Revisão dos métodos de análise ergonômica aplicados ao estudo dos DORT em trabalho de montagem manual

Carla Patrícia Guimarães, MSc.

cpguimas@aol.com

Doutoranda em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ

Ricardo Manfredi Naveiro, Dr.

ricardo@pep.ufrj.br

Doutor em Projeto de Produto, USP.

Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UFRJ e do Programa de Engenharia de produção da COPPE/UFRJ.

Diretor Técnico da Associação Brasileira de Engenharia de Produção

O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão crítica dos sistemas de avaliação ergonômica aplicados ao estudo dos DORT, com um exemplo de estudo de caso da aplicação do método RULA em atividade de montagem manual de equipos médicos de infusão. Inicialmente, apresentamos considerações mais recentes e significantes descritas na literatura acerca dos métodos, critérios e sistemas de procedimentos usados para descrever e, quando possível, avaliar as condições de trabalho que podem representar sobrecargas biomecânicas e fisiológicas para as diferentes estruturas do corpo, enfocando principalmente as atividades que envolvam o membro superior, e que podem ser utilizados na análise de atividade de montagens manuais. Numa segunda etapa apresentamos um estudo de caso no qual foi aplicado um dos métodos descritos em atividade de montagens de equipos médicos de infusão. Concluímos que os métodos classificatórios podem ser usados em diagnóstico inicial de forma a determinar quais as situações críticas dentro do universo da análise.

Palavras-chave: ergonomia; metodologia de projeto; montagem de produtos industriais.

This paper reviews the suitability of the ergonomics evaluation systems in the investigation of WMSDs – Work Related Musculoskeletal Disorders – in manual assembly operations. A survey of the main methods for ergonomics evaluation is presented and the methods assessed in their suitability for ergonomics and biomechanical evaluation. The main methods have been ranked accordingly to their applications. Special investigations were addressed for a method that focuses the upper limb evaluation, as the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method, which was chosen to be applied in a real work situation. A case study was conducted in a biomedical company evaluating the work conditions in the assembly of biomedical products. The conclusion is that the classificatory methods are methods for an initial diagnostic and give the critical situation in the universe of analysis.

Keywords: ergonomics; design methodology; product assembly.

1 Introdução

Este artigo apresenta considerações sobre as mais recentes e significantes contribuições da literatura acerca dos métodos, critérios e sistemas de procedimentos usados para descrever e, quando possível, avaliar as condições de trabalho que podem representar sobrecargas biomecânicas e fisiológicas para as diferentes estruturas do corpo, enfocando principalmente as atividades que envolvam o membro superior, e que podem ser utilizados na análise de atividade de montagens manuais.

2 Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) e os Processos de Montagem

Os processos de montagem respondem por cerca de 50 até 70% dos custos de mão-de-obra de um produto.

Trata-se, portanto, do processo que envolve o maior contingente de pessoas em uma indústria de manufatura e o responsável pela maior parcela do custo total de fabricação. Nos últimos anos vêm sendo empreendidos esforços para reduzir os custos de montagem através

da utilização da automação; entretanto, a maioria das operações de montagem continua sendo feita com praticamente as mesmas ferramentas utilizadas no passado. Os ciclos de trabalho de montagem são em sua maioria curtos: 1,5 minuto para 42% dos postos de trabalho e menos de 30 segundos para 26% dos postos de trabalho, o que acarreta muitas operações repetidas e lesões por esforço repetido são comuns de ocorrer entre os trabalhadores (CHEDIER e NAVEIRO, 2001). Os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho – denominados atualmente como DORT – representam 70% do total de atendimentos de trabalhadores, o que acarretou uma mudança recente na legislação brasileira (1998) que passou a classificá-la como acidente de trabalho.

2.1. Os DORT

Os DORT, definidos como distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho são uma consequência nefasta da desarmonia entre a atividade de trabalho desenvolvida, o ambiente laboral e o trabalhador. Eles são conhecidos com diferentes denominações: LER (lesões por esforço repetitivo), CTD (*Cumulative Trauma Disorder*), RSI (*Repetitive Strain Injury*) e WMSD (*Work-related Musculoskeletal Disorders*), citando algumas. Acomete em maior proporção a região dos membros superiores, mas também podem ocorrer em outras regiões do corpo, como a coluna cervical e lombar, onde recebem denominações próprias como cervicália e lombalgia. Os DORT podem afetar tanto os tecidos moles do corpo, como tendões, bainhas sinoviais, discos de fibrocartilagem e músculos, quanto o tecido nervoso.

Etiologicamente, a redução da lubrificação entre os tendões e as suas membranas envoltórias devido ao excesso de movimento articular tem sido sugerida como sendo uma das causas do aparecimento das tenosinovites (MOORE *et al.*, 1991; ROWE, 1987), enquanto cargas altas e deformações acumuladas têm sido sugeridas como causas para as tendinites (GOLDSTEIN, 1981).

Norman e Wells (1990) propuseram um modelo para se tentar entender a origem da tenosinovite, que envolve tanto a articulação do punho quanto das mãos, no qual o aumento do atrito entre o tendão e sua bainha sinovial envoltória se caracteriza como um fator de risco para os DORT. O aumento do atrito acontece quando o punho se desvia de sua posição neutra, o que provoca uma interação mais pronunciada dos elementos que compõem o sistema do canal do carpo, composto de um cinturão de tendões envolvidos pelas respectivas bainhas sinoviais. Alguns estudos apresentam que a tensão desenvolvida nos tendões reduz o raio de curvatura dos tendões dos flexores, quando esses atravessam o canal do carpo. (ARMSTRONG e CHAFFIN, 1978; KEIR, 1995). A intensidade da força nos tendões depende da carga axial nos tendões e de seu raio de curvatura (Figura 1).

O conjunto de tendões de músculos, cuja origem está na região do braço e do antebraço, e que atravessam a articulação do punho, participam tanto do movimento do antebraço como do movimento do punho, das mãos e dos dedos, seja na posição neutra ou em desvio do punho. Especialmente quando em tensão, criam um consumo de energia, possivelmente maior do que a possibilidade de recuperação tecidual, o que pode ocasionar uma degeneração dos tecidos e conseqüente instalação de um processo inflamatório, como é o caso das epicondilites, tendinites e tenosinovites, tão comuns nessas regiões do corpo, principalmente em atividades que envolvam manipulação de objetos. Com a apreensão temos uma tensão nos tendões, e a variação da postura do punho causa o deslizamento do tendão dos músculos flexores e extensores dos dedos (Figura 2).

A sobrecarga mecânica sobre os nervos pode advir do aumento da pressão hidrostática no canal do carpo, podendo acarretar sobrecarga direta sobre o nervo pelo atrito com os tendões, pinçamento do nervo e extremo alongamento (WALL *et al.*, 1992). A compressão direta dos nervos pode ocorrer em diferentes regiões: no punho, entre o retináculo flexor e o tendão dos músculos flexores; na coluna

Figura 1 – Efeito da carga no tendão no raio de curvatura do tendão através do túnel do carpo (KUMAR, 1999)

Figura 2 – Efeito combinado de apreensão em diferentes posturas (KUMAR, 1999)

lombar, entre unidades motoras espinhais adjacentes ou devido ao herniamento do disco de fibrocartilagem; ou no pescoço, entre os músculos escalenos ou contra as costelas superiores.

Muitos trabalhos manuais realizados em linha de produção, tais como manusear, costurar, cortar e montar, que envolvem muitas vezes atividades repetitivas podem ter uma influência patológica sobre os tecidos muscular, tendinoso e ósseo das extremidades superiores do corpo. Também atividades que envolvem manipulação de objetos leves, mas em alta repetição, estão muitas vezes associados aos distúrbios cervicobraquiais ocupacionais, pelo desenvolvimento de contração estática prolongada na musculatura de estabilização e sustentação do ombro e do pescoço (GIROUX e LAMONTAGNE, 1992).

A situação de perda da capacidade laboral em decorrência de atividades repetitivas foi também apresentada no trabalho de Andersson¹ (1984 *apud* ROSA *et al.*, 1998). Os autores argumentaram que trabalhadores que executam tarefas manuais envolvendo as extremidades superiores, frequentemente desenvolvem sintomas de dor e desconforto, que podem reduzir sua capacidade de trabalho e aumentar o afastamento por doenças.

Discute-se ainda que esses sintomas surjam pelo excesso de fadiga nos músculos que são repetitivamente ou excessivamente sobrecarregados, dinâmica ou estaticamente, e que a extensão crescente do problema na indústria, em diferentes países, vem indicando a necessidade de métodos de avaliação prática do trabalho, de forma que as tarefas possam ser planejadas para minimizar os riscos de se adquirir tais problemas de saúde.

Quando executamos tarefas de montagem manual de objetos leves, as mãos deveriam se posicionar próximas ao nível da cintura e perto do corpo, de

modo a diminuir a sobrecarga biomecânica. Muito frequentemente essa recomendação é ignorada.

Em muitos ambientes de montagem, o planejamento do posto de trabalho, do produto e das ferramentas, obriga os trabalhadores à adoção de posturas desconfortáveis. Isso muitas vezes ocorre como consequência da afirmação de que tais posturas são aceitáveis, pois os limites de alcance (áreas de trabalho) e de força não são excedidos; os esforços decorrentes de tais posturas são tipicamente pequenos, menores do que 15% do esforço voluntário máximo (WIKER *et al.*, 1989). Convém lembrar que isso não impede que outros fatores de risco possam atuar, tais como repetição, posturas erradas das demais partes do corpo, aceleração e desaceleração de movimentos, entre outros.

Numerosos estudos ergonômicos têm apresentado relatórios que concluem que a postura da extremidade superior é o fator primário no desenvolvimento de dores crônicas e temporárias nas articulações e músculos dos ombros e dos braços sendo influenciada pelo *layout* do posto de trabalho, pela atividade desenvolvida e pelas ferramentas utilizadas (ARMSTRONG e CHAFFIN, 1979).

Podemos citar alguns exemplos, tais como: duas condições clínicas de dores nos ombros se manifestam frequentemente na indústria, a primeira se relaciona com a tendinite de ombro, que aparece em atividades de sustentação de carga pelo membro superior ao manusear objetos pesados. A segunda se relaciona à mialgia no ombro, que se relaciona aos trabalhos monótonos e repetitivos em situações de baixa carga, como trabalhos de montagens (HAGBERG, 1984).

O problema também pode se apresentar pelo desequilíbrio muscular durante a atividade, como exemplo, podemos citar os estudos da atividade mioelétrica dos músculos responsáveis pela movimentação da articulação do punho, em trabalhadores de linha de montagem da indústria auto-

¹ ANDERSSON, H. A Arthrosis and its relation to work. *Scandinavian Journal of work, Environment, and Health*, 10, 429-433, 1984.

mobilitica, relatando que alguns grupamentos musculares como, por exemplo, os extensores do carpo, encontram-se contraídos estaticamente por mais tempo e com menos pausas do que os músculos flexores. As tarefas com essa predominância estão mais sujeitas à ocorrência de problemas nessa articulação.

Influi no aparecimento dos DORT o efeito combinado do horário de trabalho (turnos) e fatores relacionados à tarefa de montagem manual, constatando que a fadiga muscular se instalava mais rapidamente com o aumento da carga horária dos turnos e durante o turno noturno, quando comparado com os demais (ROSA *et al.* 1998).

- Ciclo de vida previsto para o produto;
- Custo e disponibilidade de mão-de-obra;
- Volume de produção;
- Variedade dos produtos;
- Tamanho do lote;
- Flexibilidade.

A montagem manual utiliza ferramentas de baixo custo e dispositivos de armazenagem de peças também de baixo custo. Ela é empregada quando se busca alta flexibilidade associada a uma grande variedade de

Figura 3 – Modelo mostrando a relação entre exposição, resposta fisiológica e efeito a longo prazo na patogênese (RANNEY, 2000)

Levantamentos epidemiológicos em uma indústria de montagem de equipamentos médicos confirmam os relatos apresentados. Nessa indústria o índice de DORT se situa na faixa de 28%. As atividades de montagem envolvem tarefas repetitivas e monótonas, com alto nível de produção. Para alguns equipamentos de infusão, a produção prevista chega a 1.800 unidades por turno de trabalho e envolvem cerca de 260 equipamentos montados por hora por pessoa. Nesse trabalho, como as atividades envolvidas são repetidas diariamente e os tipos de equipamentos montados são muito similares em seus movimentos de montagem, a capacidade de recuperação do tecido muscular pode entrar em fadiga mais rapidamente. A Figura 3 mostra como a ausência de recuperação tecidual pode influir no aparecimento da DORT.

2.2. Métodos e Sistemas de Montagem

Os vários métodos de montagem podem ser agrupados em três categorias: montagem manual, montagem mecanizada e montagem robotizada. A escolha do método de montagem para um novo produto vai depender de uma série de fatores:

produtos; seus custos permanecem relativamente constantes e independentes do volume de produção.

Os principais parâmetros que interferem no processo de montagem manual são os seguintes:

- Possibilidades de manipulação – peças escorregadias, peças que se enroscam, peças afiadas etc.;
- Necessidade de orientação – peças não simétricas com dificuldades de se colocar na posição correta;
- Direções e sentidos de montagem;
- Dificuldades de inserção – dificuldades relacionadas a restrições de visibilidade, por dificuldade de acesso, dureza dos materiais etc.;
- Necessidade de ferramentas especiais para manipulação – peças pesadas, peças cuja montagem está fora do alcance do montador, facilitar a inserção dos materiais.

Esses parâmetros muitas vezes estão diretamente relacionados a problemas ergonômicos decorrentes

de um posto de trabalho mal projetado para a atividade de montagem a ser desenvolvida. Para identificar tais problemas, os métodos ergonômicos de análise do trabalho vêm empregando algumas metodologias de observação e análises das atividades laborais de forma a identificar parâmetros ergonômicos associados às causas de prejuízo à saúde do trabalhador.

3 Métodos de avaliação de riscos aplicados à ergonomia

Para análise dos fatores de risco relacionados aos DORT são comumente utilizados três tipos de estratégias de avaliação: relatórios dos próprios trabalhadores, observação e entrevistas com pessoal especializado e mensuração semiquantitativa ou quantitativa por alguma forma de instrumento de medida (HAGBERG *et al.*, 1995).

As observações realizadas no local de trabalho são realizadas de forma a: 1) identificar as condições de trabalho que possam estar causando problemas e 2) fornecer conselhos preventivos para eliminar os agentes estressores.

Na Figura 4 são apresentados alguns dos métodos usados na análise de riscos físicos em ergonomia. Alguns desses métodos são apenas descritivos, outros fornecem algum tipo de classificação ou indicam índices estimativos de risco.

Da Figura 4, apresentada anteriormente, teceremos algumas considerações sobre os métodos apresentados. Os métodos qualitativos na forma de listas de verificação, questionários ou relatórios, mesmo apresentando algumas desvantagens, tais como falta de validação e fidedignidade comprovadas,

Métodos	Descrição	Informação de entrada	Resultados
OWAS (KARHU <i>et al.</i> , 1977)	Esquema de observação da atividade do todo o corpo	A postura do tronco, pernas e braços são definidas por códigos numéricos	Descrição postural
RULA (MCATAMNEY e CORLETT, 1993)	Ferramenta classificatória de risco para os membros superiores	Diagramas de posturas com pesos aditivos	Classificação do posto de trabalho quanto à prioridade de intervenção
PLIBEL (KEMMLERT, 1995)	Lista de checagem através de perguntas enfocando a parte física, biomecânica e organizacional	Questionário e diagrama de posturas	Indicações descritivas do que se faz necessário modificar
Draft OSHA Checklist (SILVERSTEIN, 1997)	Lista de checagem de fatores de risco gerais	Diagramas com pesos aditivos	Classificação da atividade laboral quanto aos fatores de risco analisados
STRAIN INDEX (GARG e MOORE, 1997).	Ferramenta classificatória de risco para o membro superior, principalmente	Interações entre seis variáveis da atividade (intensidade do esforço, duração do esforço, frequência, postura da mão/punho, velocidade do trabalho e duração por dia)	Classificação da atividade laboral quanto aos fatores de risco analisados através de índices multiplicadores
REBA (HIGNETT e MCATAMNEY, 2000)	Ferramenta classificatória de risco para o corpo inteiro	Diagramas de posturas com pesos aditivos	Classificação do posto de trabalho quanto à prioridade de intervenção
Hand-wrist stressors (LIFSHITZ e ARMSTRONG, 1986)	Lista de checagem de alguns fatores de risco para o membro superior	Questionários sobre os fatores de risco biomecânicos	Números de respostas negativas são indicativos de risco
Carpal Tunnel Syndrome risk (WAIKAR <i>et al.</i> , 1990)	Abordagem usando sistema especialista para prever o risco para síndrome do túnel do carpo	Dados de campo sobre uma grande variedade de atividades laborais	Índice estimativo de risco
Les Profils de Postes (REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT, 1976)	Lista de checagem sobre atividades repetitivas	Observação da maioria dos fatores de risco da DORT	Arquivo com a análise do local de trabalho
Observational analysis of the hand and wrist (STETSON <i>et al.</i> , 1991)	Técnica de observação que quantifica atividades manuais que podem levar a DORT	Registro e armazenamento de uma série de parâmetros, como força de inserção com ou sem ferramentas, força de pinçamento, posturas do punho	Uso do próprio sistema de armazenamento e registro

Figura 4 – Métodos usados na análise de riscos físicos em ergonomia

podem ser usados para que os fatores menos observáveis não sejam esquecidos. Estudo apresentado por Bates (1987), salientou exatamente esse ponto: ao comparar observações realizadas por pessoal treinado e especializado neste tipo de análise de posturas laborais com auto-avaliações descritivas feitas pelos trabalhadores, foram encontradas inconsistências entre as observações dos dois tipos de análise, principalmente quanto às atividades pouco freqüentes, e que as listas de verificação eram melhor analisadas do que as atividades mais comuns e freqüentes.

Podemos citar alguns outros exemplos interessantes de métodos de listas de checagem como o PLIBEL (*Method for the Identification of Musculoskeletal Stress Which may have Injurious Effects*). Essa lista de verificação foi planejada em itens na forma de perguntas, checados ordenadamente na avaliação de um local de trabalho com relação a problemas ergonômicos. Esses itens estão relacionados a símbolos existentes em cinco regiões do corpo. A lista de itens consiste de questões relativas à postura incorreta de trabalho, movimento de trabalho fatigante, planejamento incorreto de ferramentas ou local de trabalho, e condições organizacionais e ambientais estressantes (KEMMLERT, 1995).

A *Draft OSHA Checklist* é uma ferramenta desenvolvida em 1995 para oferecer um exemplo das prerrogativas que devem ser levadas em consideração nos estágios iniciais de uma análise de risco ergonômico, com propósito de ser simples e sensível na determinação dos problemas laborais que necessitam de uma avaliação mais apurada ou talvez uma intervenção. Diferentes de muitas listas de checagem que se baseiam nas “melhores práticas” ou no aumento do conforto, essa somente inclui aqueles itens identificados na literatura que estão associados ao aumento do risco de desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas. Os autores utilizaram um modelo de pesos aditivos para simplificação do método, embora haja evidências de relações multiplicativas entre os diferentes fatores de risco (SILVERSTEIN, 1997).

A utilização de métodos padronizados de classificação semiquantitativos de análise do trabalho nos permite com maior clareza e precisão comparações antes e depois que mudanças ergonômicas tenham sido realizadas, e nos fornecem informações preciosas quanto às condições laborais e os fatores que nela intervêm.

Alguns estudos iniciais sugeriram um método para avaliação biomecânica de patologias decorrentes de movimentos repetitivos, enfocando três fatores principais: força, repetição e postura. Outros trabalhos

postularam não só um método, mas um modelo de risco para os DORT, baseados em quatro fatores: repetição, força, postura e ausência de recuperação. Os métodos sugeridos realizariam a descrição e análise classificatória levando em conta o número diário de movimentos que causariam problemas para o corpo e particularmente para o punho (DRURY, 1987; PUTZ-ANDERSON, 1988).

Pesquisadores do NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) apresentaram um modelo conceitual para o estudo e prevenção da Síndrome do Túnel do Carpo. Nesse modelo, o limite de exposição era determinado pela repetição do movimento, pela força do uso, e pelo desvio postural da articulação envolvida, no caso o punho. Esse método foi utilizado no estudo de Winkel e Westgaard (1992) para o *redesign* de postos de trabalho para odontologistas.

Algumas normas para o estudo dos fatores de risco ocupacional relacionados a problemas musculoesqueléticos das regiões cervical e escápulo-umeral foram sugeridas, em 1993, por pesquisadores que faziam parte do grupo de estudo, principalmente escandinavos e americanos, apresentando um modelo para interpretação do desenvolvimento dos problemas musculoesqueléticos ocupacionais do pescoço e membros superiores (ARMSTRONG *et al.*, 1993), essas normas são de particular importância pois fornecem limites máximos de exposição, a partir dos quais o risco de DORT aumenta consideravelmente.

Nessas normas o parâmetro freqüência de manipulação foi enfatizado, pois a mesma é apontada como sendo de particular importância para a caracterização do risco, sendo publicadas e apresentadas para cada região do corpo (mãos, punho, cotovelo e ombros).

Com respeito a esse mesmo parâmetro, estudos posteriores demonstraram que existem outros fatores que agravam a situação, como forças elevadas de inserção, posturas estáticas prolongadas com manuseio de carga, posturas extremas e tempo de exposição, sendo considerados como fatores que amplificam o risco (KILBOM, 1994a). O mesmo autor propõe que um modelo para análise de fatores de risco no trabalho para problemas nas extremidades distais do membro superior deve ser mais detalhado, tendo como base a medição de seis variáveis: força, freqüência de ação, postura, tempo de recuperação em um ciclo simples, velocidade do trabalho e duração diária.

Numa revisão mais atualizada dos diferentes métodos semiquantitativos feita pelo mesmo autor, concluiu-se que esses métodos foram desenvolvidos para diferentes propósitos e conseqüentemente diferem em muitos aspectos, de acordo com o tipo de abordagem e de

geração de informação (KILBOM, 1994b). Na utilização desses métodos deve-se ter o cuidado de analisar seus resultados à luz do estudo inicial para o qual foi aplicado, de modo a não se correr o risco de gerar resultados que não são compatíveis com sua abordagem.

Muitas técnicas de análise dos fatores físicos podem também apresentar duas características contraditórias: generalidade e especificidade. Estas devem ser confrontadas na sua aplicação: o método OWAS (KARHU, KANSI e KUORINKA, 1977), por exemplo, é muito generalista, apresentando pouca especificidade, e por isso um detalhamento insuficiente quando aplicado a certas atividades laborais. Em contraste, o método NIOSH (WALTERS *et al.*, 1993) requer um detalhamento apurado e com parâmetros tão específicos que sua aplicação ficou limitada ao estudo das atividades de cuidados com a saúde (por exemplo, Enfermagem) e ao estudo das atividades de manuseio de carga. Em função desses problemas, alguns métodos propostos apresentam alternativas e adaptações para sua aplicação.

O método RULA (*The Rapid Upper Limb Assessment*), desenvolvido por McAtamney e Corlett (1993) foi inicialmente descrito como uma técnica ergonômica para a avaliação individual da postura, da força e da ação muscular, que podem contribuir para o desenvolvimento de DORT em qualquer atividade laboral. O uso dessa abordagem de avaliação de risco resulta em um índice de risco entre 1 e 7, onde os maiores valores indicam níveis aparentemente maiores de risco.

Devemos esclarecer, entretanto, que um índice baixo no RULA também não garante que o local de trabalho esteja livre de qualquer problema ergonômico. Em colaboração com Rani Lueder (1996), os referidos autores refinaram esta técnica para ser aplicada em situações específicas, como no caso de usuários de computadores.

A quantificação dos fatores de sobrecarga laboral identificados como de risco potencial para o desenvolvimento de DORT vem levando a diferentes estudos por diversas entidades, como OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) e ANSI (*American National Standards Institute*) para o desenvolvimento de ferramentas para quantificação de riscos. Os autores do presente estudo definiram um índice de risco para a DORT, em que se basearam em quatro fatores de risco primários definidos nos estudos de Putz-Andersson (1988): força exercida, frequência, postura e tempo de exposição.

A metodologia de Índice de Deformação (*Strain Index*), elaborada por Garg e Moore (1997), se caracteriza por ser um método de análise do trabalho que apresenta como resultado um valor numérico (escore) que se

acredita estar relacionado com o risco de desenvolvimento de problema nas extremidades superiores. Esse índice se baseou nas interações entre seis variáveis da atividade: intensidade do esforço, duração do esforço, frequência, postura da mão/punho, velocidade do trabalho e duração diária, e representa o produto de seis multiplicadores que correspondem a essas variáveis, com cada uma podendo ser classificada em cinco níveis.

O Método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) descrito por Hignett e McAtamney (2000), foi um método proposto para superar as dificuldades de alguns métodos cuja especificidade impedia o seu uso na avaliação de posturas não previsíveis de trabalho, como as encontradas na área de cuidados da saúde e outras indústrias de serviço. Esse método foi elaborado de forma a complementar o método NIOSH, desenvolvido por Walters *et al.* (1993).

Esse método é um sistema de análise postural sensível aos riscos musculoesqueléticos em uma diversidade de tarefas, dividindo o corpo em segmentos e planos de movimento onde são analisadas as atividades quanto à postura assumida em termos de estática, dinâmica e mudanças rápidas de postura, instabilidades tanto do tronco quanto das mãos, através de escores de classificação.

Como descrito acima em alguns exemplos, diferentes autores apresentam modelos para descrições qualitativas e semiquantitativas para a avaliação dos principais fatores de risco ergonômicos, tais como: frequência, repetição do movimento, uso da força, tipo de postura e de movimento, distribuição dos períodos de recuperação e presença de outros fatores adicionais de influência.

Nos métodos semiquantitativos propõe-se, para cada fator de risco, um método de detecção prática em campo, e também de critérios de classificação e interpretação dos resultados, baseados em uma revisão crítica da literatura disponível sobre o assunto. Os numerosos fatores considerados são classificados usando números e índices, que podem ser integrados em um índice de exposição. Esses índices podem então ser comparados com os índices de risco propostos para as diferentes partes do corpo.

Os métodos quantitativos de análise ergonômica dos fatores de risco para os DORT utilizam instrumentação mais especializada para medição, como a videocinematografia, a dinamometria, medidores de pressão, goniometria e eletromiografia, medidores de frequência cardíaca e respiratória, entre outros, que fornecem medidas mais precisas do funcionamento real do sistema musculoesquelético quando submetido a diferentes tipos de sobrecarga.

Podem ser direcionados a três tipos de abordagem: biomecânica, fisiológica e psicológica. A desvantagem desses métodos é que necessitam de toda uma preparação (calibração) e metodologia de mensuração, que se não for corretamente feita pode gerar resultados imprecisos e de validade duvidosa, além de serem métodos mais custosos e de difícil aplicação na prática em campo. Muitos são utilizados apenas em aplicações laboratoriais, existindo dessa forma uma enorme carência de dados práticos coletados na atividade real de trabalho.

Citando alguns exemplos, temos: os modelos biomecânicos computadorizados para estimar cargas de compressão, cisalhamento e momentos de força no cotovelo, ombro, coluna vertebral (CHAFFIN, ANDERSSON e MARTIN, 1999); medidas das demandas cardiorespiratórias usando medidores de frequência cardíaca e consumo direto de oxigênio, utilizados para avaliar atividade de manuseio de materiais e estabelecer limites de sobrecarga musculoesquelética e frequência de trabalho em tarefas repetitivas de manuseio de cargas; métodos psicofísicos, como as escalas de Borg, para mensuração da fadiga e desconforto em diversas regiões do corpo (BORG, 1984).

Conforme descrito neste tópico podemos verificar que o método RULA é o único que possibilita uma classificação dos problemas ergonômicos de postos de trabalho em postura sentada, que envolvam o membro superior. Sua praticidade aliada à facilidade de aplicação foram os principais critérios na sua escolha para o trabalho que relatamos a seguir.

4 Estudo de Caso

O estudo feito no setor de montagem manual de uma empresa fabricante de produtos médicos nos permitiu comprovar a eficácia e praticidade desse método. A montagem de equipos biomédicos envolve uma série de operações, tais como: colagens (Figura 5), inserção (Figura 6), cintamento (ensacamento do tubo) (Figura 7). Essas operações se repetem nos diferentes produtos havendo algumas variações nas peças coladas e montadas com relação ao tamanho das câmaras de soluções, dos tipos de pinças utilizadas e da coloração e comprimento dos tubos. Cabe salientar que alguns tipos de colagens e inserções só são realizados para alguns modelos de produtos, como a colagem e inserção do injetor lateral e do *flashball* (Figura 7).

Figura 5 – Colagem da câmara

Figura 6 – Inserção da pinça

Figura 7 – Cintamento

Figura 8 – Colagem e inserção do *Flashball*

Todas as operações de montagem são realizadas no mesmo posto de trabalho, que será apresentado na Figura 9 e que foi analisado no exemplo que ilustramos a seguir.

Figura 9 – Posto de Trabalho da Montagem em Infusão.

4.1. Aplicação do Método RULA

Inicialmente foram selecionadas funcionárias dos percentis 5, 50 e 95 da população brasileira com relação à estatura – dados fornecidos pelo ERGOKIT (Banco de Dados Antropométricos da População Brasileira) – para algumas operações de montagem.

O método RULA foi então aplicado. Como resultado dessa aplicação no trabalho de montagem, encontramos valores de classificação do posto de trabalho entre 5 e 7. Os valores de classificação 5 ou 6 indicam a necessidade de investigar e mudar logo o posto, e 7 indica a necessidade de investigar e mudar imediatamente o posto de trabalho a fim de evitar maiores problemas de DORT.

A Tabela 1 indica os resultados da aplicação do método nas diferentes operações de montagem.

De acordo com a Tabela 1, a colagem de maior gravidade é a do injetor lateral, seguida pela do *flashball* (maior índice pelo método). Isso é ratificado pelas colaboradoras que reclamam de dormência na ponta dos dedos e dores no punho devido à força que fazem na colagem dessas peças. Além de frequentemente sofrerem lesões superficiais nos dedos, pois no decorrer do trabalho a peça bate inúmeras vezes sobre o dedo chegando muitas das vezes até a lesioná-lo.

Observando a Tabela 1, também encontramos resultados distintos na classificação do RULA, nas mesmas operações, entre os percentis populacionais analisados. Pelo índice obtido pelo método, a colaboradora do percentil 50 estava mais bem acomodada ao posto e com uma melhor postura do que os demais percentis analisados 5 e 95 (Figuras 10 e 11).

Tabela 1 – Resultados da aplicação do Método RULA

Operações	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Colagem do intermediário luer no tubo	5	6	6
Colagem e inserção do <i>flashball</i> no tubo	6	6	6
Cintagem	5	7	3
Inserção da pinça no tubo	5	5	6
Col. do seg. de bomba no tubo	6	5	5
Colagem e inserção do injetor lateral no tubo	7	5	7
Colagem e inserção da câmara maior no tubo	5	6	6

Figura 10 – Mulher Percentil 5

Figura 11 – Mulher percentil 95

4.2. Levantamento Realizado pela empresa

Foi aplicado à Lista de Verificação de Produtividade desenvolvida pela empresa visando encontrar fatores que influenciam na produtividade das colaboradoras do setor que realiza a Montagem de equipos de Infusão. A aplicação foi diária, com um espaço amostral de 10 pessoas, observando diferentes operações e produtos e tentando abranger o maior número de situações. Os pontos considerados como determinantes na produtividade pela empresa foram divididos em:

- O Posto de Trabalho;
- Quebra do Ritmo;
- Abastecimento das Peças;
- Sistemática da Produção;
- O recebimento de Peças Defeituosas.

Como resultados da aplicação dessa lista de verificação temos:

O Posto de Trabalho

Após verificar operações e itens diferentes, foi observado que o posto de trabalho da Montagem/Infusão não atende de forma adequada a todas as operações. Estando listados abaixo os componentes do posto mais críticos. Confirmando que a inflexibilidade do posto desfavorece a produtividade dos três percentis:

- Mesas – as mesas não possuem regulagem de altura, possuem muitos furos que permitem a queda de peças e muitas não estão em bom estado.
- Cadeiras – o número de cadeiras que possui regulagem de altura e está em bom estado não é suficiente, além de nenhuma delas apresentar

qualquer camada de estofado como é aconselhável para colagem sentada com carga leve.

- Suporte de tubo – o suporte na mesa não favorece as canhotas, pois estas têm que virar-se para o lado oposto ao de seu conforto, perdendo produtividade.
- Suporte de caixa – este suporte não é de altura regulável e não possui rodinhas; a falta destas dificulta no momento de trocar a caixa pois a colaboradora faz muita força e a falta de altura regulável prejudica as viradas das colaboradoras para pôr o material e pegá-lo.
- Recipientes – os recipientes azuis são muito pesados, causando fadigas inúteis.
- Suporte para tubos na parte posterior da mesa – a falta destes permite que tubos se arrastem no chão tendendo a acumular impurezas.
- Recipiente para depositar espumas usadas – a falta de um recipiente para jogar as espumas usadas faz com que as colaboradoras mantenham essas sobre a mesa, tornando a mesma desorganizada.
- Suporte para os pés – a falta deste provoca fadiga nas pernas e conseqüente perda de produtividade.

A Quebra do Ritmo

Acompanhando a produção, observamos que o horário de maior rendimento da maioria das colaboradoras é das 7:00 h às 9:30 h e o de pior rendimento é após o almoço, das 15:00 h às 16:00 h. O decréscimo da produtividade é normal, pois com o passar do tempo vai aumentando a fadiga musculoesquelética sofrida pela realização da montagem e cintagem, além de após o almoço o metabolismo estar mais lento. A Figura 12 mostra a produtividade nos intervalos de tempo: antes do lanche, depois do lanche e depois do almoço de diferentes colaboradoras.

Figura 12 – Acompanhamento da Produtividade no Setor de Montagem Infusão

Abastecimento das Peças

Para ganhar tempo, os movimentadores (pessoal encarregado da distribuição do material de montagem) se dirigem às mesas com o saco cheio de peças sem utilizar o carrinho e a vasilha para abastecer. Despejam as peças sobre o recipiente, deixando cair peças fora do mesmo, aumentando o número de peças perdidas e também a fadiga do próprio indivíduo que abastece.

Sistemática da Produção

As colaboradoras montam um grande volume de tubos devido ao horário de recolhimento de material, não havendo assim uma distribuição de esforço da montagem ao longo do tempo, além de que nessa rotina acumula muitos feixes sobre a mesa e requer uma grande quantidade de caixas ao seu redor, reduzindo seu espaço de trabalho e espaço de circulação do movimentador, forçando, ainda, que realizem uma mesma operação em um tempo longo como o caso da cintagem.

O recebimento de peças defeituosas

Um outro fator que atrasa o trabalho das colaboradoras da mesa e causa um aumento na perda é encontrar, entre as peças que recebe, peças defeituosas. Quando não percebem o defeito, montam o equipo e só depois atentam para o defeito, tendo que se desfazer da produção.

4.3. Análise Comparativa

Comparando os levantamentos feitos pela empresa com os resultados obtidos pelo método RULA podemos verificar que o método confirmou os problemas identificados pela empresa.

A partir dos resultados de classificação do posto de trabalho pelo método RULA, complementados pelos resultados da lista de verificação de produtividade, podemos não só classificar o posto de trabalho quanto às questões de mudanças que devem ser priorizadas, de forma a minimizar os prejuízos à saúde dos trabalhadores, como identificar os fatores que devem ser aprofundados em uma intervenção ergonômica com relação à postura, à utilização correta das ferramentas e as falhas nas rotinas com relação aos picos de produção.

5 Conclusão

A partir da revisão dos diferentes sistemas e métodos para a análise dos fatores de risco ergonômico, podemos concluir que há um grande número de métodos disponíveis e a escolha de um método ou

conjunto de métodos deve levar em consideração fatores, tais como: generalidade ou especificidade da situação a ser analisada, a precisão, validade, praticidade e custos do método. Essa escolha também deve estar relacionada, aos objetivos do estudo, aos parâmetros de interesse e aos resultados aplicativos.

No caso dos processos de montagem manual, os métodos semiquantitativos de classificação de risco para o membro superior podem ser usados no início da análise para determinar quais as situações críticas dentro do universo da análise. Uma vez identificados os pontos críticos, esses podem e devem ter sua avaliação complementada e aprofundada por métodos quantitativos de mensuração, de modo a validar os resultados apresentados.

No estudo de caso apresentado podemos verificar que o Método RULA foi de especial importância em um diagnóstico inicial, pontuando os conjuntos de atividades mais críticas dentro da sequência de atividades realizadas durante a montagem dos equipos de infusão. Esse diagnóstico nos permitiu ordenar as prioridades de análise e de aprofundamento em uma subsequente análise usando métodos quantitativos.

Referências

- ARMSTRONG, T.J.; BUCKLE, P.; FINE, L.; HAGBERG, M.; JONSSON, B.; KILBON, A.; KUORINKA, I.A.A.; SILVERSTEIN, B.A.; SJOGAARD, G.; VIIKARI-JUNTURA, I.A.A. A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculo-skeletal disorders. *Scandinavian Journal of work Environment, and Health*, 19, p. 73-84, 1993.
- ARMSTRONG, T.J. ; CHAFFIN, D.B. Some biomechanical aspects of the carpal tunnel. *Journal of Biomechanics*, 12, p. 567-570, 1979.
- ARMSTRONG, T.J. ; CHAFFIN, D.B. An investigation of the relationship between displacements of the finger and wrist joint and the extrinsic flexor tendons. *Journal of Biomechanics*, 11, p. 119-128, 1978.
- BATES, M.S. Ethnicity and pain: a biocultural model, *Soc. Sci. Med.* 24(1), p. 47-50, 1987.
- BORG, G. Perceived Exertion as an indication of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(3), p. 92-98, 1984.
- CHAFFIN, D B.; ANDERSSON, G.; MARTIN, *Occupational Biomechanics*. John Wiley & Sons, New York, 1999.

- CHEDIER, P. M.; NAVEIRO, R. M. A contribuição do projeto orientado à montagem na melhoria do projeto de produtos industriais. *Estudos em design*, 9 (1/2), 2001.
- DRURY, C. G. A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Seminar in Occupational Medicine*, 2, p. 41-49, 1987.
- GARG, A.; MOORE, J. S. The Strain Index: a method to analyse jobs for risk of distal upper disorders. In: *Proceedings of 13th Triennial Congress of International Ergonomics Association*, Tampere, Finland, 1997, p.40-42.
- GIROUX, B.; LAMONTAGNE, M. Net shoulder joint moment and muscular activity during light weight-handling at different displacements and frequencies. *Ergonomics*, 35, p. 385-403, 1992.
- GOLDSTEIN, S. A. Biomechanical Aspects of Cumulative Trauma to Tendons and Tendons Sheaths, *PhD Thesis*, Ann Harbor: Michigan, 1981.
- HAGBERG, M.; SILVERSTEIN, B.; WELLS, R.; SMITH, M. J.; HENDRICK, H. W.; CARAYON, P.; PÉRUSSE, M. *Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): A reference Book for Prevention*. London: Taylor & Francis, 1995.
- HAGBERG, M. Muscular endurance and eletromyographic fatigue in myofascial shoulder pain. *Archives of Physical Medical Rehabilitation*, 65, p. 522-525, 1984.
- HIGNETT, S.; McATAMNEY, L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics* (31), p. 201-205, 2000.
- KARHU, O.; KANSI, P.; KUORINKA, I. Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), p. 199-20, 1977.
- KEIR, P. J.; WELLS, R.; RANNEY, D.; LAVERY, W. The effects of tendon load and posture on carpal tunnel pressure, *Journal of Hand Surgery*, 22A, p. 628-634, 1997.
- KEIR, P. *Functional Implications of the Musculoskeletal anatomy and Tissue Properties of the Forarm*, unpublished Phd Thesis, Department of Kinesiology, University of Waterloo, Waterloo, 1995.
- KEMMLERT, K. *A method assign for the identification of ergonomic hazards – PLIBEL*. *Applied Ergonomics*, 26(3), p. 199-211, 1995.
- KILBOM, A. Repetitive work of upper extremities: Part I – Guidelines for the practioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, p. 51-57, 1994a.
- KILBOM, A. Repetitive work of upper extremities: Part II – Guidelines for the practioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, p. 59-86, 1994b.
- KUMAR, S. *Biomechanics in Ergonomics*, Taylor & Francis, Philadelphia, 1999.
- LIFSHITZ, Y.; ARMSTRONG, T. J. A Design checklist for control and predictions of cumulative trauma disorders in intensive manual jobs. In: *Proceedings of the Human Factors Society 30th Annual Meeting: A Cradle for Human Factors*, held in Daytona, Ohio, USA, p. 837-841, 1986.
- LUEDER, Rani. A Proposed RULA for Computer Users. In: *Proceedings of the Ergonomics Summer Workshop, UC Berkeley Center for Occupational & Environmental Health Continuing Education Program*, San Francisco, p.1-11, 1996.
- McATAMNEY, L.; CORLETT, E. N. RULA – a survey method for the investigation of work related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), p. 91-99, 1993.
- MOORE, A; WELLS, R.; RANNEY, D. Quantiffying exposure in occupational manual tasks with cumulative trauma disorder potential, *Ergonomics*, 34(12), p. 1433-1453, 1991.
- NORMAN, R.; WELLS, R. Biomechanical aspects of occupational injury. In: *Proceedings of the 23rd Annual Congress of the Human Factors Association of Canada*, p. 109-118, 1990.
- PUTZ-ANDERSON, V. *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limb*. New York: Taylor & Francis, 1988.
- RANNEY, M. D. *Distúrbios Osteomoleculares Crônicos relacionados ao Trabalho*, ed. Rocca, São Paulo, SP, 2000.
- RÉGIE NATIONALE DES USINES REANULT. Services des Conditions de Travail, *Les Profils de Postes: Méthode d'Analyse des Conditions de Travail*, Paris, Masson, 1976.
- ROSA, R.; BONNET, M. H.; COLE, L. L. Work schedule and task factors in upper-extremity fatigue. *Human factors*, march 1998.
- ROWE, M. The diagnosis of tendon and tendon sheath injuries. *Seminars in occupational medicine*, 2(1), p. 1-6, 1987.
- SILVERSTEIN, B. The use of checklists for upper limb risk assessment In: *Proceedings of 13th Triennial*

Congress of International Ergonomics Association, Tampere, Finland, p. 109-111, 1997.

STETSON, D. S.; KEYSERLING, W. M.; SILVERSTEIN, B. A.; LEONARD, J. A. Observational analysis of the hand and wrist: a pilot study. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 6(11), p. 927-937, 1991

WAIKAR, A.; LEE, K.; SANYAL, S.; PARKS, C.; AGHAZADEH, F. Evaluation of workplaces for the risks of carpal tunnel syndrome. In: Das, B. ed. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety II: Proceedings of the Annual International Ergonomics and Safety Conference*, Montreal, p. 207-214, 1990.

WALL, E.; MASSIE, J.; KWAN, M.; RYDEVIK, B.; MYERS, R.; GARFIN, S. Experimental stretch neuropathy. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 74B(1), p. 126-129, 1992.

WALTERS, T. R.; PUTZ-ANDERSSON, V.; GARG, A.; FINE, L. J. Revised NIOSH equation for design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), p. 749-776, 1993.

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

WINKEL, J.; WESTGAARD, H. Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part I – guidelines for practitioner. *Int J. Ind. Ergon.*, 10, p. 79-83, 1992. ■

Submetido em novembro/2002

Aprovado em dezembro/2004