

BRUNO AKIRA OSHIRO
FRANCISCO SAMUEL AMÂNCIO LIMA
GABRIELA GOMES VALEJO SANCHES
WILSON SIOU KAN CHOW

**Proposta de Trabalho:
Modelagem da marcha humana**

São Paulo

2020

Sumário

1	Introdução	3
2	Antropometria	3
2.1	Comprimento	3
2.2	Massa e Centro de Massa	4
3	Movimento dos membros inferiores	4
3.1	O quadril	5
3.2	O joelho	5
3.3	O tornozelo	5
4	Marcha	6
	Referências bibliográficas	7

1 Introdução

O estudo da marcha antropomórfica é essencial para diagnosticar patologias de mobilidade e desenvolver próteses ou órteses para reabilitá-las. Ela parte de três premissas: progressão, estabilidade e adaptação.

- Progressão: padrão motor básico de movimentos rítmicos dos membros inferiores e tronco para movimentar o corpo na direção desejada.
- Estabilidade: necessidade de manter uma postura propícia para movimentação e garantir estabilidade dinâmica dos movimentos do corpo.
- Adaptação: habilidade de modificar o movimento de acordo com a necessidade, como evitar obstáculos ou alterar velocidade e direção.

A marcha também pode ser caracterizada através de variáveis temporais e de distância: a cadência, em média 110 passos/minuto para homens e 115 passos/minuto para mulheres; comprimento do passo médio de 76.3 cm; e velocidade média de 1.46m/s

2 Antropometria

A antropometria é o estudo das medidas do corpo humano. Seu estudo é essencial para a marcha humana. Essa área fornece os parâmetros iniciais de massa, comprimento e centro de massa de cada membro.

2.1 Comprimento

O comprimento de cada membro do corpo varia de acordo com o sexo, etnia e idade. Entretanto, as proporcionalidades de cada membro são parecidas em diferentes pessoas. Uma boa aproximação, para estudo, são as proporções de cada membro em relação a altura do indivíduo como ilustrado na Figura 1

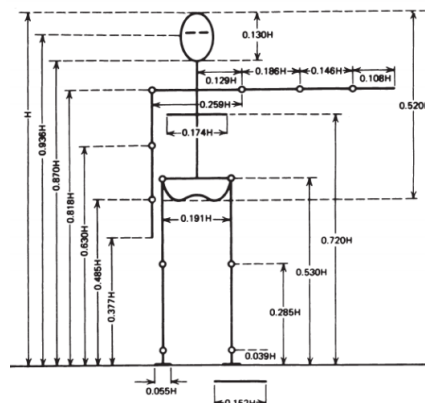


Figura 1 – Proporções de comprimento dos membros para um adulto (Santos,2011).

2.2 Massa e Centro de Massa

Assim como o comprimento, pode-se obter as frações de massa para cada membro. A tabela a seguir mostra os valores fracionários de massa para cada membro inferior. Além disso, é mostrado a posição de cada centro de massa, em relação de proporcionalidade, de cada um dos membros em referência aos seus pontos distais e proximais.

Segmento	Definição do comprimento do segmento	Peso do segmento / peso total do corpo	Centro de massa / comprimento do segmento		Raio de giro / comprimento do segmento
			Proximal	Distal	Centro de gravidade
Pé	Maléolo lateral/cabeça do metatarso ii	0.0145	0.5	0.5	0.475
Perna	Côndilos femorais/ maléolo mediano	0.0465	0.433	0.567	0.302
Coxa	Trocânter maior/ côndilos femorais	0.1	0.433	0.567	0.323
Perna e pé	Côndilos femorais/ maléolo mediano	0.061	0.606	0.394	0.416
Perna total	Trocânter maior/maléolo mediano	0.161	0.447	0.553	0.326

Figura 2 – Proporções de Massa e CG (Batista,2013).

3 Movimento dos membros inferiores

Para um melhor entendimento do movimento dos membro do corpo humano é necessário dividi-lo em três planos e eixos conforme a figura 3:

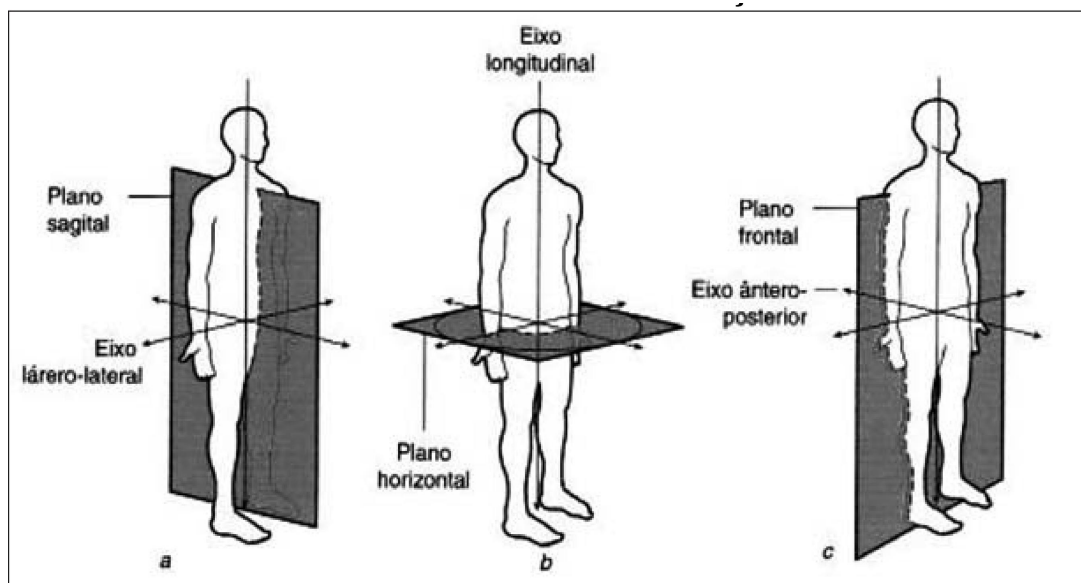


Figura 3 – Linhas Imaginárias dos Eixos de Movimento do Corpo Humano e Planos de Secção (Behnke, 2004).

O movimento de marcha humana possui no total oito graus de liberdade para cada

perna, porém conforme será explicado um modelo adequado pode ser modelado com cinco graus de liberdade.

3.1 O quadril

O quadril possui três graus de liberdade, sendo responsável pelo movimento das coxas. O primeiro grau é conhecido como movimento de flexão e extensão, ocorre no plano sagital e é responsável por deslocar a perna para frente no referencial da pessoa, quando ocorre distensão do ligamento, e para trás o que gera tensão nos ligamentos. Esse tipo de movimento permite ações como sentar e levantar. O segundo grau é o movimento de abdução e adução, acontecendo no plano frontal, movendo as pernas para fora e dentro do corpo respectivamente do ponto de vista da pessoa, sendo este movimento responsável pelo equilíbrio na marcha ao regular o posicionamento do centro de massa quando uma das pernas está em balanço. O terceiro grau é caracterizado pela rotação em torno do eixo longitudinal, e do ponto de vista da pessoa dirigem os pés para dentro e para fora, sendo este movimento o responsável pelas curvas.

3.2 O joelho

O joelho possui um grau de liberdade, sendo seu movimento principal o de flexão e extensão que é a rotação em torno do eixo médio lateral, e é responsável por regular a altura do corpo em relação ao chão. Existe ainda o movimento de abdução e adução, que é a rotação sem carga e com as pernas levantadas em torno do eixo ântero-posterior, porém devido as condições necessárias e a baixa amplitude do movimento este pode ser considerado fixo em posição conveniente.

3.3 O tornozelo

O tornozelo possui três graus de liberdade, permitindo rotação em torno dos três eixos do corpo. A rotação em torno do eixo longitudinal, conhecida como abdução e adução, realizando do ponto de vista da pessoa um movimento para fora e para dentro. O giro em torno do eixo ântero-posterior, conhecido como inversão e eversão, inclinado o pé para fora e para dentro. E por fim o a rotação em torno do eixo médio-lateral, conhecida como flexão dorsal e planar, movimentando o pé para cima e para baixo. Este último é o movimento mais relevante dos tornozelos para a locomoção, tendo em vista este fato e a simplificação do modelo os movimentos de inversão, eversão, abdução, adução serão travados em uma determinada posição.

4 Marcha

A marcha humana é a principal função dos membros inferiores, ela é simples e ao mesmo tempo complexa, pois à primeira vista pode ser dividida em poucas fases, mas ao ser analisada com cuidado, pode ter várias. Nesta análise, deve ser considerada como um ciclo de marcha o momento em que o pé entra em contato com o solo até o momento em que pé toca novamente o solo.

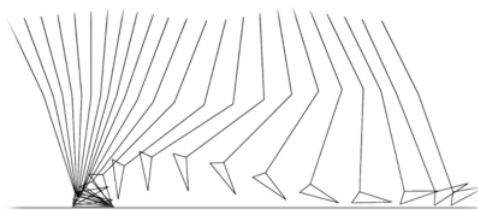


Figura 4 – Modelo simplificado da marcha humana (BATISTA, 2013).

Como mostrado na figura, os membros inferiores podem ser simplificados a um sistema de segmentos e elos. A biomecânica faz a análise desses movimentos, e podem ser divididos em:

A fase de apoio se refere ao período da interação entre o pé e o solo, enquanto a fase de balanço se relaciona ao que não há esse contato. Desta forma, é possível resumir o movimento inteiro de uma perna em três partes: Aceitação de peso, Suporte e Avanço do membro inferior.

Tendo isso em mente, é interessante observar o movimento do centro de massa da pessoa ao andar, porque descreve como estas fases estão sendo realizadas.

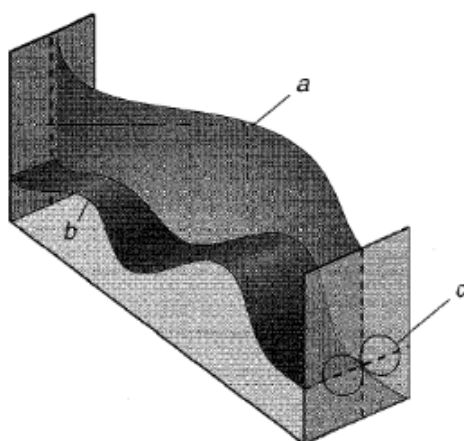


Figura 5 – Visualização do trajeto do centro de massa em dois planos (BATISTA, 2013).

Movimentos como a rotação pélvica; inclinação da pélvis; flexão do joelho na fase de apoio; mecanismo do joelho; mecanismo do pé e deslocamento lateral da pélvis, parecem contribuir para a complexidade do sistema, e serão incluídos na modelagem do sistema.

Referências bibliográficas

BATISTA, Rayanne Floriano. **Proposta de arquitetura de controle para exoesqueleto robótico de reabilitação da marcha antropomórfica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2013.

BEHNKE, Robert. **Anatomia do Movimento**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

HALL, Susan J. **Biomecânica básica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

JÚNIOR, Glicerinho Danter Lopes Soares. **Desenvolvimento de um exoesqueleto para movimentação/reabilitação de paraplégicos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Uberlândia, 2015.

LIMA, Jéssica Paola Souza. **Avaliação biomecânica da marcha com exoesqueleto robótico em sujeitos com AVC crônico**. Dissertação de Mestrado em Biotecnologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Vitória, 2018.

SANTOS, Diego Pedroso dos. **Projeto mecânico de exoesqueleto robótico para membros inferiores**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Controle e Automação Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.