	√	15	(3.6)	√	√		22	(4.3)	√	√	30	(4.6)	√	14	(2.7)
Neck flexion																					
Posture Percentile (°)	>60°																				
	10 <sup>th</sup>	-10	(10)	√			√	-1	(11)	√	√	√	-21	(10)		√	-25	(8)	√	-49	(13)
	50 <sup>th</sup>	27	(7)	√			√	20	(8)			√	25	(6)	√	√	10	(5)	√	-38	(12)
	90 <sup>th</sup>	38	(10)			√	√	36	(10)		√	√	36	(9)	√	√	28	(5)	√	3	(8)
Velocity Percentile (°/s)	50 <sup>th</sup>	18	(5.0)			√	√	16	(4.0)		√	√	18	(3.5)	√	√	36	(5.5)	√	26	(6.4)

\*T1 = "Photoelectric relay replacement"; T2 = "Turning a consumer unit off and on"; T3 = "Lamp replacement"; T4 = "Ladder raising and removal"; T5 = "100 amp fuse replacement". √ = Statistically significant difference.

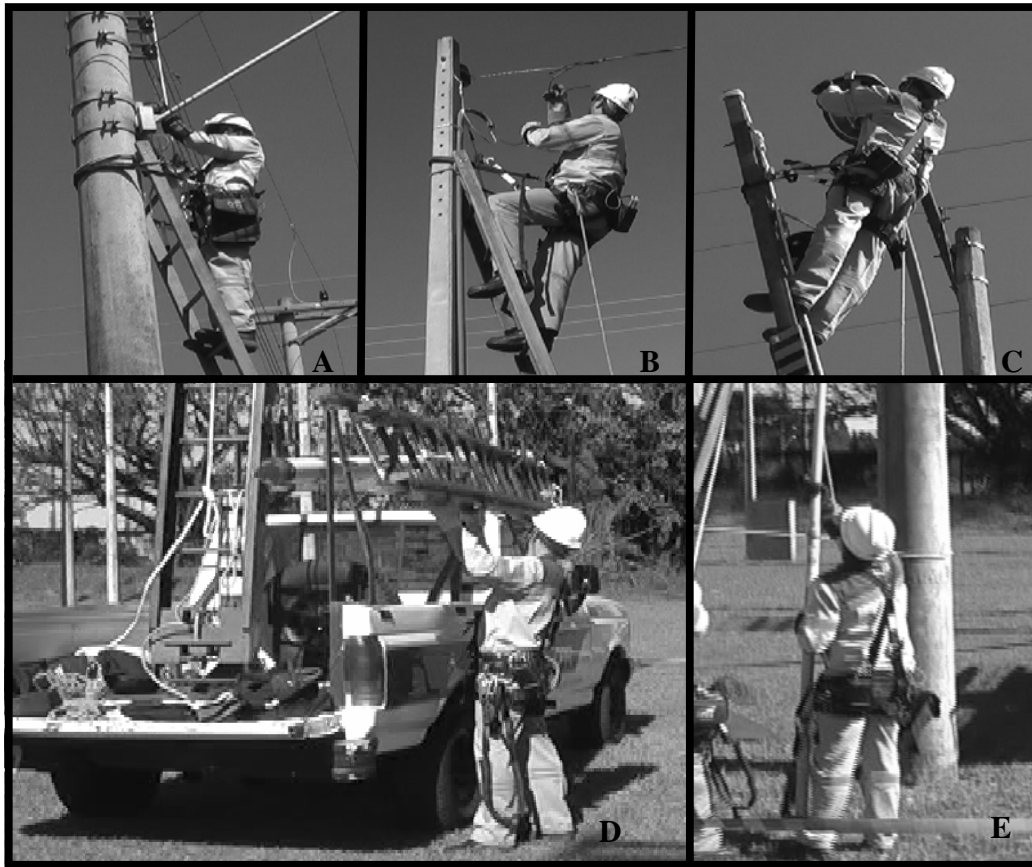


Figure 1

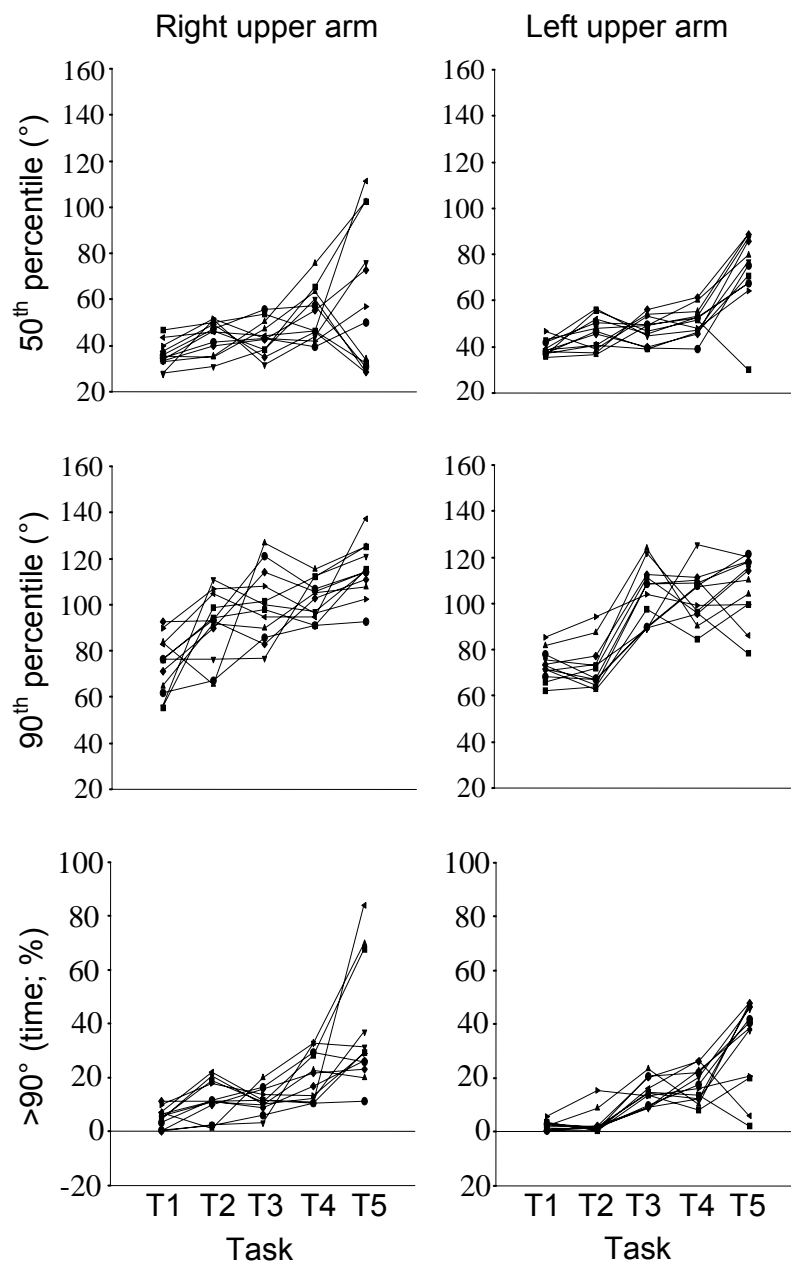


Figure 2

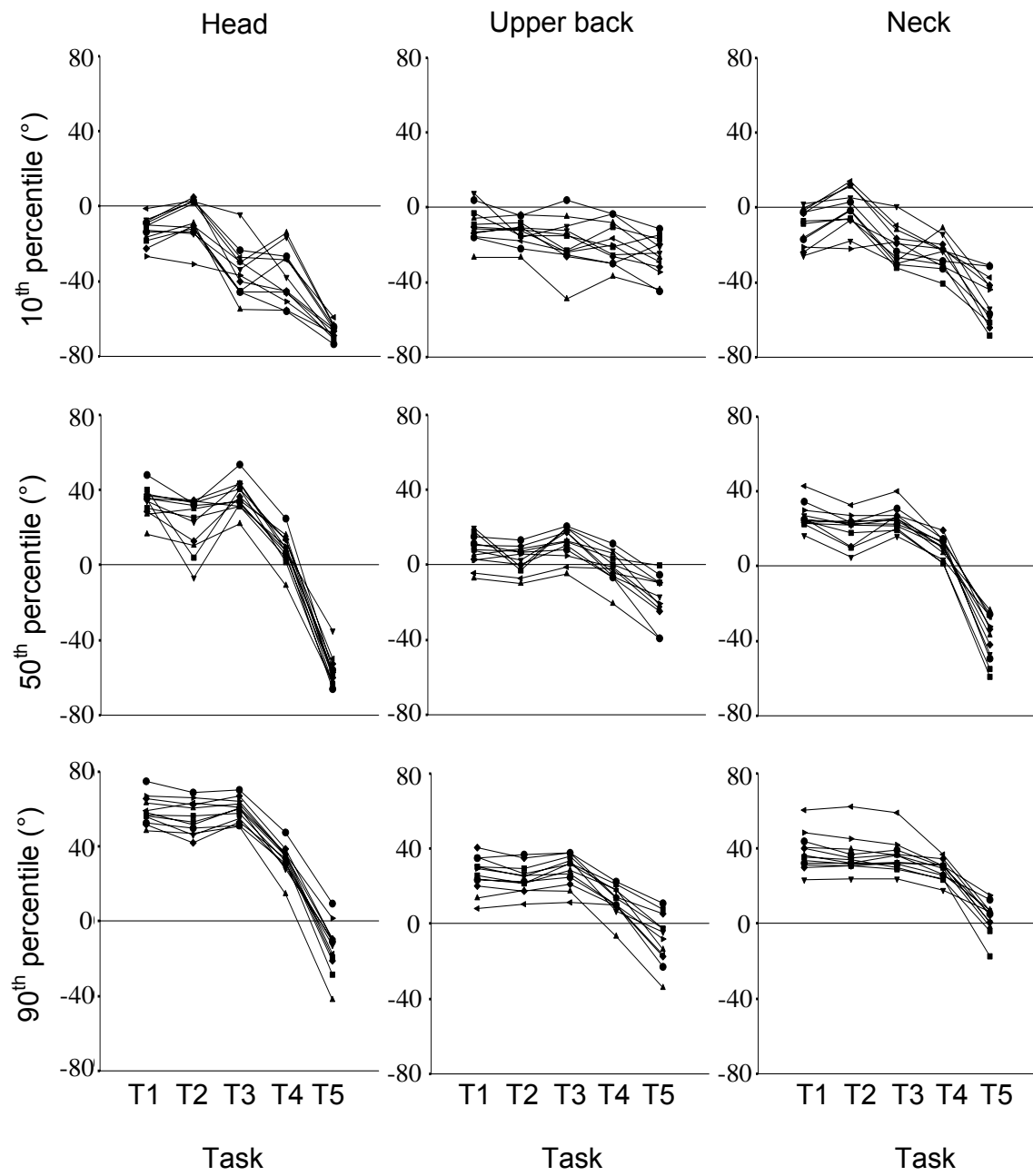


Figure 3

## Figure Captions

Figure 1. Line workers performing the five tasks. A) Photoelectric relay replacement; B) Turning a consumer unit off and on; C) Lamp replacement; D) Ladder raising and removal; E) 100 amp fuse replacement. The photo for E) shows the maneuvering of the lower part of the stick; the fuse is attached to the top of the extended stick.

Figure 2. Right and left upper arm elevation for 12 line workers performing 5 tasks (T1-T5; see Table 1 for explanation). The 50<sup>th</sup> and the 90<sup>th</sup> percentiles and the fraction of time spent with arms elevated more than 90° are presented. For each worker, the data are connected by lines.

Figure 3. Flexion/extension angles for head, upper back and neck for 12 line workers performing 5 tasks (T1-T5; see Table 2 for explanation). The 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles are presented. For each worker, the data are connected by lines. Positive values denote flexion, and negative values, extension.



## **ANEXO G**

Moriguchi, C.S.; Carnaz, L.; Veiersted, K.B.; Hanvold, T.N.; Hæg, L.; Hansson, G-Å.; Coury, H.J.C.G. Occupational posture exposure among construction electricians. Artigo submetido ao periódico *Applied Ergonomics*.

Manuscript Number: JERG-D-10-00217R1

Title: Occupational posture exposure among construction electricians

Article Type: Article

Keywords: overhead work; inclinometry; work related musculoskeletal disorders

Corresponding Author: Ph. D. Helenice Jane Cote Gil Coury, Ph. D.

Corresponding Author's Institution: Federal University of São Carlos

First Author: Cristiane Shinohara Moriguchi, M.S. degree

Order of Authors: Cristiane Shinohara Moriguchi, M.S. degree; Letícia Carnaz, M.S.; Kaj B Veiersted, Ph.D.; Therese N Hanvold; Liv B Hæg; Gert-Åke Hansson, Ph.D.; Helenice Jane Cote Gil Coury, Ph.D.

Abstract: Neck and shoulder pain is common among electricians. One reason may be awkward working postures. The aim of this study is to record and objectively describe working postures of construction electricians. Postures of the upper arms, head, and neck during work and breaks were quantified by means of inclinometry for a representative sample of 12 Brazilian and 12 Norwegian electricians in the construction industry during a full work-shift. Brazilian and Norwegian workers revealed a very similar level and pattern of postures for all evaluated body regions. Upper arm elevation was high and similar for both groups and head flexion and extension was pronounced compared to other occupations. Thus, extreme postures were identified for construction electricians in both countries, with similar exposure pattern also for defined tasks (planning, support and wiredraw), suggesting that this job is risky regardless cultural differences.

**Title:** Occupational posture exposure among construction electricians

Order of authors:

Cristiane Shinohara Moriguchi (M.D.)<sup>1</sup>

Letícia Carnaz (M.D.)<sup>1</sup>

Kaj Bo Veiersted (Ph.D.)<sup>2</sup>

Therese N Hanvold<sup>2</sup>

Liv Berit Hæg<sup>2,3</sup>

Gert-Åke Hansson (Ph.D.)<sup>4</sup>

Helenice Jane Cote Gil Coury (Ph.D.)<sup>1</sup>

Affiliation:

<sup>1</sup> Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos, São Carlos – SP, Brazil

<sup>2</sup> National Institute of Occupational Health, Norway

<sup>3</sup> Section of Health Science, University of Oslo, Norway

<sup>4</sup> Division of Occupational and Environmental Medicine, Lund University, Lund, Sweden

Corresponding author:

Helenice Jane Cote Gil Coury

Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos

Washington Luís Road , Km 235, SP – 310

São Carlos – São Paulo – Brazil

CEP: 13.565-905

Telephone +55 16 33518634; Fax +55 16 33612081

e-mail: [helenice@ufscar.br](mailto:helenice@ufscar.br)

## **Abstract**

Neck and shoulder pain is common among electricians. One reason may be awkward working postures. The aim of this study is to record and objectively describe working postures of construction electricians. Postures of the upper arms, head, and neck during work and breaks were quantified by means of inclinometry for a representative sample of 12 Brazilian and 12 Norwegian electricians in the construction industry during a full work-shift. Brazilian and Norwegian workers revealed a very similar level and pattern of postures for all evaluated body regions. Upper arm elevation was high and similar for both groups and head flexion and extension was pronounced compared to other occupations. Thus, extreme postures were identified for construction electricians in both countries, with similar exposure pattern also for defined tasks (planning, support and wiredraw), suggesting that this job is risky regardless cultural differences.

**Keywords:** overhead work, inclinometry, work related musculoskeletal disorders

RE: Ref. No.: JERG-D-10-00217

Original Title: Risky movements and posture in Brazilian and Norwegian construction electricians

Applied Ergonomics

Dear Professor John R Wilson,

First of all, we would like to thank you for your attention, messages and suggestions to improve the manuscript.

The whole manuscript was revised and all the suggestions received were considered, which allowed us to improve the manuscript.

The modifications are commented below.

***Comments from panel member (05/11/10) and answers from the authors:***

- *“On the one hand, it is clear that there has been little published in the ergonomics literature to date on the risks faced by electricians in general and those in the construction industry in particular...”*

Answer: We agree with the reviewer that there has been little data available in the ergonomics literature on risks faced by construction electricians. This information is now stressed in the Introduction of the new manuscript version.

- *“...the paper, and its title, should stress what is new in terms of information provided for the focus group – electricians and not some fairly limited cross-cultural comparison between Brazil and Norway ...”*

Answer: The title, abstract and the whole paper were revised to focus attention on the evaluation of the electricians' posture exposure. The comparison between Brazilian and Norway workers were used only to show that, taking into account the diversity of the groups and the similarities in the results, the conclusions can be generalized for other workers performing this task.

- "...could see information on postures being provided within the paper there was less to do with movements (or at least this is not apparent) although this takes equal weight within the title of the paper."

Answer: Previous mention on movement was excluded from the title and manuscript.

***Comments from the editor in 05/11/10 and answer from the authors:***

- "... strengthen the paper by including in it a broader and a deeper set of findings and interpretations as regards the risks faced by constructional electricians. ..."

Answer: A deeper interpretation of the results was included in the discussion, that was completely restructured.

- "...When revising your paper, please take care to ensure your reference list is up to date, and that any recent papers, including those from Applied Ergonomics that are of relevance to your paper are included."

Answer: The last paragraph in the discussion has up dated the state of art on ergonomic intervention for electrician, in which several highly pertinent papers from Applied Ergonomics were included.

***Comments from the editor in 10/01/11 and answer from the authors:***

- "I suggest that you revise the paper along the lines suggested (before), making it more of an in-depth look at the risks faced by electricians in the construction industry, making it clear that this an under-reported group in the literature to date but that your findings have relevance for other groups (perhaps of electricians in other sectors or for construction generally?)."

Answer: The suggestion was addressed to in the new version of the manuscript in the Introduction (paragraph 2) and in the Discussion (paragraphs 1, 2 and in the new paragraph 8 at page 11).

- *“You might also, as a secondary consideration, then look at whether the risks are potentially universal across cultures and national groups or whether there appear to be differences nationally, and why this might be so, using your two national samples.”*

Answer: The suggestion was addressed to in the Discussion (1<sup>st</sup> paragraph) and Conclusions.

Yours sincerely,

Helenice Jane Cote Gil Coury – Corresponding author

## **1 Introduction**

The construction industry is the sector with the highest level of lost work days due to musculoskeletal disorders (Cheng et al., 2010; Schneider, 2001). The main reasons are probably physically demanding tasks, vibrating tools, elevated arm postures and kneeling, as well as psychosocial factors that may also constitute a risk (Engholm and Holmström, 2005). Among these risk factors, working with the arms elevated, especially with the hands or even elbows above shoulder level, is frequent in the construction industry and has been associated to the development of neck and shoulder disorders (Engholm and Holmström, 2005; Miranda et al., 2005; National Research Council, 2001; Punnet et al., 2000; Svendsen et al., 2004).

Of the many types of work in the construction industry, electricians have one of the highest incidences of nonfatal occupational injuries (Waehrer et al., 2007). Electricians are exposed to demanding tasks, such as wiredrawing and attaching raceway to walls or ceilings (Albers et al., 2005). The prevalence rate of at least one musculoskeletal symptom among North American electricians was found to be approximately 82% (Hunting et al., 1994). In spite of this, little information is available on risks faced by construction electricians in the ergonomics literature, particularly assessing objectively the postural exposure of these workers in real occupational settings. One consideration about exposure assessment is that construction work is composed of multiple and varied tasks that can result in different levels of exposure between workers or even between the same worker's tasks from one day to the next. Therefore, exposure assessment among these workers could be challenging to carry out (Buchholz et al., 1996; Paquet et al., 2001). One possibility for correctly describing such exposure is to use ambulatory technical measurement methods, e.g. inclinometry, which



continuously records body postures and movements (Bernmark and Wiktorin, 2002; Hansson et al., 2001a).

Although many risk factors for shoulder disorders have been identified, quantitative exposure-response relationships are not well documented (Burdorf, 2010). One requirement for exposure-response relationships is that both the exposure and outcome measures should be valid. Self-reports of exposure may be considerably biased, and observations, are less accurate than technical measurements, which, in general, are highly accurate and precise (deLooze et al., 1994; Hansson et al., 2001b; Spielholz, et al., 2001). With respect to outcome, self-reported complaints are mostly found in surveys and epidemiological studies. However, these self-reports may also be biased, e.g. due to lack of construct equivalence or cultural and ethnic differences between countries (Edward and Fillingim, 2001; van de Vijver and Tanzer, 2004).

One way to elucidate the above-mentioned ambiguities would be to evaluate the exposure and outcome differences between workers in the same occupation under different conditions, e.g. in different countries (Østensvik et al., 2008). Considering the progressive increase in the number of musculoskeletal disorders in South America, especially in Brazil (Coury, 1999), exploratory studies comparing Brazilian workers to workers from other culturally diverse countries may provide insight into similarities and differences in physical workload and their impact on the occurrence of musculoskeletal disorders.

The main aim of this study was to quantify the postures of the upper arms, head, and neck during work and breaks among Brazilian and Norwegian electricians in the construction industry. The time distribution between tasks and breaks is considered and the risk of shoulder disorders in electricians is discussed.

## 2 Methods

### 2.1 Subjects and Ethical Aspects

Twelve male right-handed Brazilian electricians (mean age 38 years, SD 13; weight 76kg, SD 12; height 1.71m, SD 0.09) and 12 male Norwegian electricians (age 33 years, SD 14; weight 88kg, SD 15; height 1.83m, SD 0.07, two left-handed) participated in the study. They worked on electrical installations at new construction sites or on the electrical rehabilitation of residential, industrial and university buildings. Among the Brazilian workers, three were self-employed, seven were employed by two Brazilian universities, one by a construction firm (in a city of 200,000 inhabitants in Brazil) and one by a building maintenance business. To cover the variety of working conditions among the Norwegian electricians, subjects were recruited from two companies, having been selected by their employers and local trade unions as representative of electricians in the construction industry.

All electricians were informed of the procedures involved in the present study and gave their written informed consent. For the Brazilian workers, the study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of São Carlos, Brazil, and for the Norwegian workers by the Regional Committee for Medical Research Ethics for Southern Norway.

### 2.2 Tasks performed

The activities of each electrician were recorded during a full work-shift. The investigators followed the subjects during the measurement day, and made detailed notes about the start and end of the different activities as well as breaks. These data were used to divide the activities into three exhaustive tasks: 1) Planning tasks such as checking the construction blueprints, making and receiving mobile phone calls,

communicating and driving; 2) Supporting tasks such as moving furniture, moving between tasks, cleaning and organizing equipment; 3) Wiredraw tasks such as dragging/pulling cables, boring/drilling/screwing and installation of fittings. Break times were also recorded. During their lunch breaks, three Brazilian electricians lay down and slept for about 25 minutes. Since these periods were characterized by a head inclination of almost 90°, they were excluded from the analyses.

The Brazilian data collection was performed between September and February, when there is a mean temperature of 22° (range 12 - 35°); the Norwegian data was collected during the month of September when the mean temperature was 15 °C (range 8 - 23°). The Brazilian electricians wore plain clothes and safety shoes. The Norwegian electricians also wore a waistcoat with tool pockets and mostly a safety helmet.

## 2.3 Methods and procedures

Neck and/or shoulder pain during the 7 days prior to data collection was reported using the Standardized Nordic Questionnaire (Kuorinka et al., 1987).

### 2.3.1 Inclinometry

Four inclinometers and a data logger (Logger Teknologi HB, Åkarp, Sweden; Hansson et al., 2003) were used to record the posture of the right and left upper arms, the head, upper back and neck. Inclinometers measure the orientation relative to the vertical plane; the sampling rate was 20 Hz. Neck flexion/extension angles were calculated as the difference between the corresponding measures of the head and upper back postures. For the upper arms, the inclinometers were attached to plastic plates that were fixed below the deltoid muscle insertion. For head measurements, the inclinometer was attached to the forehead with double sided-tape and further supported with an

elastic headband. The upper back inclinometer was fixed to the right of the cervicothoracic spine at the C7-T1 level (Hansson et al., 2001a).

The *reference* position for the upper arms was obtained by having the subject sitting with his arm hanging perpendicular to the floor while holding a 2 kg dumbbell in his hand. The *reference* position for the head and upper back was obtained by having the subject standing and looking at a mark at his eye level. *Forward* position for head and upper back was defined by having the subject sitting with his neck and trunk flexed (Hansson et al, 2006).

The same type of inclinometers and the same software were used in both countries. Moreover, the procedures were exhaustively discussed and trained before the data collection and analysis to avoid operational differences. Methods and procedures were supervised by the same author (G-Å.H.) in both countries.

General informations about the full-work shift of Norwegian electrician exposure were included in a review by Hansson et al., 2010.

## 2.4 Data Analysis

The results were described by mean and standard deviation. For the upper arm elevation angles, the 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles and the percentage of time spent in zones with the arm elevated above 60° and 90° were derived. Flexion/extension angles of the head and neck were derived for the 1<sup>st</sup>, 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles. Since positive values denote flexion and negative values denote extension, the 1<sup>st</sup> and 10<sup>th</sup> percentile are measures of extension (lower values correspond to more extended positions), while the 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentile are measures of flexion.

For each posture measure, the differences between Brazilian and Norwegian electricians were examined using the Mann-Whitney test. P-values <0.05 were

considered statistically significant. The calculations were performed using SPSS version 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

### **3 Results**

The length of the full work shift in which recordings were made of Brazilian and Norwegian electricians is presented in Table 1. The shift has been further divided into work, different tasks (planning, support and wiredraw) and breaks. Statistically significant time differences between the Brazilians and the Norwegians were identified for all conditions except planning. The Brazilian electricians had longer work hours as well as breaks; moreover they spent relatively more time performing wiredraw and less time on support tasks than the Norwegian electricians.

INSERT TABLE 1 ABOUT HERE

The upper arm elevation and head and neck flexion/extension of Brazilian and Norwegian electricians during work and breaks are presented in Figures 1 and 2. The work was characterized by highly elevated arms ( $117^\circ$  for the right upper arm of Brazilians and  $124^\circ$  for Norwegians at the 99<sup>th</sup> percentile), a pronounced extension of the head ( $-33^\circ$  for Brazilians and  $-39^\circ$  for Norwegians at the 1<sup>st</sup> percentile) and neck ( $-34^\circ$  for Brazilians and  $-40^\circ$  for Norwegians at the 1<sup>st</sup> percentile), and a prominent flexion of the head ( $78^\circ$  for Brazilians and  $75^\circ$  for Norwegians) and neck ( $38^\circ$  for Brazilians and  $42^\circ$  for Norwegians). Brazilian and Norwegian electricians presented higher levels of postural exposure during work than during the breaks for all evaluated body regions.

The comparison between Brazilian and Norwegian electricians regarding upper arm elevation during work and breaks for right and left upper arms is presented in Figure 1. The comparisons between the two groups revealed a very similar exposure

pattern during work for the 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles and the time spent above 60° and 90°. During breaks, the Norwegians presented lower upper arm elevation for the 99<sup>th</sup> percentile and less time spent above 60° and 90° for the left upper arm.

INSERT FIGURE 1 ABOUT HERE

Brazilian and Norwegian electricians also revealed a similar pattern for head and neck posture (Figure 2). A statistically significant difference was noted only for the 90<sup>th</sup> percentile during work for head flexion, in which the Norwegian electricians presented about 8° less of flexion than the Brazilian electricians. This lower level of head flexion was not followed by upper back flexion, so the neck flexion presented by the Norwegians was higher than that of the Brazilians. The Norwegian electricians presented more pronounced head and neck extension than Brazilians during work, but it was not statistically significant.

INSERT FIGURE 2 ABOUT HERE

Considering the work tasks separately for Brazilian and Norwegian electricians (Table 2), wiredraw showed the highest exposure for upper arm elevation and head and neck extension for both groups. The differences between tasks were more pronounced for upper arm elevation percentiles and time spent above 60° and 90°. The time spent above 90° revealed that, for both arms, the wiredraw task exceeded 10% of the work time above 90°, while the planning and support tasks presented means of less than 3% for both Brazilians and Norwegians. The higher upper arm elevation presented by the wiredraw task was also accompanied by higher levels of head extension at the 1<sup>st</sup> percentile (-33° for Brazilians and -42° for Norwegian). The task comparison between Brazilians and Norwegians revealed the same postural exposure for most of the variables. The only exceptions were during the wiredraw task, when the Norwegian

electricians adopted a less flexed and a more extended head position than the Brazilian electricians.

INSERT TABLE 2 ABOUT HERE

Seven of the 12 Norwegian, and 2 of the 11 Brazilian electricians who answered the questionnaire reported neck and/or shoulder pain during the 7 days prior to data collection.

#### **4 Discussion**

Electricians in the construction industry are exposed to high levels of upper arm elevation and head extension, mainly due to overhead work. This postural pattern was very similar between Brazilian and Norwegian electricians, in general and for the specific tasks, but the Norwegians elevated their arms less during breaks. Brazilian electricians had longer working hours but also longer lunch breaks. The differences in time distribution between tasks and between work and breaks may be due to differences in work organization between the countries. However the posture exposure during work, which was similar for both groups, probably could be considered as representative for these construction electricians, since the construction projects (arrangement of fittings and lighting as well as other tasks performed by the electricians) may be similar in Brazil and Norway, which may have determined the compatible workers' postures.

It is worth to note that the construction workers can have very distinct tasks, such as, pipers, sheet metal trades, concreters or scaffolders, since the occupational tasks performed are specific of each group and exposure workers to different risks (Albers et al., 2005; Chang et al., 2009). However, the constructions electricians represent a particular job, apparently with more restrict work procedures. When addressing to this diversity, most of the studies in construction industry have evaluated

a large number of workers performing different tasks by means of questionnaires and observational methods, whilst in the present study a particular job (construction electrician) was evaluated by objective means. Hence, the present results can be considered representative for construction electricians even as other categories of construction workers may have quite different exposures.

The exposure of electricians to certain strenuous postures is higher than that found in most other occupation sectors. Figure 3, adapted from Hansson et al. (2010), shows a higher degree of head flexion and extension as well as upper arm elevation among these electricians than in other occupations. Special aspects of the electricians' job, such as overhead work, may explain these differences.

INSERT FIGURE 3 ABOUT HERE

The electricians' work was divided into three main tasks by the Brazilian and Norwegian authors using the same criteria in both countries. However, there might be a possibility of bias in these divisions. Activities can be erratic sometimes, with abrupt and quick changes between tasks by workers. Even considering this possibility, very similar patterns in postural exposure were found between the workers. The differences found between Brazilians and Norwegians during work may be related to specific factors: workplace arrangement and work organization, e.g. Brazilians spent less time on supporting tasks.

More notable differences between groups were observed for upper arm elevation during breaks. These differences were influenced, presumably, by the length of the Brazilian breaks, which were longer than of the Norwegians. The total Brazilian work shift was also longer for the Brazilian workers. Overhead work has been linked to shoulder disorders in different literature reviews (Bernard, 1997; van der Windt et al., 2000). Recommendations based on observational methods have stated that working with



the elbows above shoulder height for more than 10% of total working time may constitute a risk for shoulder disorders (Punnett et al., 2000). Moreover, Svendsen et al. (2004) demonstrated that an absolute increase in the duration of arm elevation exceeding 90° for 1% of the working time (based on technical measurements) increases the prevalence of shoulder tendinitis by 1.4%. Thus, considering the time spent above 90°, the predicted prevalence rate for right shoulder tendinitis would be 14% for the Brazilian and 11% for the Norwegian electricians. Another characteristic of the electrician's overhead work is the extension of the head and neck, also considered a risk for neck pain (Ariëns et al., 2000). Thus, ergonomic interventions could be necessary to prevent neck- and shoulder disorders among these workers.

Higher levels of neck and shoulder complaints were recorded here among Norwegian electricians (58%) than among Brazilian electricians (18%). Nevertheless, the small sample and the lack of physical examination did not allow us to confirm these data. Other factors not controlled for in this study, such as individual factors, psychosocial environment, work pace and physical leisure time activity, which have all been recognized as risk-factors for neck and shoulder complaints (Winkel and Westgaard, 1992), may also have contributed to symptom reporting. The long lunch break, which is indicative of Brazilian culture (life style), has already been associated with lower levels of neck and shoulder complaints in a study comparing French and Norwegian forest machine operators (Østensvik et al., 2008). Epidemiological studies of neck and shoulder disorders among Brazilian and Norwegian electricians using a more objective assessment of disorders, e.g. a physical examination and adjustment for several other risk factors, are necessary for further conclusions.

The exposure of electricians to awkward postures during work needs special attention from occupational health services. The consequences of exposure to risk

factors is corroborated by Waehrer et al. (2007), that point out the electricians as one the most non-fatal injured population on the construction industry. Other aspect to be considered is that the cumulative exposure experienced by electricians work increases the prevalence and the intensity of their symptoms (Hunting et al., 1994).

Finally, the efficiency of interventions in the construction industry with the aim to reduce injury rates is poorly documented (Albers et al., 2005; Lehtola et al., 2008). This may be explained by the high number of different contractors involved in construction projects (Chang et al., 2009), the elevated number of self-employed and temporary workers (Ale et al., 2008) and the ineffectiveness of the legislation to prevent injuries (Lehtola et al., 2008). Recent innovations have been proposed to reduce physical workload for this industry sector (Vedder and Carey, 2005), however different barriers, such as culture, costs, lack of concern about musculoskeletal disorders and reduced incentive to invest on innovations, have limited its application (Kramer et al., 2010; Village and Ostry, 2010). By this way, the posture exposure presented in the present study strengthens the requirement of more studies to reduce/control musculoskeletal risk factors among electricians.

## **5 Conclusions**

The Brazilian and Norwegian electricians in the construction industry revealed similar exposure, showing that the job was a stronger determinant of postural exposure than cultural differences, which can allow extrapolating the data for other electricians. The length of time spent on work in general, tasks and breaks was very different among the two populations, probably due to work regulations and cultural factors. Despite that, in both groups, the electricians were exposed to awkward postures of the head, upper back and neck, as well as highly elevated upper arms, mainly during the wiredraw task.

These results suggest that electricians' postural exposure is a risk factor for musculoskeletal disorders requiring ergonomic improvements in work conditions in order to prevent musculoskeletal disorders among these workers.

#### Acknowledgements

The study was supported by CNPq, Brazil (Proc.N.300335-05-09) and São Paulo Research Foundation, Brazil (FAPESP Proc.N.2008/10399-0 and Proc.N.2008/10372-4), and in part by the Swedish Council for Work Life and Social Research, AFA Insurance, the Swedish Research Council, the County Councils of Southern Sweden, and the Medical Faculty of Lund University.

#### 6 References

- Albers, J., Estill, C., MacDonald, L., 2005. Identification of ergonomics interventions used to reduce musculoskeletal loading for building installation tasks. *Appl Ergon* 36, 427-439.
- Ale, B.J.M., Bellamy, L.J., Baksteen, H., Damen, M., Goossens, L.H.J., Hale, A.R., Mud, M., Oh, J., Papazoglou, I.A., Whiston, J.Y., 2008. Accidents in the construction industry in the Netherlands: An analysis of accident reports using Storybuilder. *Reliab Eng Sys Safe* 93, 1523-1533.
- Ariëns, G.A.M., van Mechelen, W., Bongers, P.M., Bouter, L.M., van der Wal, G., 2000. Physical risk factors for neck pain. *Scand J Work Environ Health* 26, 7-19.
- Bernard, B.P., 1997. Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH. (DHHS (NIOSH)) Publication No. 97-141.

- Bernmark, E., Wiktorin, C., 2002. A triaxial accelerometer for measuring arm movements. *Appl Ergon* 33, 541-547.
- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D., Moir, S., 1996. PATH: A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work. *Appl Ergon* 27, 177-187.
- Burdorf, A., 2010. The role of assessment of biomechanical exposure at the workplace in the prevention of musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 36, 1-2.
- Chang, F.-L., Sun, Y.-M., Chuang, K.-H., Hsu, D.-J., 2009. Work fatigue and physiological symptoms in different occupations of high-elevation construction workers. *Appl Ergon* 40, 591-596.
- Cheng, C.-W., Leu, S.-S., Lin, C.-C., Fan, C., 2010. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises. *Safety Science* 48, 698-707.
- Coury, H.J.C.G., 1999. The effects of production changes on the musculoskeletal disorders in Brazil and South America. *Int J Ind Ergon* 25, 103-104.
- DeLooze M.P., Toussaint H.M., Ensink J., Mangnus C., van der Beek A.J., 1994. The validity of visual observation to assess posture in a laboratory-simulated, manual material handling task. *Ergonomics* 37, 1335-1343.
- Edwards, C.L., Fillingim, R.B., 2001. Francis Keele. Race, ethnicity and pain. Topical review. *Pain* 94, 133-137.
- Engholm, G., Holmström, E., 2005. Dose-response associations between musculoskeletal disorders and physical and psychosocial factors among construction workers. *Scand J Work Environ Health* 31, 57-67.

- Hansson, G.-Å., Arvidsson I., Ohlsson, K., Nordander, C., Mathiassen S.E., Skerfving, S., Balogh, I., 2006. Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. *J Electromyogr Kinesiol* 16, 125-136.
- Hansson, G.-Å., Asterland, P., Holmer, N.-G., Skerfving, S., 2001a. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput* 39, 405-413.
- Hansson, G.-Å.; Asterland, P.; Kellerman, M., 2003. Technical Note. Modular data logger system for physical workload measurements. *Ergonomics* 46, 407-415.
- Hansson, G.-Å., Balogh, I., Ohlsson, K., Granqvist, L., Nordander, C., Arvidsson, I., Åkesson, I., Unge, J., Rittner, R., Strömberg, U., Skerfving, S., 2010. Physical workload in various types of work: Part II. Neck, shoulder and upper arm. *Int J Ind Ergon* 40, 267-281.
- Hansson G.-Å., Balogh I., Unge Byström J., Ohlsson K., Nordander C., Asterland P., Sjölander S., Rylander L., Winkel J., Skerfving S., the Malmö Shoulder/Neck study Group., 2001b. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of head, upper back, arms and hands. *Scand J Work Environ Health* 27, 30-40.
- Hunting, K.L., Welch, L.S., Cuccherini, B.A., Seiger, L.A., 1994. Musculoskeletal symptoms among electricians. *Am J Ind Med* 25, 149-163.
- Kramer, D.M., Bigelow, P.L., Wells, R.P., Garritano, E., Vi, P., Plawinski, M., 2010. Searching for needles in a haystack: Identifying innovations to prevent MSDs in the construction sector. *Appl Ergon* 41, 577-584.

- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., Jørgensen, K., 1987. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 18, 233-237.
- Lehtola, M.M., van der Molen, H.F., Lappalainen, J., Hoonakker, P.L.T., Hsiao, H., Haslam, R.A., Hale, A.R., Verbeek, J.H., 2008. The effectiveness of interventions for preventing injuries in the construction industry: a systematic review. *Am J Prev Med* 35, 77-85.
- Miranda, H., Viikari-Juntura, E., Heistaro, S., Heliövaara, M., Riihimäki, H., 2005. A population study on differences in the determinants of a specific shoulder disorder versus nonspecific shoulder pain without clinical findings. *Am J Epidemiol* 161, 847-855.
- National Research Council, Institute of Medicine 2001. *Musculoskeletal disorders and the workplace. Low back and upper extremities*. Washington, DC: National Academy Press.
- Paquet, V.L., Punnett, L., Buchholz, B., 2001. Validity of fixed-interval observations for postural assessment in construction work. *Appl Ergon* 32, 215-224.
- Punnett, L., L.J. Fine, W.M. Keyserling, G.D. Herrin, and D.B. Chaffin., 2000. Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work. *Scand J Work Environ Health* 26, 283-291.
- Schneider, S.P., 2001. Musculoskeletal injuries in construction: a review of the literature. *Appl Occup Environ Hyg* 16, 1056-1064.
- Spielholz P., Silverstein B., Morgan M., Checkoway H., Kaufman J., 2001. Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. *Ergonomics* 44, 588-613

- Svendsen, S.W., Bonde, J.P., Mathiassen, S.E., Stengaard-Pedersen, K., Frich, L.H., 2004. Work-related shoulder disorders: quantitative exposure-response relations with reference to arm posture. *Occup Environ Med* 61, 844-853.
- van de Vijver, F., Tanzer, N.K., 2004. Bias and equivalence in cross-cultural assessment: an overview. *Eur Rev Appl Psychol* 54, 119–135.
- van der Windt, D.A.W.M., Thomas, E., Pope, D.P., de Winter, A.F., Macfarlane, G.J., Bouter, L.M., Silman, A.J., 2000. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup Environ Med* 57, 433-442.
- Vedder, J., Carey, E., 2005. A multi-level systems approach for the development of tools, equipment and work processes for the construction industry. *Appl Ergon* 36, 471-480.
- Village, J., Ostry, A., 2010. Assessing attitudes, beliefs and readiness for musculoskeletal injury prevention in the construction industry. *Appl Ergon* 41, 771-778.
- Waehrer, G.M., Dong, X.S., Miller, T., Haile, E., Men, Y., 2007. Costs of occupational injuries in construction in the United States. *Accid Anal Prev* 39, 1258-1266.
- Winkel, J., Westgaard, R., 1992. Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II – The scientific basis (literature review) for the guide. *Int J Ind Ergon* 10, 85-104.
- Østensvik, T., Veiersted, K.B., Cuchet, E., Nilsen, P., Hanse, J.J., Carlzon, C., Winkel, J., 2008. A search for risk factors of upper extremity disorders among forest machine operators: A comparison between France and Norway. *Int J Ind Ergon* 38, 1017-1027.

Figure 1  
[Click here to download high resolution image](#)

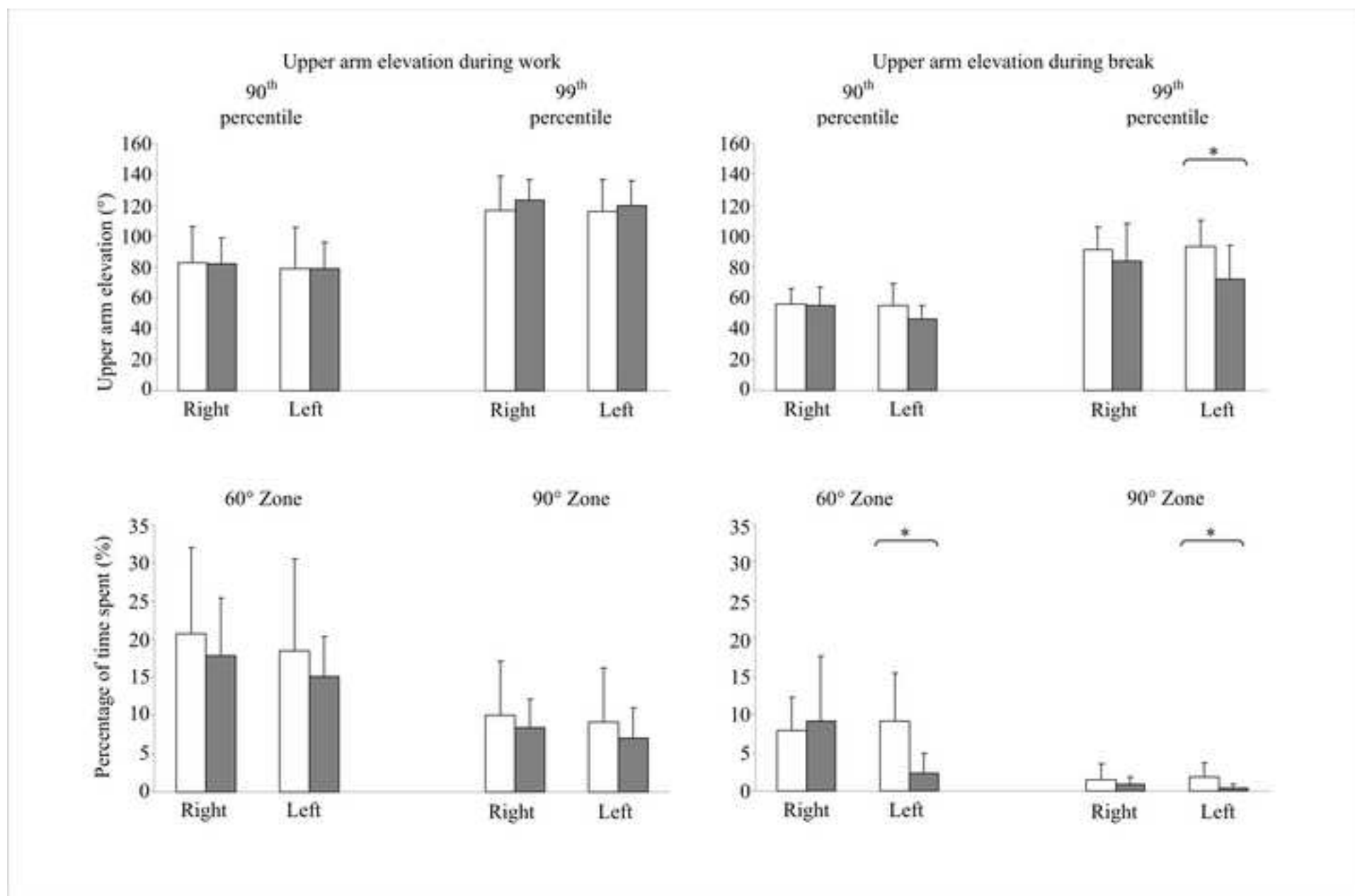




Figure 2  
[Click here to download high resolution image](#)

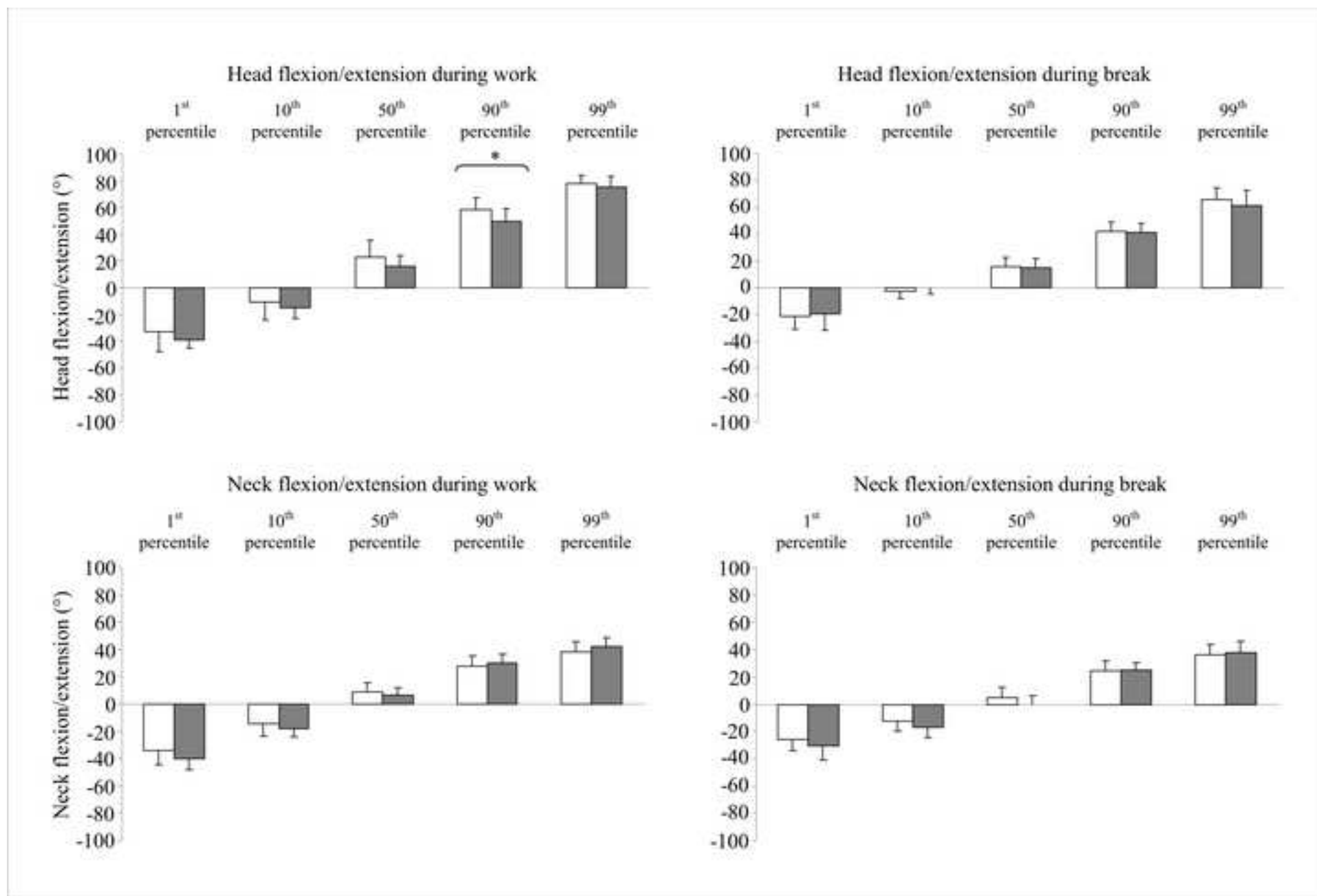
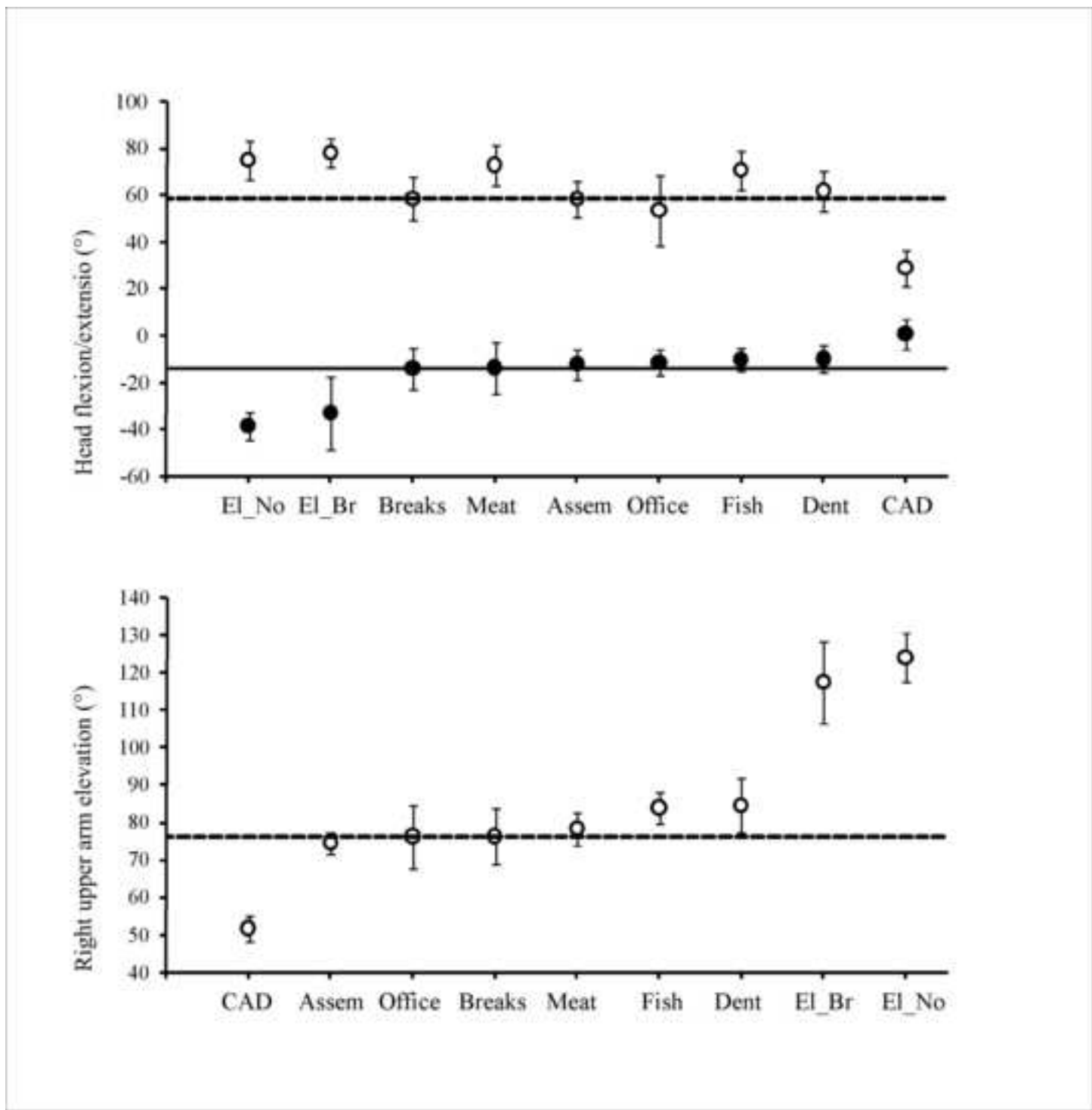


Figure 3

[Click here to download high resolution image](#)



## Figure Captions

Figure 1. Mean and standard deviation of the upper arm elevation of 12 Brazilian and 12 Norwegian construction electricians during work and breaks for the 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles and percentage of time spent above 60° and 90°. Statistically significant differences between Brazilian and Norwegian electricians were tested with Mann-Whitney. White bar = Brazilian and grey bar = Norwegian electricians. \* = Statistically significant differences.

Figure 2. Mean and standard deviation of the head and neck flexion/extension of 12 Brazilian and 12 Norwegian construction electricians during work and breaks for the 1<sup>st</sup>, 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles. Statistically significant differences between Brazilians and Norwegians were tested with Mann-Whitney. White bar = Brazilians and grey bar = Norwegians. \* = Statistically significant differences.

Figure 3. Mean and standard deviation of head flexion (positive values, 99<sup>th</sup> percentile), extension (negative values, 1<sup>st</sup> percentile) and right upper arm elevation (99<sup>th</sup> percentile) for Brazilian (El\_Br) and Norwegian (El\_No) constructions electricians compared to other jobs performed by male workers (including breaks). CAD: computer aided design, Dent: dentistry, Assem: heavy assembly line work, Fish: fish processing, Meat: meat cutting, Office: varied office work. Adapted from Hansson et al., 2010. White dots: 99<sup>th</sup> percentile; black dots: 1<sup>st</sup> percentile. Horizontal lines refer to break values for the 99<sup>th</sup> percentile (dashed) and the 1<sup>st</sup> percentile (solid).

Table 1. Mean, minimum and maximum durations of total recording for both work and breaks during a full work shift by 12 Brazilian (Br) and 12 Norwegian (No) construction electricians. Additionally, the duration of work tasks are presented as percentages of the work period. The differences in mean duration between Br and No were statistically significant ( $p < 0.05$ ; Mann-Whitney test) for all conditions except planning.

Duration	Total		Work		Task						Breaks	
	hours:minutes		hours:minutes		Planning (%)		Support (%)		Wiredraw (%)		hours:minutes	
	Br	No	Br	No	Br <sup>a</sup>	No	Br	No	Br	No	Br	No
Mean	8:20	5:42	6:13	4:43	10	18	16	36	74	46	2:07	0:59
Minimum	6:28	4:14	5:18	3:29	0	3	5	24	47	2	1:00	0:29
Maximum	9:42	6:29	7:12	5:49	27	54	40	50	95	71	2:41	1:27

<sup>a</sup> Three Brazilian electricians did not perform planning tasks during their recorded work shift.

Table 2

Table 2. Postures of the upper arms, head and neck by 12 Brazilian <sup>a</sup> and 12 Norwegian <sup>b</sup> construction electricians performing three tasks: planning; support and wiredraw tasks. The number of subjects (n) performing each task is presented. Mean and, within brackets, standard deviations (SD) are shown for the 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles of upper arm elevation, as well as percentage of time spent in angular zones exceeding 60° and 90°. The 1<sup>st</sup>, 10<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup> percentiles of head and neck flexion/extension are shown. Statistically significant differences between Brazilian and Norwegian electricians were tested with Mann-Whitney (\* p<0.05).

Postures and movements	Tasks												
	Planning				Support				Wiredraw				
	Brazilian n = 9		Norwegian n = 12		Brazilian n = 12		Norwegian n = 12		Brazilian n = 12		Norwegian n = 12		
	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	
<b>Right arm</b>													
<b>Elevation</b>													
Percentile (°)	90 <sup>th</sup>	65	(11)	57	(16)	51	(8)	56	(10)	88	(28)	100	(13)
	99 <sup>th</sup>	102	(17)	96	(19)	93	(14)	103	(13)	118	(25)	130	(10)
Zone (% time)	>60°	14.8	(6.3)	12.7	(13.5)	6.4	(2.9)	8.8	(5.6)	25.6	(15.4)	28.1	(7.1)
	>90°	2.3	(2.2)	2.3	(2.2)	1.9	(2.1)	2.3	(1.4)	13.7	(9.4)	15.5	(5.8)
<b>Left arm</b>													
<b>Elevation</b>													
Percentile (°)	90 <sup>th</sup>	63	(13)	55	(12)	48	(11)	51	(6)	84	(30)	98	(14)
	99 <sup>th</sup>	106	(18)	96	(26)	90	(16)	95	(15)	117	(23)	126	(11)
Zone (% time)	>60°	14.5	(11.1)	9.2	(6.9)	5.9	(4.0)	5.7	(3.2)	23.1	(15.8)	26.5	(8.3)
	>90°	2.4	(1.5)	2.7	(2.5)	1.5	(1.4)	1.4	(1.2)	12.5	(9.8)	13.6	(6.2)
<b>Head</b>													
<b>Flexion/extension</b>													
Percentile (°)	1 <sup>st</sup>	-26	(13)	-30	(11)	-25	(13)	-27	(8)	-33	(18)	-42	(5)
	10 <sup>th</sup>	-9	(9)	-7	(7)	-4	(8)	-5	(5)	-12	(17)	-22	(6)
	50 <sup>th</sup>	12	(9)	18	(11)	21	(12)	17	(6)	26*	(13)	14	(13)
	90 <sup>th</sup>	41	(13)	47	(11)	53	(13)	50	(8)	60*	(9)	50	(11)

	99 <sup>th</sup>	65	(16)	68	(6)	75	(9)	76	(7)	78	(6)	74	(9)
Neck													
Flexion/extension													
Percentile (°)	1 <sup>st</sup>	-29	(11)	-34	(10)	-28	(12)	-35	(10)	-35	(11)	-43	(8)
	10 <sup>th</sup>	-15	(8)	-14	(9)	-9	(9)	-14	(7)	-16	(11)	-21	(5)
	50 <sup>th</sup>	4	(8)	7	(8)	10	(8)	7	(6)	10	(7)	6	(6)
	90 <sup>th</sup>	21	(10)	28	(7)	27	(8)	29	(8)	29	(7)	31	(7)
	99 <sup>th</sup>	34	(9)	40	(7)	36	(9)	41	(8)	38	(8)	43	(8)

<sup>a</sup> Data missing for right upper arm postures of one subject due to technical problems.

<sup>b</sup> Data missing for head postures of one subject and for left upper arm postures of three subjects due to technical problems.

\* Statistically significant differences between Brazilian and Norwegian electricians ( $p < 0.05$ ; Mann-Whitney test).