

PRO 3433 Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho

TRABALHO E ESFORÇO FÍSICO

Prof. Dr. Fausto L Mascia

1

Conceitos básicos do organismo humano

Função neuromuscular: forças do organismo – exercidas por contrações musculares – comando do SNC;

Sistema muscular – responsável por todos os movimentos do corpo
Transformação da energia química em contrações (movimentos)



Esta energia é obtida pela oxidação de gorduras de hidratos de carbono – reação exotérmica – trabalho e produção de calor.

2

Conceitos básicos do organismo humano

Sistema muscular - Músculos

- Lisos ou Estriados (esqueléticos)
- Do coração (diferente de todos os outros)

Músculos Lisos – involuntários (paredes dos intestinos, vasos sanguíneos, bexiga, aparelho respiratório, vísceras.

Músculos Estriados – sob controle consciente (através dele que o organismo realiza trabalhos físicos).



3

Conceitos básicos do organismo humano

Sistema muscular

40% dos músculos do corpo são estriados – nem todos envolvidos na postura e movimento globais do corpo;

Os músculos recebem suprimento de oxigênio, glicogênio + outras substâncias por meio do sistema circulatório.

Contração muscular – deslizamento dos segmentos funcionais (sarcômeros, constituídos de miosina e actina)

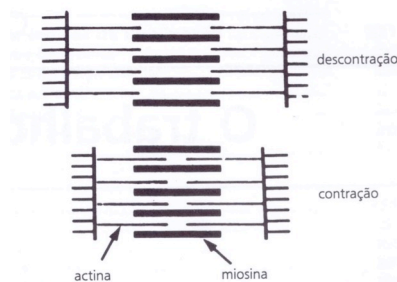


4

Conceitos básicos do organismo humano

Contração muscular

Contração até a metade do seu comprimento normal.
Fibra muscular contém proteínas (dentro delas a actina e a miosina).



Modelo da contração muscular. As fibras actina deslizam entre as fibras de miosina e as duas se terminações da seção do músculo se aproximam.

5

Conceitos básicos do organismo humano

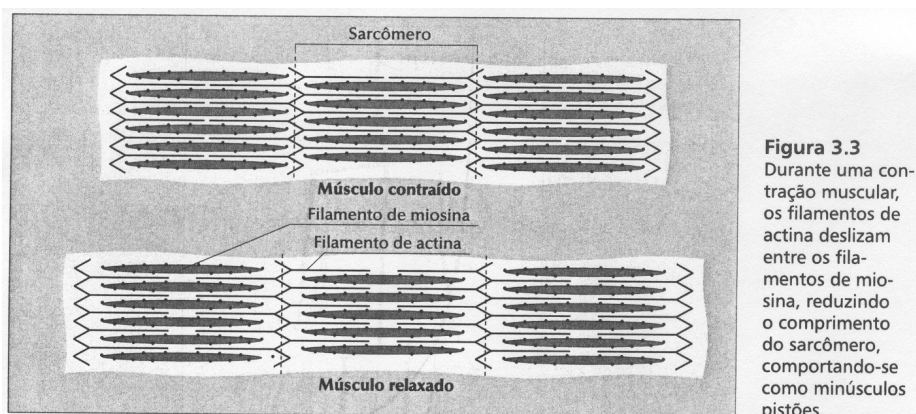


Figura 3.3
Durante uma contração muscular, os filamentos de actina deslizam entre os filamentos de miosina, reduzindo o comprimento do sarcômero, comportando-se como minúsculos pistões.

Fonte: Itiro Iida, 2005

6

Conceitos básicos do organismo humano

Relaxamento do músculo permite a passagem do sangue;

Quando o músculo se contrai estrangula os vasos capilares; o sangue deixa de circular; eficiência de irrigação sanguínea; fadiga muscular rápida – redução da força;



Acúmulo de ácido láctico, potássio, dióxido de carbono, calor e água (gerados durante o metabolismo).

Mais forte a contração – menor o tempo que ela poderá ser mantida. Músculo completamente contraído – máximo 2 minutos.

7

Conceitos básicos do organismo humano

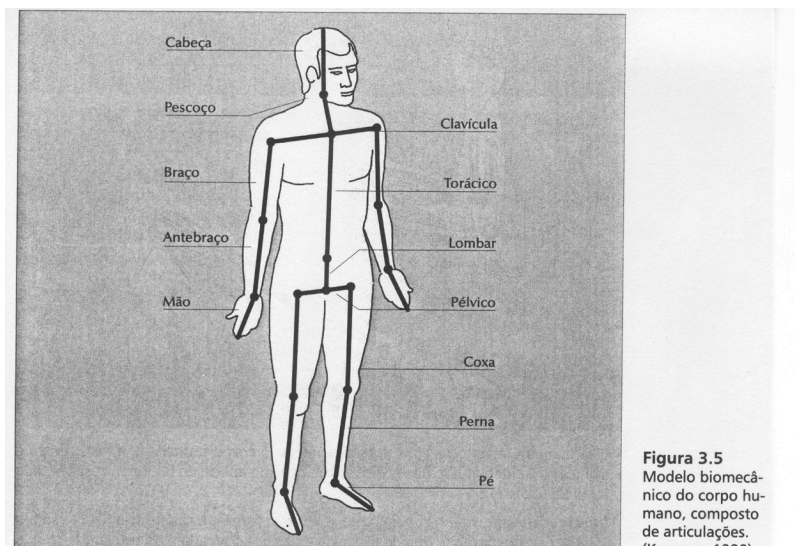


Figura 3.5
Modelo biomecânico do corpo humano, composto de articulações. (Kroemer, 1999).

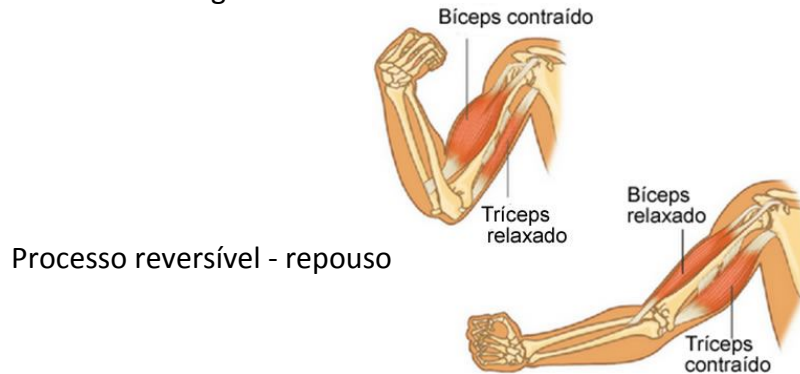
Fonte: Itiro Iida, 2005

8

Conceitos básicos do organismo humano

O corpo humano como um sistema de alavancas: ossos e músculos;

Para cada movimento pelo menos 2 músculos que trabalham antagonicamente



9

Conceitos básicos do organismo humano

Sistema muscular representa 40% do peso corporal.



Nas extremidades do músculo as fibras se combinam formando os tendões (resistentes, porém pouco elásticos) que estão fixados ao sistema ósseo.

10

Conceitos básicos do organismo humano

Força muscular

Depende da seção transversal do músculo

Mulheres geralmente músculos menores – aproximadamente 2/3 da força do homem.

Condicionamento físico

Está relacionada aos impulsos nervosos (número de neurônios motores ativados)

A velocidade de um movimento é regulada pelo número de fibras musculares que se contraem.

11

Conceitos básicos do organismo humano

Fontes de energia

Reservas químicas de energia do músculo geram a energia mecânica produzida na contração muscular

Fontes de energia – transformação do ATP (trifosfato de adenosina) em ADP (difosfato de adenosina), o que libera energia.

A regeneração dos compostos pobres em energia requer ganho de energia pela ingestão de alimentos.

Glicose, gordura e proteína, são fontes de energia (indireta) liberam energia para a recomposição dos depósitos de energia na forma de ATP.

12

Conceitos básicos do organismo humano

As substâncias fornecedoras de energia (glicose, oxigênio) estão disponíveis no músculo em quantidades limitadas. Transporte contínuo para o músculo através da circulação sanguínea.

Durante o trabalho o músculo aumenta a sua necessidade de energia (necessidade de irrigação sanguínea aumenta).

Adaptações mais importantes do sistema circulatório para fornecer maior suprimento de sangue para a musculatura

O aumento do bombeamento do coração,
A elevação da pressão sanguínea
A dilatação dos vasos sanguíneos que vão para os músculos.

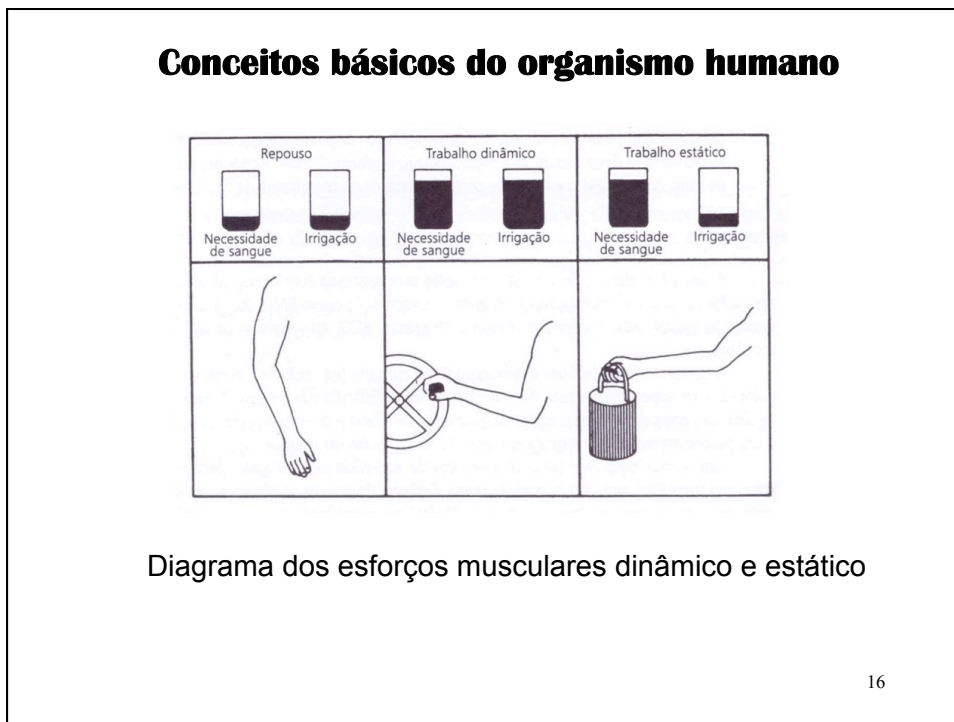
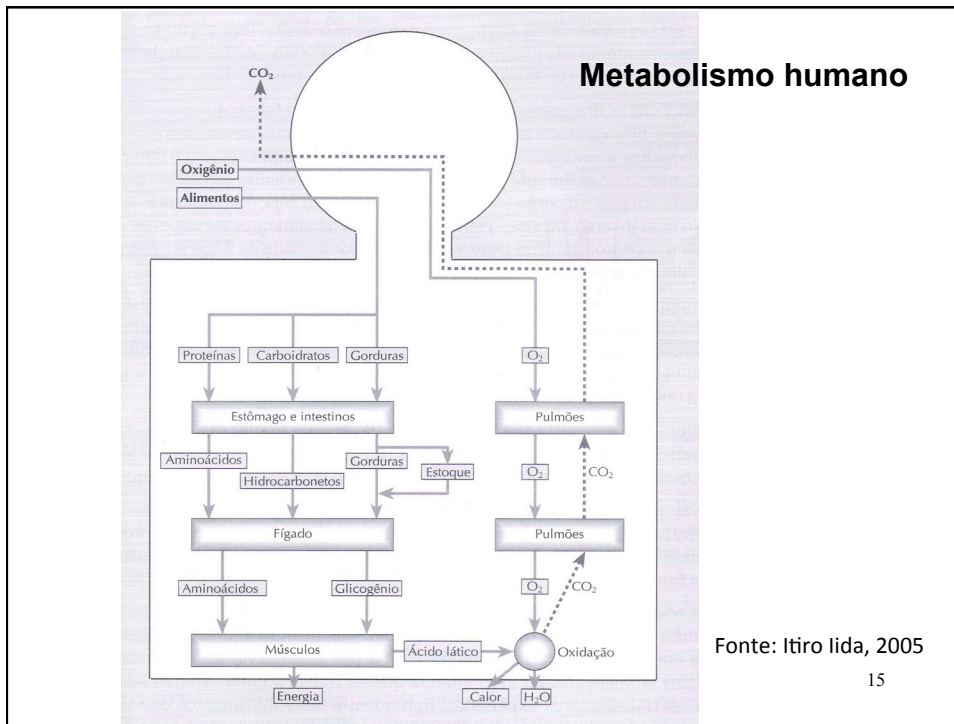
13

Conceitos básicos do organismo humano

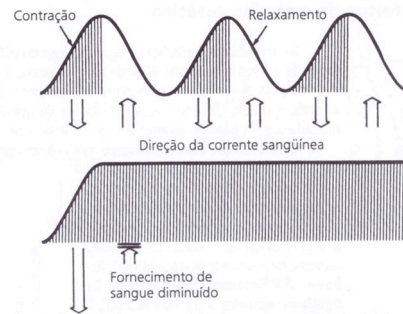
Tabela de incremento na circulação sanguínea:

- Músculo em descanso	4 mL/min/ 100 g de músculo
- Trabalho moderado	80 mL/min/100 g de músculo
- Trabalho pesado	150 mL/min/100 g de músculo
- Após restrição de circulação	50 a 100 mL/min/100 g de músculo

14



Conceitos básicos do organismo humano



Fluxo de sangue nos músculos durante esforço dinâmico e estático. As curvas mostram a variação da tensão muscular.

17

Conceitos básicos do organismo humano

O tecido muscular consome oxigênio (toda célula viva) que aumenta, segundo o grau de contração dos músculos.

O₂ captado na atmosfera é levado até as células pelo sistema cárdio-respiratório de modo contínuo (praticamente não existe reserva de O₂ no organismo humano).

O consumo de O₂ é representativo do nível de atividade física.

18

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Ergonomia – bases fisiológicas sólidas para explicar os mecanismos do trabalho muscular.

Critérios de avaliação da carga física de trabalho



Restrições de alguns dados sobre o assunto

- Experiências em laboratório com jovens em boa saúde.
- Variabilidade da população de trabalhadores, a duração do trabalho profissional e outros fatores encontrados no ambiente de trabalho.

19

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Biomecânica geral → Biomecânica Ocupacional



Interações físicas do trabalhador com:

- Posto de trabalho
- Máquinas
- Ferramentas
- Materiais

20

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico



Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Objetivo: redução dos riscos de distúrbios ósteo musculares

Metabolismo basal

Anaeróbico e aeróbico

Trabalho estático e dinâmico

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

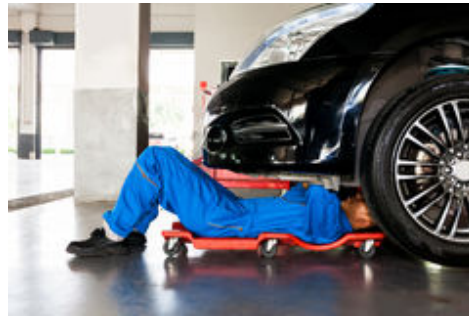
Posturas

Maior ou menor mobilização muscular para manter a posição relativa de partes do corpo.

3 posturas básicas:

Postura deitada

Não há concentração de tensão muscular;
Consumo energético – metabolismo basal.



Não indicada para o trabalho

23

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Postura de pé

Proporciona mobilidade corporal – membros inferiores e superiores;

Facilita o uso dinâmico dos braços, pernas e tronco;

Exige trabalho estático de parte da musculatura – fator de fadiga – recomenda-se uso de apoios



Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Postura sentada



Maior solicitação muscular do dorso e do ventre
Membros inferiores liberados para tarefas
Ligeira inclinação do corpo para frente
Necessidade de mudanças frequentes;

25

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Inclinação da cabeça



Dores no pescoço (inclinações superiores a 30°.
Inadequação da altura plano de trabalho/assento
Exigências da tarefa

26

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Trabalho estático

Contração contínua de alguns músculos para manter uma posição ou postura;

Contração isométrica – músculos dorsais e das pernas para manter a posição de pé;
músculos dos ombros e do pescoço para manter a cabeça inclinada para frente;

Limitações em termos de tempo de contração da musculatura;

O trabalho estático deve ser evitado ou aliviado; p.e. mudanças de posturas, apoios para partes do corpo ou mudanças no posicionamento de peças, ferramentas, uso de dispositivos para manuseio e transporte de cargas. 27

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Exemplos de trabalho estático

Postura de pé – grupos musculares das pernas, dos quadris, das costas e da nuca estão continuamente pressionados.

Postura sentada – trabalho estático das pernas diminui, redução das exigências musculares de todo o corpo.

Postura deitada – quase todo trabalho estático é eliminado.

Em geral, uma atividade é caracterizada como parcialmente estática e parcialmente dinâmica.

28

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Efeitos do trabalho estático

A irrigação sanguínea é tão menor quanto maior for a produção de força.

Se a força representar 60% da força máxima, a irrigação sanguínea ficará quase totalmente interrompida.

Esforços menores – uma pequena irrigação é possível

A fadiga muscular aparece no trabalho estático tão mais rapidamente quanto maior for a força exercida (ou maior a tensão no músculo).

Em condições semelhantes os trabalho muscular estático, em comparação com o dinâmico:

- Maior consumo de energia
- Frequências cardíacas mais altas
- Necessidade de períodos de repouso mais longos.

29

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Trabalho dinâmico

Contrações e relaxamentos alternados dos músculos

Em situação laboral, imobilização de certos grupos musculares para movimentação de outros.



30

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Maior frequência da combinação de esforços dinâmico e estático.

Trabalho muscular estático (mesmo moderado) pode provocar fadiga muscular localizada.

Persistindo o esforço: evolução para dores.

Esforços excessivos (estáticos ou dinâmicos) repetidos durante longo período, dores leves no início, persistindo o esforço, dores intensas, não apenas nos músculos, também nas articulações, nos tendões e outros tecidos.

Esforços prolongados e repetidos podem provocar desgaste e lesões das articulações, ligamentos e tendões – distúrbios musculoesqueléticos.

31

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

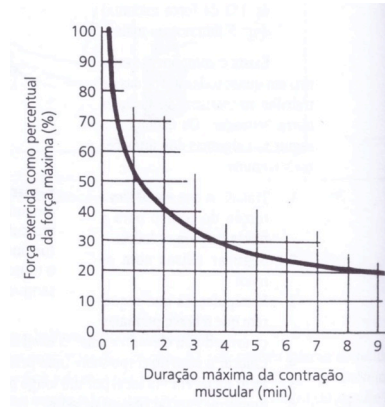
Problemas mais comuns:

- Inflamação nas articulações
- Inflamação nos tendões ou nas extremidades dos tendões (tendinites ou tenossinovites).
- Inflamação nas bainhas dos tendões
- Processos crônicos degenerativos (artroses nas articulações)
- Espasmos musculares dolorosos (cãibras)
- Doenças dos discos intervertebrais

32

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Considerações:



Duração máxima de um trabalho muscular estático em relação à força exercida (Kroemer, 2005)

33

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

O trabalho muscular localizado

Provoca a contração apenas de alguns grupos musculares (menos de um terço da massa muscular do organismo) em oposição ao trabalho físico geral (mais de dois terços da massa muscular é ativada).

Não provoca um consumo elevado de O₂ em relação à capacidade máxima.

34

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

O trabalho muscular local

A avaliação do esforço é feita por referência à uma força máxima desse grupo muscular ou por índices locais como a eletromiografia.

A fadiga se manifesta por:

- Dores, tremores, dificuldades no ajuste dos movimentos ou da força exercida a nível dos grupos musculares em atividade intensa;
- Sintomas de sobrecarga do sistema cárdio-respiratório.

35

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Trabalho muscular local

Nos dois tipos de contração (estática e dinâmica) o aparecimento do esgotamento pode ser previsto, se feito referência à força máxima (contração estática) ou potência máxima (contração dinâmica) do músculo ou do grupo muscular ativo.

As poucas regras de organização do trabalho muscular local se desenvolveram principalmente no campo da manobra de instrumentos e comandos, de máquinas e mecanismos.

36

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Trabalho muscular local

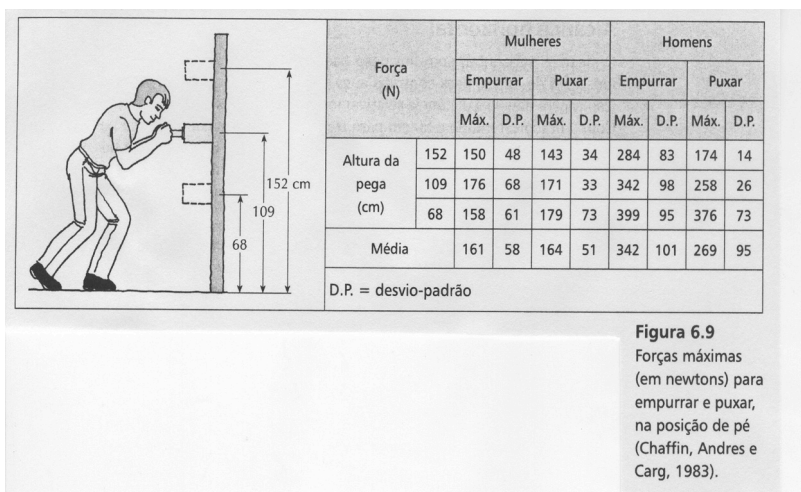
Base: as leis da concentração muscular, biomecânica dos segmentos corporais.

As forças máximas possíveis são definidas pelos segmentos do membro ativado, pelas direções da força e pelos apoios utilizados e pelas características das populações.

37

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Trabalho muscular local



38

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

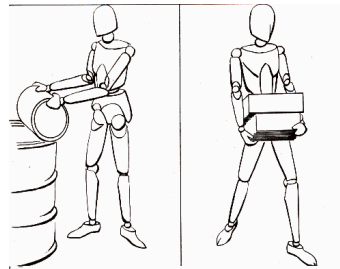
As variações de forças máximas são consideráveis:

- Adulto jovem, esforço com a mão: força de tração variando entre 29 a 54 kg (segundo o grau de extensão de seu antebraço em relação ao braço).
- A força média da mulheres é aproximadamente 2/3 em relação aos homens.
- A força máxima se reduz 10% entre os 25 e os 50 anos.

Base para a definição de forças suportáveis de resistência de comandos, em função da frequência de sua utilização e de sua localização em relação ao operador (direção das forças).

39

Transporte e manuseio de cargas



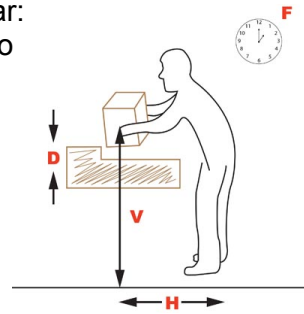
Trabalho estático da musculatura, exigência de força, movimentos de inclinação e rotação do tronco devem ser analisados em situações que envolvem manuseio e transporte de carga.

Legislação brasileira – limite máximo de 60 Kg e o levantamento individual é fixado em 40 Kg. A norma referencia a carga limite.

Transporte e manuseio de cargas

No transporte de cargas deve-se considerar:

- A distância horizontal em relação ao corpo
- A altura da carga a ser levantada
- A frequência dos levantamentos
- O levantamento assimétrico
- O trajeto a ser percorrido
- O tipo de pega do objeto



NIOSH – recomenda o limite máximo de 23 Kg para o levantamento de cargas individuais.

Transporte e manuseio de cargas

Outros fatores:

- Bordas, regularidade do objeto
- Forma, tamanho, peso e pontos de pega.
- Trajeto do transporte da carga livre de obstáculos.
- Sustentação dos pés para equilíbrio do corpo.
- O objeto a ser movimentado deve estar o máximo próximo ao centro do corpo.
- Evitar girar o tronco.
- Sempre que possível, colocar a carga em superfície na altura dos cotovelos.
- Ter uma representação do trajeto.
- Levantar o peso gradualmente, sem movimentos bruscos.

Transporte e manuseio de cargas

Outros fatores devem ser considerados:

- Velocidade de deslocamento do comando (ou objeto),
- Precisão do movimento.

Apenas uma análise das exigências da tarefa, em relação aos conhecimentos disponíveis, é que permitirá estabelecer progressivamente as características da situação de trabalho.

43

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Síntese

•As exigências de precisão, de velocidade e amplitude de deslocamento, de resistência, de frequência de utilização, de rapidez de alcance (comando de segurança) determinarão:

•As características dos comandos (tipo de pega, material, regulagens, dimensões, zona de deslocamento resistências mínima e máxima;

•A colocação desses comandos em relação ao trabalhador e o sentido de deslocamento;

44

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Síntese

- A postura do trabalhador (sentado ou em pé) e dos pontos de apoio;
- As normas habitualmente prescritas são matizadas, em função das populações que devem ocupar os postos (variação da força muscular máxima segundo o sexo, a idade, e o treinamento).

45

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Síntese

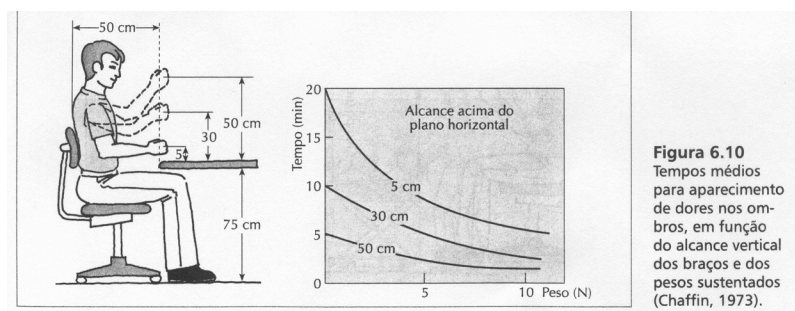


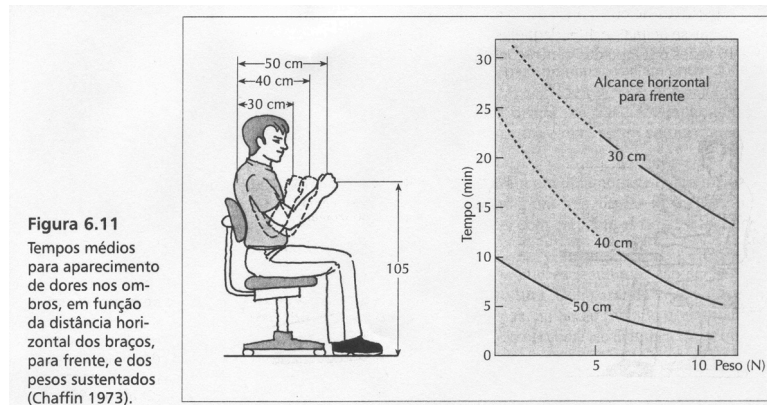
Figura 6.10
Tempos médios para aparecimento de dores nos ombros, em função do alcance vertical dos braços e dos pesos sustentados (Chaffin, 1973).

Fonte: Itiro lida, 2005

46

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

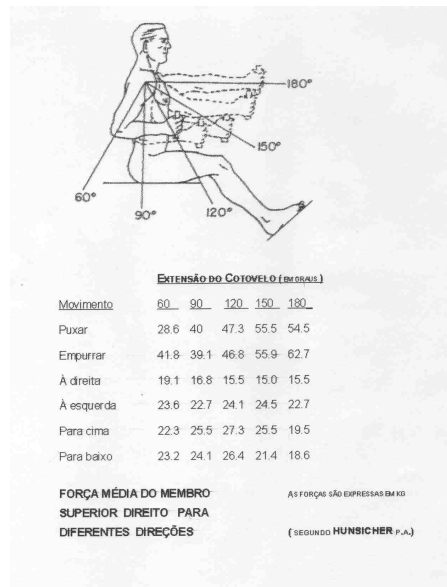
Síntese



Fonte: Itiro lida, 2005

47

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico



Fonte: Itiro lida, 2005

48

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

O trabalho muscular geral

Quando envolve uma parcela importante de contrações dinâmicas:

A medida de dispêndio energético é um método particularmente adequado para avaliar a intensidade do trabalho.

49

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

O trabalho muscular geral

Diversos tipos de dados foram definidos, numa perspectiva ergonômica:

- Dados relativos à avaliação do custo (exigências) das atividades profissionais;
- Dados relativos à aferição da carga de trabalho físico e aos limites que não devem ser ultrapassados;
- Dados relativos às variações de rendimento do trabalho muscular em diferentes tipos de atividades.

50

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Avaliação do custo das atividades profissionais:

- Dispendio energético de repouso
- Avaliação do consumo de oxigênio
- Frequência cardíaca

51

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Avaliação do consumo de oxigênio

A calorimetria respiratória é um método direto para avaliar o dispêndio energético.

As limitações de sua utilização em situação de trabalho devem-se às dificuldades técnicas, aos inconvenientes do uso de máscara e às amostragens das medidas.



52

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Dispêndio energético de repouso.

Em estado de repouso, o organismo vivo consome energia.

O dispêndio energético avaliado durante o trabalho físico compreende, portanto, o dispêndio de repouso e o dispêndio específico de trabalho.

Esse dispêndio de repouso varia de indivíduo para indivíduo.

53

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Dispêndio energético de repouso.

Também depende dos seguintes fatores :

- a digestão (músculos e glândulas digestivas),
- a termo-regulação (em zonas frias o dispêndio de energia é maior),
- a postura (quanto mais desequilibrada e rígida a postura, maior será esse dispêndio).

54

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Os dispêndios exigidos pela digestão e a manutenção da postura relacionam-se diretamente aos dispêndios do trabalho muscular, pois limitam a capacidade de trabalho.

Os dispêndios de termo-regulação no frio podem ser, em parte, substituídos pelo trabalho muscular, devido à produção de calor que acompanha a contração muscular.

55

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Custo energético do trabalho físico

Através do consumo de O₂ – possível avaliar um grande número de atividades.

Dificuldades práticas: importante efeito de fatores de variação (ritmo de execução, postura, a aprendizagem, o tipo de trabalho, etc.).

Dependendo da situação de trabalho, é possível tentar apreciar as diversas atividades executadas, atribuindo-lhes um custo energético em relação aos dados específicos da cada uma delas.

56

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Esse método só permite uma avaliação grosseira do dispêndio efetivo pois:

- Determinantes da tarefa podem ser negligenciados por serem pouco perceptíveis, embora provoquem sérias dificuldades na execução do trabalho e um aumento do custo energético (desgaste dos instrumentos, micro variações do material...).
- Os pontos críticos de esforço são subestimados (não ocorrem sempre, podem ter seus efeitos atenuados).
- O dispêndio energético varia bastante conforme o grau de aprendizagem (para um mesmo ritmo de atividade um operador novato gasta mais energia que um experiente).

57

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

- As posturas de trabalho impostas para execução de uma tarefa podem modificar o custo do conjunto da atividade (não se deve esquecer as dores que aparecem quando uma postura desequilibrada ou rígida é mantida por algum tempo).
- A importante variabilidade das capacidades de trabalho numa população de trabalhadores não é facilmente controlada por esse método.

58

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Frequência cardíaca

A F.C. como critério de carga – a atividade cardíaca tem por função principal assegurar um fluxo sanguíneo em todos os tecidos do organismo.

Existe uma relação linear entre a frequência cardíaca e a intensidade do trabalho muscular geral dinâmico.

59

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

A F.C. acompanha (com certa defasagem no tempo) as variações de potência do trabalho efetuado.

- No início do trabalho há um aumento progressivo da F.C.
- Trabalho moderado: estabelece-se rapidamente uma frequência estável.
- Trabalho intenso: o estado estável não ocorre. A frequência cardíaca continua a aumentar até o esgotamento.

60

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

A F.C. acompanha (com certa defasagem no tempo) as variações de potência do trabalho efetuado.

- Com a interrupção do trabalho a F.C. volta progressivamente ao estado de repouso.
- A contração estática provoca um obstáculo à circulação sanguínea local. Consequentemente, faz com que se produza um aumento da pressão arterial a fim de forçar esse obstáculo.

61

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Outros fatores modificam a F.C.:

- Postura,
- Digestão,
- Certas características térmicas do ambiente e a altitude;
- Seus efeitos se agregam aos do trabalho físico, diminuindo sensivelmente a capacidade deste.

62

Biomecânica Ocupacional – O Trabalho Físico

Interpretação das avaliações

As avaliações da F.C. devem ser associadas à análise do trabalho efetuado e das condições nas quais ele é executado, para se conhecer os diferentes componentes das variações de frequências cardíacas constatadas.

Os resultados permitem avaliar:

- A importância de cada um desses componentes na carga de trabalho;
- Detalhar as fases particularmente críticas das tarefas e definir os elementos que devem ser modificados a fim de atenuar essa carga.