

Locomoção: andar e correr

Luis Mochizuki
EACH USP

1

Registros históricos

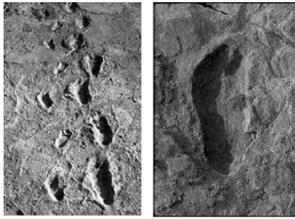


Fig. 1. Fossilized footprints at Laetoli in Tanzania, made 3.7 million years ago by bipedal hominids (Leskey and Hay, 1979). Photographs reproduced by permission of WGBH Boston and John Runkel.

2

Locomoção

- Toda ação que move o corpo de um animal através do espaço aéreo, aquático ou terrestre (CAPOZZO, 1991).

3

Locomoção

- Ação motora para deslocar o corpo no espaço
- Ação de diferentes partes e músculos do corpo humano sob diferentes níveis de sobrecarga
- A observação da locomoção sugere que a coordenação motora é uma tarefa simples

4

Formas de locomoção

- Andar
- Correr
- Saltar
- Rastejar
- Engatinhar
- Nadar
- Voar

5

Perguntas sobre locomoção

- Como coordenar o movimento de cada parte do corpo?
- Qual é o papel de cada parte do corpo humano?
- Qual é o efeito
 - estresse repetitivo e traumático no corpo humano durante uma atividade cíclica?
 - interação do corpo humano e o ambiente?

6

Perguntas sobre locomoção

- Qual é o efeito
 - objetos (órteses, próteses, calçados, etc.)?
 - doença ou lesão neuromuscular na locomoção?
- Como é o processo de desenvolvimento e aprendizagem?
- Qual é o papel da locomoção no desempenho de diferentes ações motoras?
- Como aumentar o rendimento?
- Qual é o efeito do envelhecimento?

7

Marcha Humana

- Transporte seguro e eficiente no espaço terrestre (ALLARD, 1995).
- Mais comum de todos os movimentos humanos. O padrão de variabilidade de uma passada no dia-a-dia é moderadamente baixo (WINTER, 1991).
- O ciclo da marcha é uma seqüência maravilhosamente orquestrada de eventos elétricos e mecânicos que culminam na propulsão coordenada do corpo através do espaço (LIEBER, 1992).

8

Principais teorias para explicar a locomoção

- Evolutiva
- Minimização do consumo energético
- Maturação em crianças
- Geradores centrais de padrão
- Associação entre controle e efeito
- Robôs com duas pernas
- Número de Froude

9

Principais teorias para explicar a locomoção

□ Evolutiva

- o bipedalismo é uma adaptação fundamental da evolução que separa os homínídeos dos outros primatas
 - Hipóteses
 - Liberar o uso da mãos (carregar o bebê, arremessar objetos, etc)
 - Adaptação da cabeça para otimizar as funções mastigatórias e respiratórias
 - Olhar ou procurar por coisas
 - Pressão do ambiente

10

Principais teorias para explicar a locomoção

□ Minimização do consumo energético

- locomoção é a translação do centro de gravidade por uma trajetória que requer o mínimo gasto de energia

11

Principais teorias para explicar a locomoção

□ Maturação em crianças

- quando uma jovem criança realiza os primeiros passos, sua estratégia biomecânica é reduzir o risco de quedas

12

Principais teorias para explicar a locomoção

- Geradores centrais de padrão
 - uma rede de neurônios dedicada na medula espinhal gera os padrões cíclicos e rítmicos dos sinais eletromiográficos que estão associados à locomoção

13

Principais teorias para explicar a locomoção

- Associação entre controle e efeito
 - a locomoção bípede é gerada por uma relação global do sistema nervoso, de um lado, e pelo sistema músculo esquelético e o ambiente, por outro lado.

14

Principais teorias para explicar a locomoção

- Robôs com duas pernas
 - a dinâmica da marcha de um robô bípede é obtida somente por uma estratégia baseada na estabilidade e pelo controle por feedback em tempo real.

15

Principais teorias para explicar a locomoção

- Número de Froude
 - razão entre velocidade ao quadrado e o produto do comprimento da perna e aceleração da gravidade.
- Transição do andar para o correr
 $Fr=0,5$
- Corrida assimétrica
 $2 < Fr < 3$

16

Lembrete histórico

- Irmãos Weber (1836)
- Marey (1882)
- Muybridge (1877)
- Braune & Fischer (1889, 1906)

17

Contribuição dos métodos biomecânicos

- Dinamometria
 - determinação da força de reação do solo durante a fase de apoio da locomoção
 - determinação dos momentos de força, energia cinética e potencial, trabalho mecânico e potência durante a marcha e corrida
 - determinação do efeito das forças externas no corpo humano

18

Contribuição dos métodos biomecânicos

□ Cinemetria

- Descrição cinemática do movimento de cada articulação
- Níveis de aceleração e velocidade de cada parte do corpo

19

Contribuição dos métodos biomecânicos

□ EMG

- Atividade muscular durante a corrida e marcha
- Coordenação de diferentes músculos durante a tarefa

□ Antropometria

- Efeito da massa e dimensões corporais na locomoção

20

Variáveis

- Os sinais EMG, momentos de força e potências se aproximam das causas do movimento.
- As variáveis cinemáticas (velocidades, comprimento da passada, ângulos articulares) e forças reação do solo refletem o produto de muitos efeitos integrados

21

Principais partes do corpo

- Membro inferior (pé-perna-coxa)
- Tronco

22

Principais conceitos físicos

- Princípio da ação e reação
- Princípio da inércia
- Princípio da força
- Conservação do impulso
- Conservação do momento angular
- Dinâmica do pêndulo simples

23

Principais dos eventos da marcha Vaughan et al (1999)

1. Registro e ativação de comandos da marcha no sistema nervoso central;
2. Transmissão dos sinais da marcha para o sistema nervoso periférico;
3. Contração dos músculos que desenvolvem tensão;
4. Geração de forças e momentos de força nas articulações sinoviais;
5. Regulação das forças e momentos de força articulares pelos segmentos esqueléticos rígidos baseada na sua antropometria;
6. Movimento dos segmentos de forma que este é reconhecido como marcha funcional;
7. Geração das forças de reação do solo

24

Principais características

- Movimento cíclico, repetitivo e alternado de membros inferiores
- Duas fases distintas: fase de apoio e fase de balanço
- Padrões da ação muscular, variáveis cinéticas e cinemáticas
- Velocidade dependente
- Ausência da fase de apoio durante a corrida

25

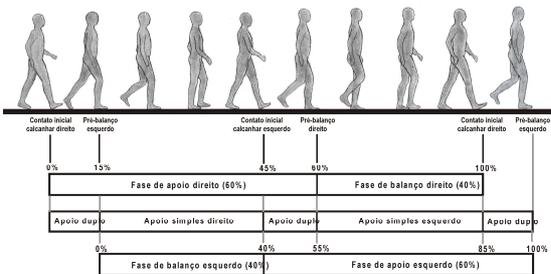
Velocidade da marcha

$$f = \lambda \cdot v$$

$$\text{cadência} = \text{passo} \cdot \text{velocidade}$$

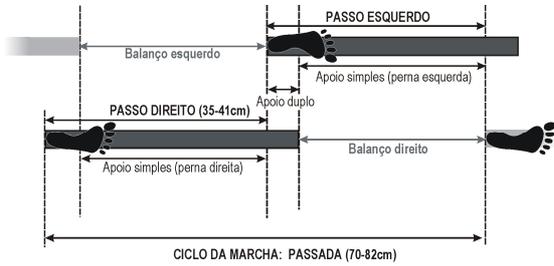
26

Ciclo da marcha



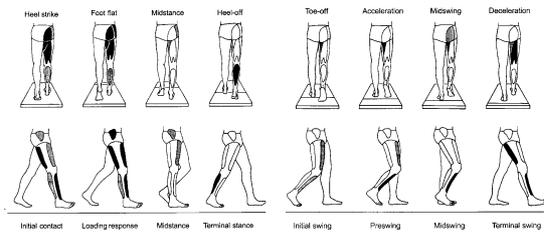
27

Variáveis cinemáticas



28

Ciclo da marcha



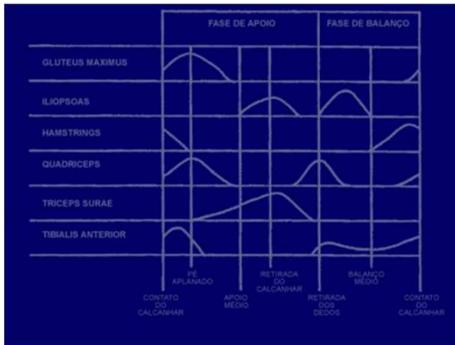
29

Descrição cinesiológica

CICLO DA MARCHA						
	Contato inicial 0%	15%	30%	45%	Retirada dos dedos 60%	Contato inicial 100%
Pelve						
Coxa		Rotação medial	Rotação lateral			Rotação medial
Perna						
Articulação do tornozelo		Flexão plantar	Dorsiflexão	Flexão plantar	Dorsiflexão	
Articulação subtalar		Eversão	Inversão			Eversão
Art. Transversária do tarso			Aumento de estabilidade			
Articulação talo-navicular		Instável				Instável
Músculos intrínsecos		Inativo	Aumento de atividade			Inativo
Músculos pré-tibiais		Ativo	Inativo			Ativo
Músculos extensores do tornozelo		Inativo	Ativo			Inativo
	Contato inicial	Apoio médio	Apoio terminal	Pré balanço	Balanço inicial	Balanço final
	FASE DE APOIO			FASE DE BALANÇO		

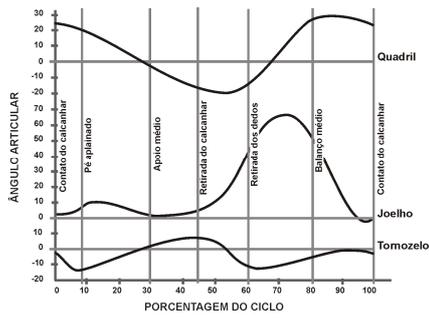
30

Atividade muscular



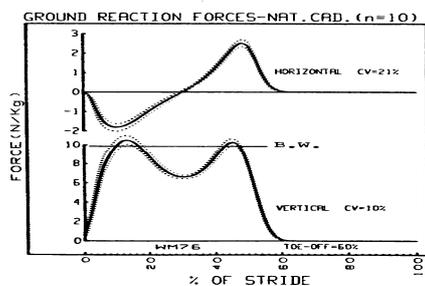
31

Variáveis cinemáticas



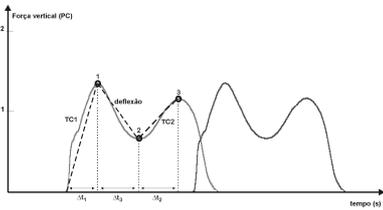
32

Força de reação do solo Winter (1991)



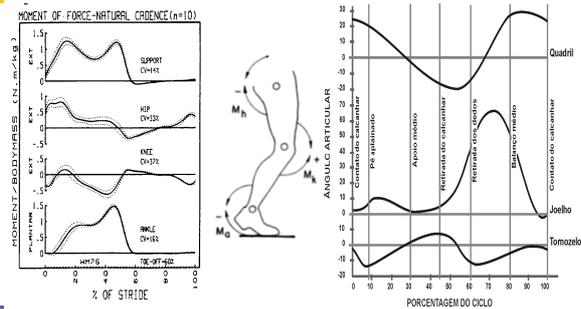
33

Força de reação do solo



34

Momentos de força Winter (1991)



35

Evolução da marcha

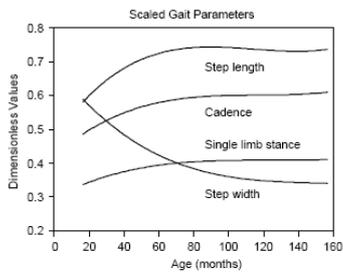


Fig. 5. Fundamental gait parameters, scaled according to Hof (1996), change during the first 6 years (72 months) of life and are thereafter invariant with age (Vaughan et al., 2001).

36

Envelhecimento

- Parâmetros cinemáticos
- Parâmetros cinéticos
- Parâmetros eletromiográficos

37

Envelhecimento

- Parâmetros cinemáticos
 - Redução do comprimento do passo
 - Redução do toe cleaning
 - Redução das variações angulares das articulações
 - Redução de velocidade
 - Redução da cadência
 - Aumento do duplo apoio
 - Redução do apoio simples
- Parâmetros cinéticos
- Parâmetros eletromiográficos

38

Envelhecimento

- Parâmetros cinéticos
 - Redução dos picos máximos
 - Aumento do pico mínimo
 - Aumento do crescimento da força
- Parâmetros eletromiográficos
 - Aumento da coativação
 - Mudanças na coordenação entre membros e tronco

39

Evolução da marcha

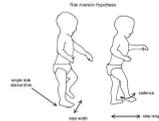


Fig. 6. When hominids with long forelimbs and a short hindlimb were walking, they were quadrupedal. As the forelimbs became shorter and the hindlimbs became longer, they became bipedal. The gait patterns have been noted according to the fossil record.

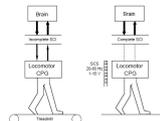


Fig. 7. The neural control of locomotion in a quadruped and a biped. In a quadruped, the brain is connected to four locomotor CPGs. In a biped, the brain is connected to two locomotor CPGs.

40

Locomoção de animais

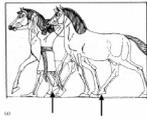


Fig. 8. An artist's depiction of the head and neck of a horse. The skeletal structure of the head and neck is shown. The skeletal structure of the head and neck is shown. The skeletal structure of the head and neck is shown.

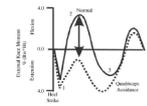


Fig. 9. The lateral deviation of the head during walking. The lateral deviation of the head during walking is shown. The lateral deviation of the head during walking is shown. The lateral deviation of the head during walking is shown.

41
