

Biomecânica ocupacional – uma revisão de literatura

Occupational biomechanics: a literature review

Maria Claudia Vanícola*, S. T. Massetto* e E. F. Mendes*

* Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

** Docente do curso de Educação Física – IMES

RESUMO

A Biomecânica Ocupacional é uma área de atuação da Biomecânica e está relacionada ao estudo das posturas e tarefas do homem no trabalho. Trata-se de uma área interdisciplinar que possui ligação direta com a Ergonomia e que procura buscar soluções para os problemas decorrentes da adaptação do homem ao ambiente de trabalho e vice-versa. A análise das propriedades biomecânicas do aparelho locomotor, tais como as posturas dinâmicas, a mobilidade articular e a força muscular, são alguns dos métodos utilizados pela Biomecânica Ocupacional para determinar os limites e capacidades humanos para a realização de tarefas laborais sem o risco de lesões. Entre as lesões decorrentes de esforços inadequados relacionados ao trabalho, a lombalgia é o fator de maior queixa entre os trabalhadores de diferentes áreas, especialmente aqueles que desempenham profissões que envolvem levantamento, sustentação e/ou transporte de cargas. Algumas condições de trabalho envolvem esforços inadequados ou a manutenção de uma

mesma postura por longos períodos, a atividade constante ou sustentada de um determinado grupamento muscular e/ou o apoio de uma mesma parte do corpo em uma determinada superfície. Estas condições são grandes causadoras de lesões por esforços repetitivos. Nos últimos anos, intervenções ergonômicas têm sido sugeridas na indústria em busca da diminuição das lesões e da otimização das tarefas laborais. Por ser uma área interdisciplinar, a Biomecânica Ocupacional abre um grande espaço de atuação para o profissional de educação física interessado no trabalho de prevenção de lesões por esforços repetitivos por meio da atividade física. Esta revisão procura mostrar algumas análises biomecânicas das tarefas laborais, mediante suas diversas metodologias, como a eletromiografia, a cinemetria e outros.

Palavras-chave: biomecânica ocupacional, postura e intervenção ergonômica

ABSTRACT

Occupational Biomechanics is a Biomechanics specialty and is related to human tasks and postures on work. It's an interdisciplinary area that has a link with Human Factors. Human Factors look for solutions for human adaptation to work environment and vice versa. Some methods used by Occupational Biomechanics to determine human limits and capacities on work tasks without injuries are analysis of biomechanical properties of locomotor apparatus such as dynamic postures, articular mobility and muscle strength. Among injuries originate from inadequate effort related to work, low back pain is the major complaint by workers of different areas especially occupations that involve load lifting, load sustentation and load transport. Some work conditions involve inadequate efforts or the same posture maintenance

for a long period, using the same muscular group or sustained activity and/or same body region support. These conditions can motivate injuries by repeated efforts. In the last years, ergonomic interventions have been suggested on industry to minimize injuries and optimize work tasks. Because it's an interdisciplinary area, Occupational Biomechanics is an outstanding area of investigation for Physical Education teachers concerned on prevention of injuries by repeated effort through physical activity. The purpose of this review is to present some biomechanical analysis of tasks at work, trough the examination of its methodologies such electromyography, cinemetry and so on.

Keywords: occupational biomechanics, posture and ergonomic intervention

INTRODUÇÃO

Dados da Sociedade Brasileira de Reumatologia informam que 80% da população apresentará uma crise de dor lombar, ao menos uma vez na vida. Estatísticas como esta, além daquelas associadas ao alto índice de lesões por esforços repetitivos no trabalho observado nos últimos anos, geraram uma valorização dos profissionais envolvidos nos projetos de qualidade de vida (QV) das empresas, como os ergonomistas, os médicos do trabalho e os profissionais da área de educação física. Já foi demonstrado anteriormente em uma revisão de literatura que os exercícios físicos inseridos na indústria com o objetivo de diminuição das lesões e da otimização das tarefas laborais apresentaram resultados muito positivos⁽¹⁾. Desta forma, há uma tendência de aumento no número dos profissionais da educação física envolvidos nos projetos de QV das empresas.

O papel fundamental dos profissionais da educação física nas empresas é a prescrição dos exercícios a serem realizados em pausas estabelecidas durante a jornada de trabalho. Para isso, o profissional necessita identificar as sobrecargas impostas ao aparelho locomotor nos diferentes postos de trabalho. A avaliação dos postos, muitas vezes, fica a cargo dos engenheiros de segurança, biomecânicos e ergonomistas envolvidos nos projetos QV da empresa, entretanto, faz-se necessário que os profissionais da área de educação física tenham maior conhecimento sobre as possíveis variáveis obtidas destas avaliações, para que os exercícios prescritos respeitem as necessidades dos diversos grupos, atingindo os objetivos dos colaboradores, bem como das empresas.

Neste trabalho, as variáveis resultantes das avaliações dos postos de trabalho são dados biológicos obtidos por meio da instrumentação da biomecânica ocupacional. Esta área da biomecânica encarrega-se de determinar as capacidades e limitações do homem para a realização de tarefas relacionadas ao trabalho, mediante a análise de propriedades biomecânicas do aparelho locomotor tais como as posturas dinâmicas, a mobilidade articular e a força muscular. Dados sobre estas propriedades permitem o desenvolvimento de modelos biomecânicos que podem ser utilizados para prever a capacidade da população em realizar diversas posturas corporais e de produzir forças manuais para determinadas tarefas. Atualmente, os métodos mais utilizados pela biomecânica ocupacional para a análise das posturas de trabalho são os equipamentos de cinemetria, de eletromiografia, além da plataforma de força e do eletrogoniômetro. É importante lembrar que um projeto de ergonomia utiliza-se de análises de outras relações entre o homem e aspectos físicos do ambiente de trabalho, como a quantidade de luz, sons e outros, mas estas fogem ao escopo deste trabalho.

Assim, esta revisão procura relacionar aspectos históricos das primeiras intervenções da Biomecânica Ocupacional na análise de postos de trabalho, apresentar as diferentes

possibilidades das avaliações de tarefas laborais por meio da Biomecânica Ocupacional, assim como identificar possíveis problemas na utilização de instrumentos de medição característicos da Biomecânica em situações reais nas empresas.

BIOMECÂNICA OCUPACIONAL

A Biomecânica Ocupacional é uma especialidade da Biomecânica e está relacionada ao estudo das posturas e tarefas do homem no trabalho. Trata-se de uma área multidisciplinar e interdisciplinar⁽²⁾ em que modelos e instrumentos para medição e cálculos em Biomecânica são utilizados⁽³⁾ juntamente com avaliações de outras áreas de estudo, como a fisiologia e a psicologia.

Antropometria

Caracteristicamente, a antropometria possibilita a obtenção de dados de diversas medidas dos segmentos corporais e das relações entre esses segmentos. Na Biomecânica Ocupacional, as relações entre as dimensões corporais e a postura no trabalho se refletem principalmente quando o trabalhador tem de se ajustar ao equipamento, assumindo posturas inadequadas, e/ou quando o equipamento é ajustado ao trabalhador em relação às suas dimensões corporais, permitindo a adoção de posturas adequadas⁽⁴⁾.

Um estudo que procurou avaliar a correlação entre as dimensões corporais e posturas de trabalho durante a realização de uma tarefa na posição sentada demonstrou que a largura dos ombros, a altura do assento e a altura dos ombros na posição sentada (em relação ao apoio sobre a mesa) eram os aspectos que mais apresentavam interferência significativa na realização da tarefa⁽⁴⁾. Assim, um fator a ser considerado é que a adequação do ambiente de trabalho às dimensões corporais possibilita um melhor comportamento postural. Torna-se necessária, portanto, uma alta correlação entre as dimensões corporais e o equipamento utilizado para que haja um ajuste apropriado do local de trabalho ao trabalhador.

Forças Internas

Pressão Intradiscal

De acordo com uma revisão de literatura recentemente realizada pela *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH)⁽⁵⁾ nos EUA, mais de 40 artigos pesquisados apresentaram evidência na relação entre problemas na coluna lombar e cinco fatores associados às tarefas laborais, que são: trabalho físico pesado, levantamentos de peso, posturas de trabalho em que são exigidas constantes flexões e rotações da coluna, vibração corporal e posturas estáticas. Muitas tarefas laborais exigem essas demandas do aparelho locomotor e por tal razão esse tema é muito importante na Biomecânica Ocupacional.

A sobrecarga imposta aos discos intervertebrais da coluna já foi muito estudada pela Biomecânica. O aumento da pressão exercida no disco na manutenção de uma postura estática para a realização de uma tarefa é um dos fatores que contribui para a degeneração discal. Nesta situação, o disco intervertebral fica exposto ao risco de perda ou diminuição da elasticidade e resistência, o que pode levar à degeneração precoce e aumentar a probabilidade de ocorrência de hérnia discal. Diferenças de pressão intradiscal, que podem ser originadas a partir de solicitações excessivas impostas à coluna vertebral, esforços de flexão (levantamento e transporte), esforço excessivo na manipulação ou trabalho físico pesado (empurrar, puxar, empilhar) e/ou esforço inadequado (rotação do tronco, inclinações laterais e outras) também são situações consideradas nocivas por oferecerem risco à coluna vertebral^(3,6).

Um estudo muito citado na literatura em Biomecânica apresenta resultados da pressão intradiscal medidos diretamente. Nesta pesquisa, foram introduzidos transdutores de força de alta sensibilidade no III disco intervertebral lombar dos sujeitos analisados e a eles era solicitada a tarefa de realizar alguns movimentos⁽⁷⁾. A reúne os principais resultados desta pesquisa a respeito da sobrecarga no disco intervertebral em diferentes posições corporais.

Tabela I. Sobrecargas no Disco Lombar⁽⁸⁾

Sobrecarga no III disco lombar durante várias posições e atividades	
Atividade Sobrecarga	(N)
Permanecendo em pé	700
Andando	850
Flexionando o tronco lateralmente	950
Sentando ereto, sem suporte	1000
Tossindo	1100
Flexionar o tronco 20° com 10 kg em cada mão	1850
Levantamento de 20 kg, coluna reta, joelhos flexionados	2100
Levantamento de 20 kg, coluna flexionada, joelhos estendidos	3400

Já outro estudo apresentou resultados das sobrecargas impostas ao disco intervertebral medidos indiretamente, através de cálculos. Seus achados demonstraram que há diferenças significativas na postura corporal adotada na posição sentada. As posições que menos impõem sobrecarga aos discos lombares são aquelas nas quais a coluna apóia-se no encosto da cadeira, que deve ter uma inclinação de aproximadamente 110°, e os braços ficam apoiados sobre a mesa⁽⁹⁾.

Estudos já verificaram também que o levantamento de cargas realizado com o dorso plano e com o uso maior da força dos membros inferiores diminui consideravelmente a compressão discal em comparação ao levantamento realizado

com as pernas estendidas e o dorso curvo. A segunda opção causa distribuição irregular da carga sobre os 2/3 anteriores das superfícies discas, enquanto o terço posterior é submetido à tração. A sessão anterior sofre uma pressão duas vezes maior do que no levantamento correto. Para se ter uma idéia da magnitude da diferença entre as duas posturas para a realização da mesma tarefa, verifica-se que, para levantar uma carga de 69 kg com o dorso plano, a pressão exercida sobre a coluna lombar é equivalente a 756 kg/f, e se levantada com dorso curvo, a pressão exercida pela mesma carga aumenta para 1.512 kg/f⁽¹⁰⁾.

Além do uso preferencial da força de membros inferiores durante o levantamento de cargas, a posição da coluna lombar também interfere na sobrecarga imposta a ela. Resultados de uma pesquisa indicaram que a postura lordótica durante o levantamento diminui o momento de flexão do tronco e facilita o trabalho dos músculos eretores da coluna; a posição cifótica, por outro lado, causa o processo inverso⁽¹¹⁾. Portanto, a posição lordótica durante o levantamento de cargas reduz o estresse biomecânico sobre a coluna lombar e facilita o controle neuromuscular do tronco durante os levantamentos.

A lombalgia é o fator de maior queixa entre os trabalhadores de diferentes áreas e está relacionada especialmente com as profissões que envolvem levantamento, sustentação e/ou transporte de cargas. O principal determinante da lombalgia é a relação entre a quantidade de peso levantado e a frequência de levantamento. Contudo, diferenças anatômicas determinam uma maior ocorrência desta queixa nos indivíduos do sexo feminino. Isto acontece porque a localização da articulação coxo-femoral no esqueleto feminino está mais à frente em comparação ao esqueleto masculino, dificultando a manutenção do equilíbrio durante a sustentação de cargas e resultando em uma maior pressão sobre a coluna vertebral feminina. Soma-se a isso a menor quantidade de massa muscular, o que também dificulta a sustentação, o levantamento e o suporte de cargas.

Existem tabelas de recomendação para o levantamento e transporte de cargas, considerando sexo, idade, frequência de levantamento e movimento realizado. No Brasil, adota-se a tabela publicada na Norma Regulamentadora-17 (NR-17), segundo a qual o limite para transporte e descarga individual de peso é de 60 kg, enquanto que, para o levantamento, o limite máximo é de 40 kg. No entanto, os dados da NR-17 não correspondem aos critérios da OIT (Organização Internacional do Trabalho), que leva em conta as diferenças entre sexo, idade e frequência de realização da tarefa⁽⁶⁾. A OIT considera que, para o levantamento de uma carga de 25 kg (15 kg a menos do que o recomendado pela NR-17), a compressão intradiscal entre a IV e a V vértebras lombares (L4 e L5) é considerada de grande magnitude e, portanto, de risco para o trabalhador. O conflito nesses dados indica a dificuldade de se estabelecer um limite de carga para a realização

dessas tarefas no ambiente de trabalho, uma vez que não se tem certeza sobre o real fator de risco.

Cinemetria

Um dos maiores colaboradores na análise de postos de trabalho foi Frederick W. Taylor, considerado o pai da análise moderna do tempo. Em 1898, Taylor realizou um estudo no qual analisava a tarefa de alguns trabalhadores de manipular e transportar carvão e ferro com uma pá⁽³⁾. Seu trabalho baseou-se em medir o tempo requerido por aqueles trabalhadores para realizarem uma seqüência de tarefas manuais definidas. A partir dessa análise, foi possível determinar o tamanho ótimo da pá, a freqüência da tarefa e o tempo necessário de descanso para otimizar o trabalho daqueles trabalhadores. Taylor ainda passou a realizar uma seleção e treinamento cuidadosos dos trabalhadores, pagando um bônus para quem ultrapasse a média diária de produção. Com tais medidas, ele demonstrou que se poderia realizar o mesmo trabalho de 400 homens com apenas 140.

Outro pesquisador preocupado com a otimização do tempo na realização das tarefas laborais e um dos primeiros a utilizar a cinemetria na avaliação do trabalho foi Gilbreth⁽³⁾. Em seu estudo de 1911, este autor realizou uma das primeiras análises através de fotografias, estudando as tarefas desempenhadas por trabalhadores em uma construção. A partir dos resultados, ele conseguiu duplicar a produção com procedimentos simples como a separação prévia dos bons tijolos e da colocação dos mesmos a uma altura confortável para que o pedreiro pudesse alcançá-los com maior facilidade.

Gilbreth também foi pioneiro na utilização de ciclográfico ou cronociclográfico para comparar seqüências alternadas de movimentos. Nesse último, uma luz intermitente, conseguida com a regulagem do *flash* da máquina, que piscava a uma freqüência fixa, era posicionada no braço ou na mão do trabalhador. Então uma fotografia era feita com o obturador aberto por um longo período, (método mais conhecido como chapa única) e o caminho do movimento era transcrito por uma seqüência de marcas luminosas no filme. Verificando-se o número e o deslocamento das marcas, era possível medir e comparar os diferentes requisitos dos movimentos necessários para o trabalho.

Estes estudos iniciais tinham apenas o objetivo de encontrar soluções para a necessidade de aumento da produtividade. Uma preocupação com a segurança do trabalhador surgiu apenas nos anos de 1970/1980. Nesta época já eram utilizados, com maior freqüência, métodos e instrumentos específicos para a análise dos movimentos nas tarefas laborais. Um dos instrumentos era o *Postural Targeting*⁽¹²⁾, que facilitava a verificação da configuração angular de vários segmentos corporais do trabalhador em determinados períodos do dia.

Por meio desse diagrama, os dados angulares eram obtidos colocando-se um X em cada um dos alvos posturais, quando o segmento corporal analisado desviava-se da posição ereta

anatômica. Os círculos concêntricos em cada alvo representavam 45°, 90° e 135° de desvio angular de uma articulação, com a seta no centro do alvo indicando a frente do corpo. As linhas radiais indicavam a quantidade de desvio do plano sagital, vista de cima. Com os dados era possível fazer uma análise das posturas mais utilizadas e das regiões que poderiam sofrer maior *stress* durante aquelas tarefas de trabalho.

Outros métodos de avaliação das posturas de trabalho e do deslocamento angular mediante a simples observação podem ser citados, como o *OWAS System* (sistema de análise da postura de trabalho, desenvolvido na Finlândia), utilizado em diversos estudos, e o método da classificação da postura padrão desenvolvido por KEYSERLING, 1986⁽³⁾.

O que há de comum entre esses diferentes métodos de análise é sua preocupação com variáveis cinemáticas verificadas por meio da simples observação, o que pode determinar erros dinâmicos e erros sistemáticos na medida. Os métodos observacionais levam muito tempo para ser realizados e requerem observadores altamente treinados⁽¹³⁾. O tempo e os recursos necessários para esta análise têm tornado métodos observacionais impraticáveis para a maioria das aplicações industriais e para a realização de estudos epidemiológicos em larga escala dos fatores causais e agravantes nas lesões músculo-esqueléticas no trabalho manual repetitivo.

Com o desenvolvimento tecnológico de instrumentos de medida mais sofisticados, a análise cinemática dos postos de trabalho tem sido realizada com a utilização de instrumentos de medida que apresentam respostas mais confiáveis e reprodutíveis como os goniômetros, os inclinômetros e os sistemas optoeletrônicos. Isto será exemplificado por meio de estudos já realizados.

Medidas diretas de cinemetria

A análise biomecânica de uma tarefa implica medir múltiplos ângulos articulares e, freqüentemente, movimentos complexos durante uma atividade prescrita. As articulações movem-se sobre múltiplos eixos, sendo necessária a utilização de sistemas de medida complexos. É necessário que os sistemas meçam as rotações articulares sobre três eixos e que sejam auto-alinháveis, isto é, transladem de acordo com as mudanças de posição do centro da articulação. Entretanto, nos primeiros estudos que utilizaram goniômetros na análise de tarefas de trabalho verifica-se que esses instrumentos eram muito simples, permitindo somente análises bidimensionais dos deslocamentos angulares.

Um estudo que demonstra isso procurou investigar as variações angulares de diferentes ocupações como a dos dentistas (que apresentam um trabalho relativamente estático), das enfermeiras (que apresentam um trabalho quase dinâmico) e dos trabalhadores domésticos (que apresentam um trabalho dinâmico). Foi colocado um poten-

ciômetro no nível da vértebra torácica de cada trabalhador, durante uma hora em seu dia normal de trabalho. O potenciômetro foi calibrado a 0° na posição ereta vertical e mediria angulações até 90° de flexão do tronco. Por meio da aquisição, verificou-se o tempo gasto em cada posição de flexão e o número de vezes que a flexão passava de um intervalo para outro. Os resultados mostraram que o número de passagens de 0° a 32° era bastante alto, revelando uma característica de alteração pequena, mas constante, das posturas de trabalho. Isso indica uma forma de o aparelho locomotor melhorar a irrigação no disco intervertebral de maneira segura, sem muitas flexões exageradas do tronco⁽¹⁴⁾.

Um trabalho mais recente e que utilizou um goniômetro mais sofisticado procurou analisar diversos parâmetros de sobrecarga nas tarefas ocupacionais de professores de educação física na Suíça⁽¹⁴⁾. Variáveis fisiológicas, como a variação da frequência cardíaca durante o dia de trabalho, foram identificadas. As variáveis biomecânicas medidas foram variações angulares obtidas através de um inclinômetro acoplado entre a V e a X vértebra torácica.

Os registros da extensão e flexão do tronco obtidos com o inclinômetro indicaram uma postura ereta quase estendida e mais restrita dos professores de educação física quando os dados foram comparados a pesquisas anteriores que avaliaram outros grupos profissionais. Isso pode indicar que este grupo ocupacional geralmente tende a ter uma postura do tronco mais ereta em comparação com outros indivíduos. Entretanto, dados do grupo de professores que estavam ministrando aulas de ginástica artística apresentaram inclinações do tronco muito expressivas acompanhadas de um aumento de sobrecarga, o que pode ser um fator muito importante quando se consideram lesões neste grupo de profissionais.

Outro tipo de investigação da cinemetria é feita dos sistemas de imagem. Estes métodos têm sido os mais utilizados na Biomecânica Ocupacional⁽³⁾. Quando este tipo de tecnologia começou a ser usado na indústria, entretanto, muitos estudos foram realizados sem respeitar a frequência de amostragem, que é determinante para que haja validade na análise de dados cinemáticos. Um exemplo é um trabalho no qual um sistema de vídeo com uma frequência de amostragem de 3 Hz foi utilizado para análise de uma tarefa laboral em uma indústria de processamento de carnes⁽¹⁶⁾. A tarefa consistia em dar três cortes consecutivos na peça de carne que passava por um sistema suspenso. O objetivo da análise era modificar a tarefa ou a própria faca no intuito de minimizar as lesões por esforços repetitivos, possivelmente desenvolvidas pela tarefa e pelo manuseio daquele instrumento específico. Algumas análises foram realizadas e uma nova empunhadura para a faca foi sugerida. Como a frequência de amostragem foi muito baixa em relação à velocidade da tarefa, alguns dados importantes podem ter sido ignorados.

Atualmente, o desenvolvimento tecnológico tem permitido que sejam utilizadas câmeras de alta frequência na análise de tarefas laborais e também sistemas optoeletrônicos já têm sido utilizados na indústria. Discussões a respeito de melhores artefatos para a realização de medidas laborais, como, por exemplo, quais os melhores tipos de marcadores articulares a serem utilizados para filmagens dos movimentos na indústria, têm sido tema de algumas investigações⁽¹⁷⁾.

Eletromiografia

A eletromiografia (EMG) é utilizada na biomecânica ocupacional para estimar a magnitude relativa e as relações temporais requeridas pelos músculos durante a realização de diversas atividades e para se obter informações a respeito da fadiga muscular localizada⁽³⁾.

Um estudo utilizou a EMG para identificar como o sinal de três músculos envolvidos na tarefa de digitação variavam conforme a altura da mesa⁽¹⁸⁾. Com os seus resultados, o autor pôde identificar que o músculo trapézio é muito solicitado quando a mesa está muita alta para o digitador e que o músculo deltóide é mais solicitado quando há uma abdução dos braços na realização da tarefa. Isso pôde determinar que um ajuste preciso nas mesas dos postos de trabalho se faz necessário, bem como evidenciar a necessidade de um trabalho compensatório de exercícios, principalmente para o músculo trapézio, quando não houvesse a possibilidade de reestruturação do posto de trabalho.

Um outro estudo muito interessante patrocinado pela Volvo na Suíça utilizou a EMG por telemetria para comparar cinco tarefas distintas na montagem de um de seus carros⁽¹⁹⁾. As tarefas incluíam a colocação do vidro, a pré-montagem do vidro, a instalação da bateria, a instalação do tanque de gasolina e a montagem da quinta porta. Todas as tarefas foram executadas com o operador portando o eletromiógrafo e um eletrogoniômetro em duas situações distintas: com a utilização de uma ferramenta e sem o uso da ferramenta. O objetivo era verificar em qual situação (ferramenta e sem ferramenta) havia uma frequência maior de ativação de alguns grupos musculares sujeitos a fadiga, nas cinco tarefas distintas. Para a maioria das tarefas, a utilização da ferramenta foi determinante na redução da frequência da ativação dos grupos musculares analisados.

A eletromiografia pode trazer indicações muito interessantes para os profissionais de QV, entretanto, há a necessidade de grande cautela na escolha dos equipamentos e softwares que estão disponíveis no mercado para que a EMG seja utilizada, descartando-se erros grosseiros de medida. Sabe-se que o sinal eletromiográfico pode sofrer influências da ativação elétrica de músculos muito próximos e também de sistemas elétricos presentes no ambiente de análise. Assim, é sugerido que o sinal seja sempre filtrado e que situações ambientais sejam controladas. Dessa forma, torna-se impraticável a utilização de softwares comerciais que não levam

em consideração estes requisitos básicos. Um estudo que procurou mostrar as vantagens de um sistema integrado de vídeo e EMG para a indústria identificou que os dados da EMG por telemetria apresentados são apenas retificados, comprometendo a análise do sinal eletromiográfico⁽²⁰⁾.

Dinamometria

A indústria tem utilizado dados da dinamometria para a análise das tarefas com o intuito de minimizar esforços e evitar lesões. Duas grandezas biomecânicas obtidas por meio da plataforma de força, o coeficiente de atrito e o centro de pressão, têm possibilitado descobertas muito interessantes.

Coefficiente de Atrito

As forças exercidas pelos pés contra o chão durante o andar ou o subir e descer de escadas são de grande interesse para a Biomecânica Ocupacional. Entendendo como as forças nos pés são afetadas pelos tipos de pisos, calçados e escadas, podem ser produzidos materiais com *design* mais adequado para reduzir o número de escorregões e tropeços que levam a lesões na indústria, assim como para diminuir as sobrecargas nas tarefas que podem levar a problemas nos membros inferiores e na coluna. O coeficiente de atrito tem sido muito estudado, pois, quando o trabalhador escorrega em uma situação de trabalho, há uma grande probabilidade de a pessoa sofrer um trauma de impacto, principalmente na cabeça, o que pode ser fatal.

Coefficiente de atrito pode ser definido como a propriedade que se estabelece entre dois materiais quando estes entram em contato. Em outras palavras, seria a proporção da força máxima atuando paralela a uma superfície de contato que resiste ao movimento de um corpo sobre outro, dividida pela força normal atuando na superfície de contato. Um estudo procurou mostrar como a utilização do coeficiente de atrito pode ser útil na indústria⁽²¹⁾. Seus autores construíram uma rampa onde poderiam simular diferentes graus de inclinação, diferentes tipos de piso como carpete e vinil e condições adversas como piso molhado e piso ensaboadado.

Foi verificado, a partir dos dados obtidos com a plataforma de força, que as condições adversas como piso molhado e ensaboadado foram as maiores responsáveis pela diminuição do coeficiente de atrito e, conseqüentemente, as maiores geradoras de condições de risco.

Centro de Pressão

O centro de pressão (COP) é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais atuando na superfície de suporte e que representa um resultado coletivo do sistema de controle postural e da força da gravidade. Com a variação do COP em um período de tempo preestabelecido, verifica-se o quanto um corpo oscila ao manter-se na posição ereta. Um estudo procurou observar a variação do COP em duas situações distintas: com a utilização de tapetes antifadiga, fabricados especialmente para uso na indústria, e sem a utilização desses tapetes. A análise de variância do COP nestas situações não mostrou diferenças significativas, devendo ser revista a eficácia real dos tapetes antifadiga dentro da indústria⁽²²⁾.

CONCLUSÕES

A preocupação das indústrias em aumentar a produção e manter o bem-estar e a saúde do trabalhador é crescente, assim como a necessidade de diminuir os gastos referentes a tratamento médico dos funcionários, e, por esse motivo, as pesquisas em Ergonomia e Biomecânica Ocupacional tendem a ser ampliadas. Por outro lado, esta é uma área interdisciplinar e que abre um grande espaço de atuação para o profissional de educação física interessado no trabalho de prevenção de lesões. Cabe a este profissional estudar sobre a orientação da melhor postura para a realização de uma tarefa laboral, sobre os limites articulares e musculares ao esforço repetitivo e sobre a necessidade de compensação de alguns grupamentos musculares e o relaxamento de outros. Cabe a ele, também, desenvolver e buscar métodos de trabalho interdisciplinares adequados à prevenção de lesões por esforços repetitivos por meio da atividade física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Westgaard RH, Winkel J. Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: a critical review. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1997;20:463-500.
2. Wilson JR. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *A lied Ergonomics* 2000; 31:557-67.
3. Chaffin DB, Andersson GBJ. *Occupational biomechanics*. Nova York: John Wiley & Sons; 1991.
4. Paluch R. Are body dimensions affecting working body posture? *International Journal of Industrial Ergonomics* 1996;17:1-9.
5. National Institute for Occupational Safety and Health. *Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*; 1997.
6. Barreira THC. Um enfoque ergonômico para as posturas de trabalho. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* 1989;67 (17): 61-71.
7. Nachemson AL. Disc pressure measurements. *Spine* 1981;6:93.
8. White A, Panjabi M. *Clinical biomechanics of the spine*. 2ª ed. Philadelphia: Lippincott; 1990.
9. Andersson GBJ. Loads on the spine during sitting. In: *The ergonomics of working postures*. Editado por Corlett N, Wilson J, Manenica I. Londres: Taylor&Francis Ltda 1986; p. 309-18.
10. Anais do XVII Congresso Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho. São Paulo: Fundacentro; 1978.
11. Cheren AJ. A coluna vertebral dos trabalhadores: alterações da coluna relacionadas com o trabalho. *Revista Brasileira de Reabilitação* 1992;31:17-25.

12. Corlett N, Madeley, Manenica I. Postural targeting: a technique for recording working postures. *Ergonomics* 1979;22(3):357-66.
13. Yen TY, Radwin RG. Comparison between using spectral analysis of electrogoniometer data and observational analysis to quantify repetitive motion and ergonomic changes in cyclical industrial work. *Ergonomics* 2000;43(1):106-32.
14. Nordin M, Ortengren R, Andersson GB. Measurements of trunk movements during work. *Spine* 1984;9(5):465-9.
15. Sandmark H, Wiktorin C, Hogstedt C, Klenell-Hatschek EK, Vingard E. Physical work load in physical education teachers. *Applied Ergonomics* 1999;30:435-42.
16. Armstrong TJ, Foulke JA, Joseph BS, Goldstein SA. Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant. *Journal of American Industrial Hygiene Association* 1982;43(2):103-16.
17. Bauman MD, Plamondon A, Gagnon D. Comparison of three sets of joint marks to biomechanical tasks analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1998;21:475-82.
18. Hagberg M. Electromyographic signs of shoulder muscular fatigue in two elevated arm positions. *American Journal of Physical Medicine* 1981;60(3):111-21.
19. Hermans V, Hautekiet M, Spaepen A, Cobbaut L, De Clerq J. Influence of material handling devices on the physical load during the end assembly of cars. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1999;24:657-64.
20. Forsman M, Sandsjö L, Kadefors R. Synchronized exposure and image presentation: analysis of digital EMG and video recordings of work sequences. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1999;24:261-72.
21. Hanson JP, Redfern MS, Mzumdar M. Predicting slips and falls considering required and available friction. *Ergonomics* 1999;42(12):1619-33.
22. Duarte M, Zatsiorsky VM, Harvey W. Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Ergonomics* 2000;43(11):1824-39.

Correspondência para / *correspondence to:*

Maria Claudia Vanicola
Rua Gradaú, 206 – Vila Bela – CEP 03201-010
São Paulo-SP.
e-mail: mcvanicola@terra.com.br