

Aula 3 – Controle Postural

Prof. Daniel Boari Coelho

E-mail: daniel.boari@ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC
Princípios de Reabilitação e Tecnologias Assistivas

3º Quadrimestre de 2018



Universidade Federal do ABC

- ✓ Sistema de controle postural
 - ✓ Centro de gravidade
 - ✓ Centro de pressão

- ✓ Métodos de medição do equilíbrio

- ✓ Modelo biomecânico simples da postura

- ✓ Postura quieta, prolongada e dinâmica

- ✓ Neuroanatomia da postura

Shumway-Cook, Woollacot. Controle Motor
Bronstein et al. Clinical Disorders of Balance, Posture and Gait

Desde que os humanos adotaram uma postura bípede, eles tem sido desafiados para manter um equilíbrio instável do corpo com uma localização alta do centro de gravidade sobre uma pequena base de suporte.

Durante a postura ereta parada, somos constantemente perturbados por reações às forças geradas no próprio corpo ou por forças externas aplicadas sobre ele.

Para manter o corpo em uma determinada postura é necessário então uma constante regulação da postura devido a estas perturbações.

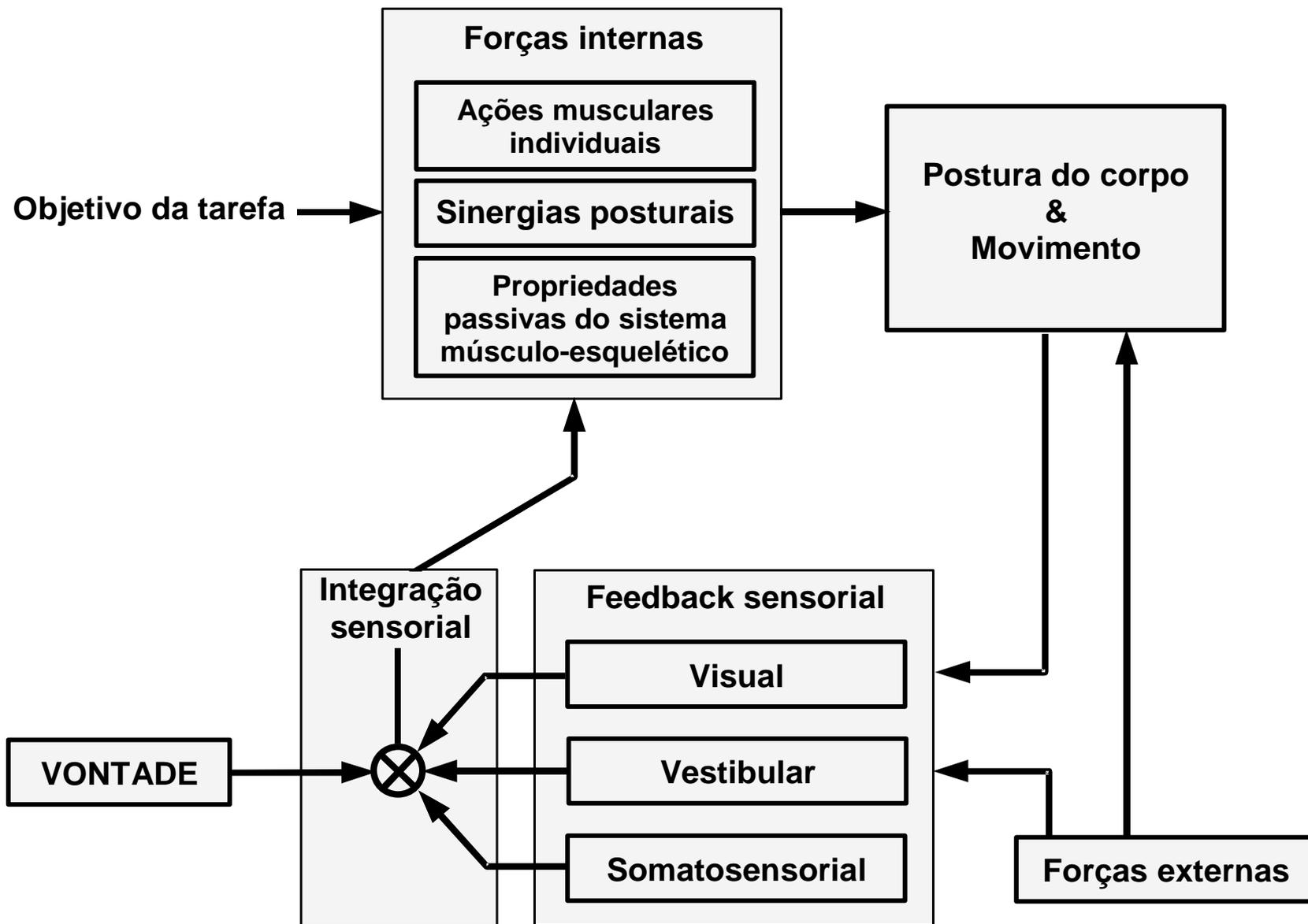
Alinhamento postural

- ✓ Posição ou arranjo das partes do corpo (como um retrato da postura)

Controle postural

- ✓ Como a posição das partes do corpo variam no tempo e como são controladas (como um filme da postura)

Sistema de controle postural



O COG é o centro das forças gravitacionais agindo sobre todos os segmentos do corpo humano, se move como se a força gravitacional sobre todo o corpo agisse apenas neste ponto e é um conceito análogo ao centro de massa.

Ele pode ser calculado a partir da média ponderada dos COG de cada segmento do corpo em uma dada posição (instante).

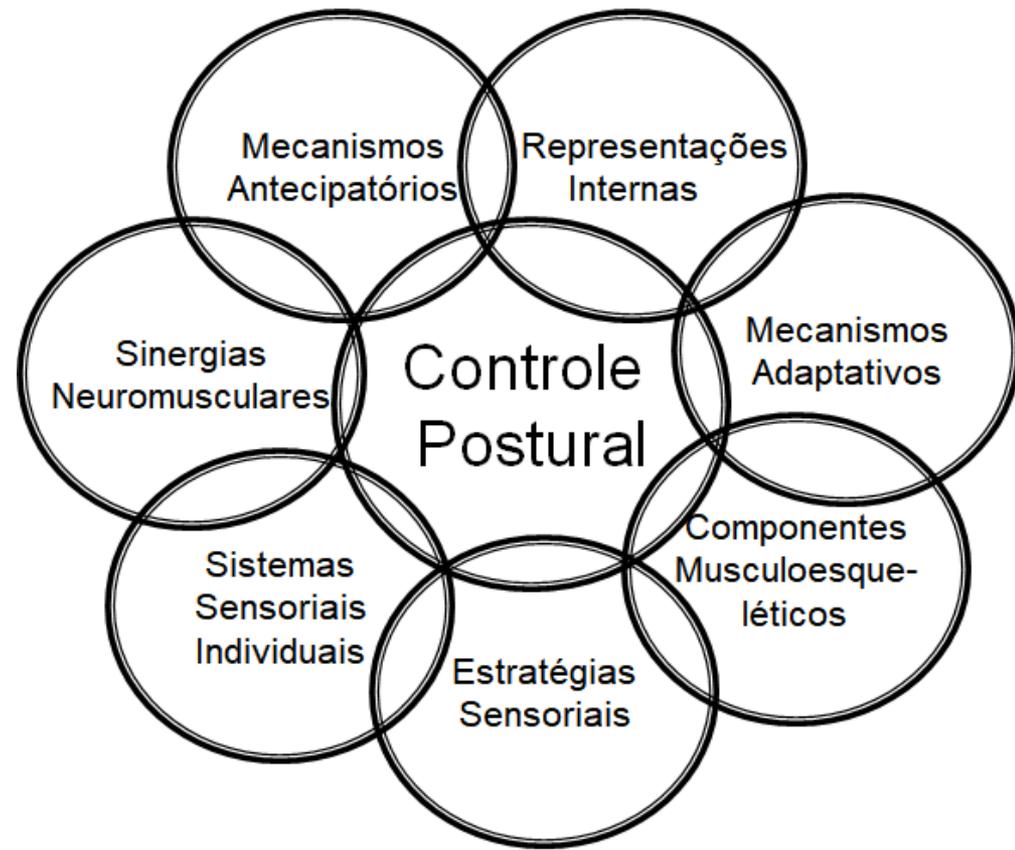
A posição do COG é uma medida de deslocamento e é totalmente independente da velocidade ou aceleração total do corpo ou de seus segmentos.

O COP é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais atuando na superfície de suporte, e representa um resultado coletivo do sistema de controle postural e da força de gravidade.

O COP também é uma medida de deslocamento e é dependente do COG.

Ele expressa a localização do vetor resultante da força de reação do solo em uma plataforma de força. Este vetor é igual e oposto à média ponderada da localização de todas as forças que agem na plataforma de força, como a força peso e as forças internas (musculares e articulares) transmitidas ao chão (Winter, 1990).

Para regular a posição do COG do corpo durante a postura ereta, a teoria mais aceita é que o sistema de controle postural usa a variável COP para controlar o COG, já que não há sensores específicos para detectar o COG. Morasso *et al.* (2000)



Testes clínicos

- ✓ Teste de Romberg
- ✓ Alcance Funcional (Duncan et al, 1990)
- ✓ Escala de equilíbrio e mobilidade de Tinetti (Tinetti, 1986)
- ✓ Escala de Berg (Berg, 1989; 1995)
- ✓ Timed Up and Go test, TUG (Podsiadlo e Richardson, 1991)
- ✓ Apoio unipodal (Gustafson et al, 2000)
- ✓ BEST test (Horak et al, 2009)

Testes de laboratório

- ✓ Estabilografia
 - ✓ Estática: postura quieta não perturbada, quando o sujeito tenta ficar imóvel
 - ✓ Dinâmica: uma perturbação é aplicada e a resposta do sujeito a esta perturbação é estudada

Métodos de medição do equilíbrio: Escala de Berg

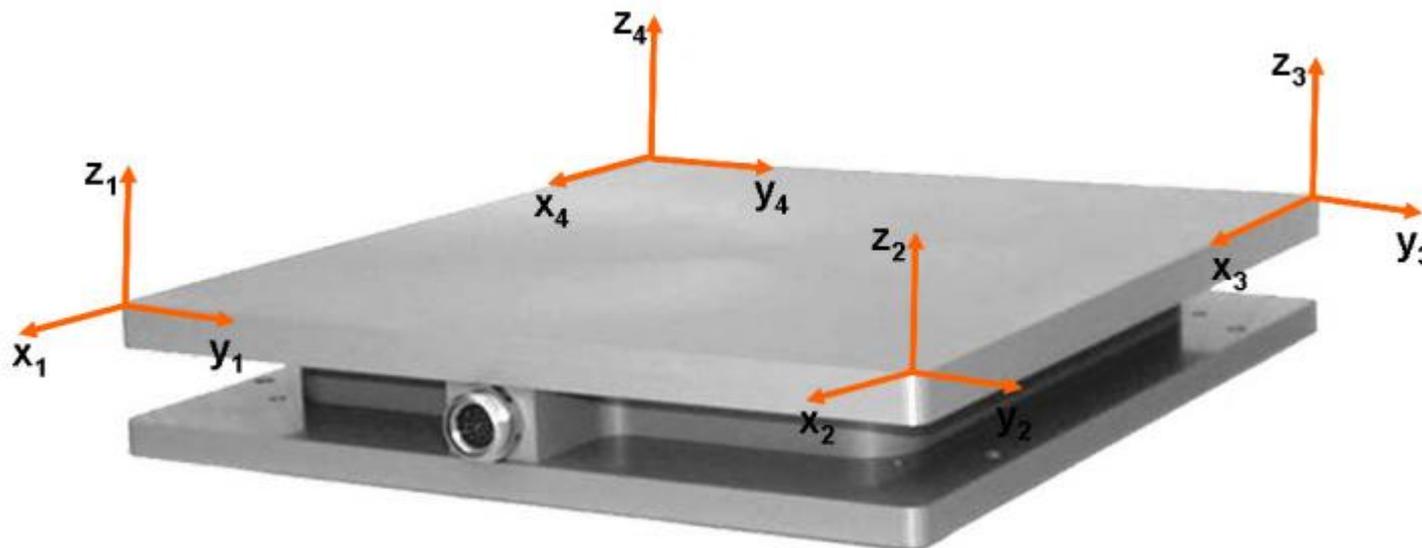
1. Sentado para em pé
2. Em pé sem apoio
3. Sentado sem apoio
4. Em pé para sentado
5. Transferências
6. Em pé com os olhos fechados
7. Em pé com os pés juntos
8. Reclinar à frente com os braços estendidos
9. Apanhar objeto do chão
10. Virando-se para olhar para trás
11. Girando 360 graus
12. Colocar os pés alternadamente sobre um banco
13. Em pé com um pé em frente ao outro
14. Em pé apoiado em um dos pés

1. SENTADO PARA EM PÉ

INSTRUÇÕES: Por favor, fique de pé. Tente não usar suas mãos como suporte.

- 4 capaz de permanecer em pé sem o auxílio das mãos e estabilizar de maneira independente
- 3 capaz de permanecer em pé independentemente usando as mãos
- 2 capaz de permanecer em pé usando as mão após várias tentativas
- 1 necessidade de ajuda mínima para ficar em pé ou estabilizar
- 0 necessidade de moderada ou máxima assistência para permanecer em pé

Plataforma de Força



$$COP_{ap} = \frac{-h * F_x - M_y}{F_z}$$

$$COP_{ml} = \frac{-h * F_y - M_x}{F_z}$$

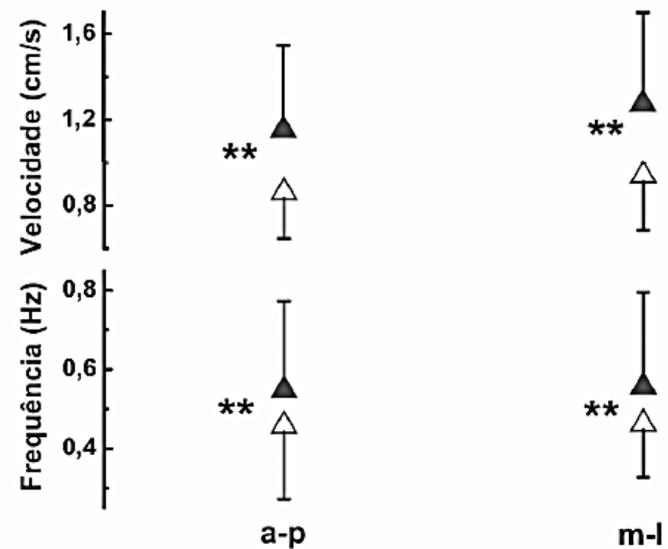
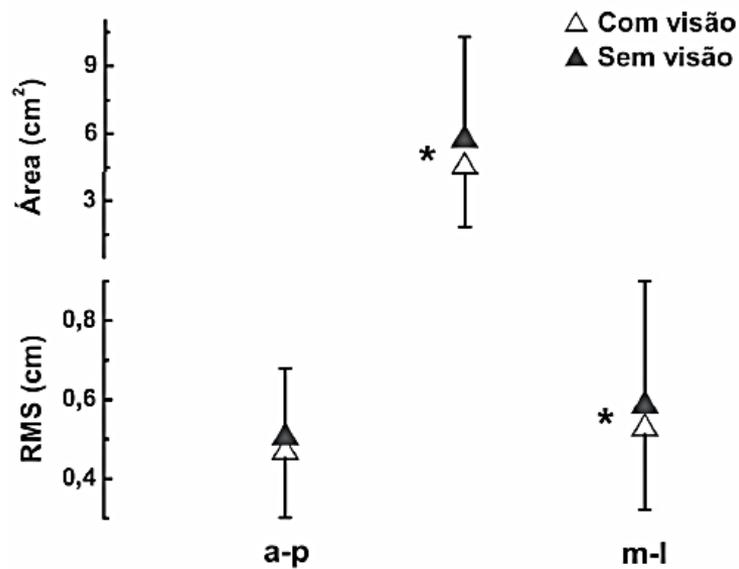
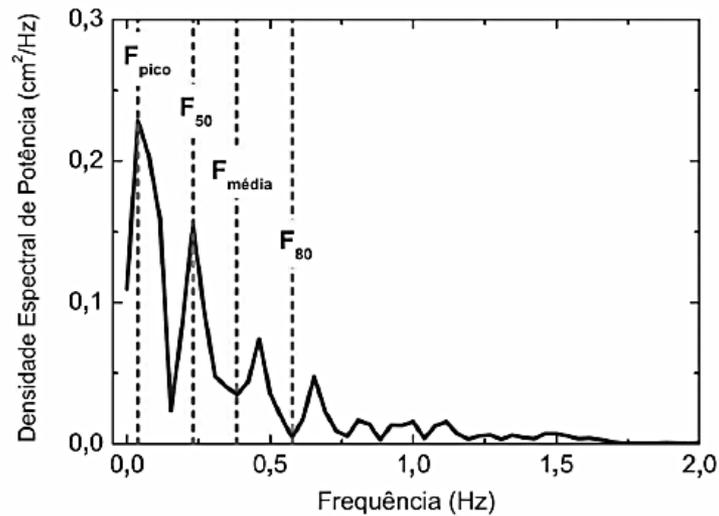
Medidas usuais em estabilografia

Medidas de dispersão: desvio-padrão e amplitude total em cada direção, área;

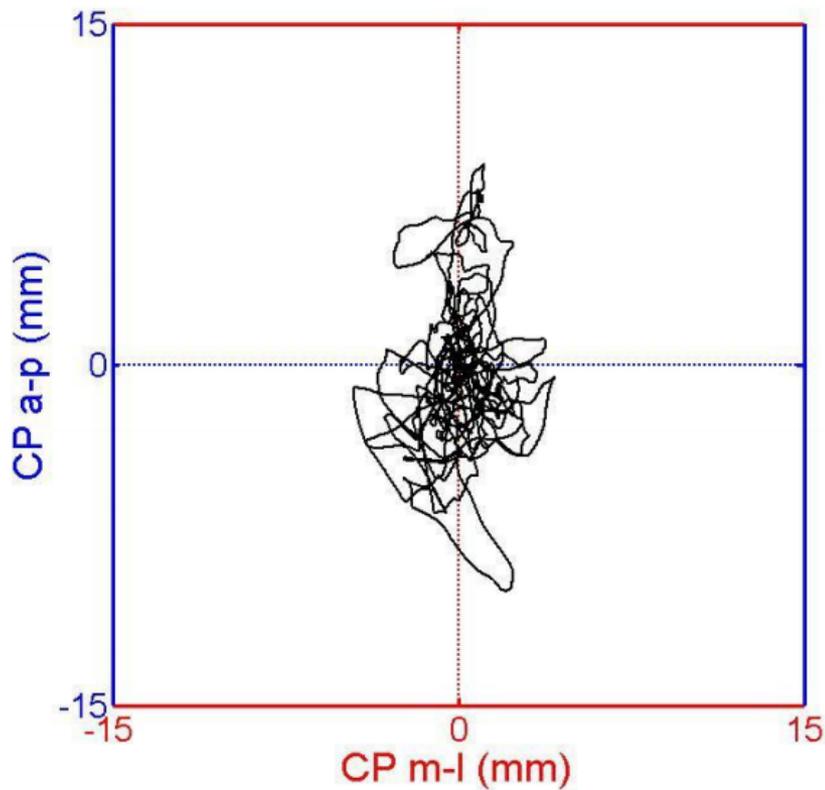
Medidas da frequência de oscilação: frequência média e mediana, quantidade de frequências por banda;

Outras medidas: velocidade, energia;

Métodos de medição do equilíbrio: laboratório

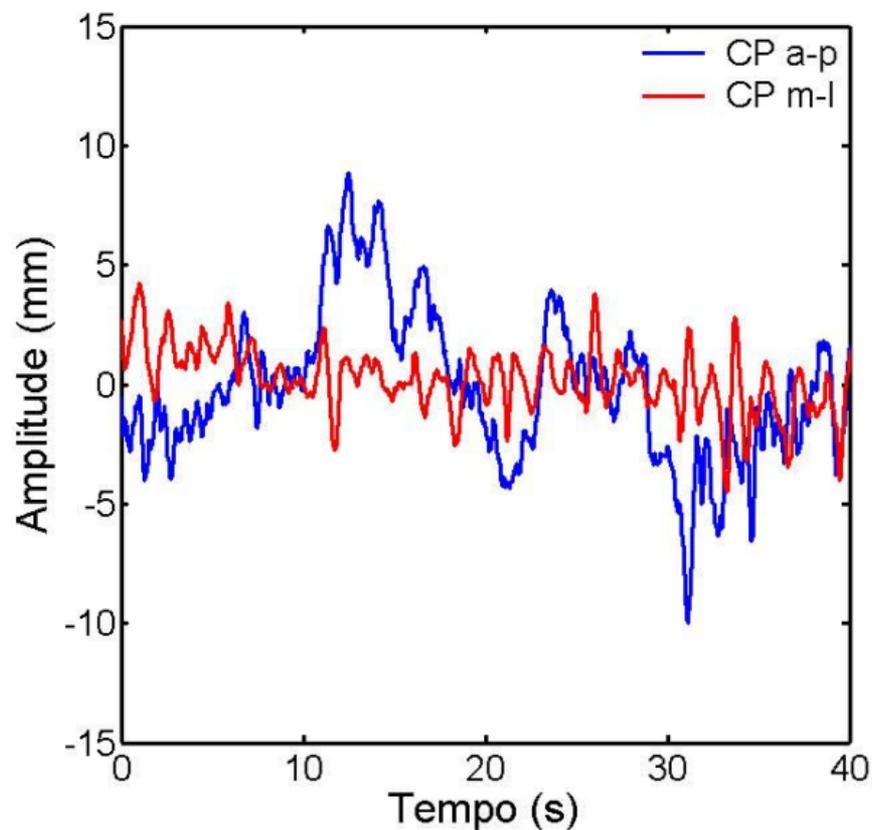


Métodos de medição do equilíbrio: laboratório

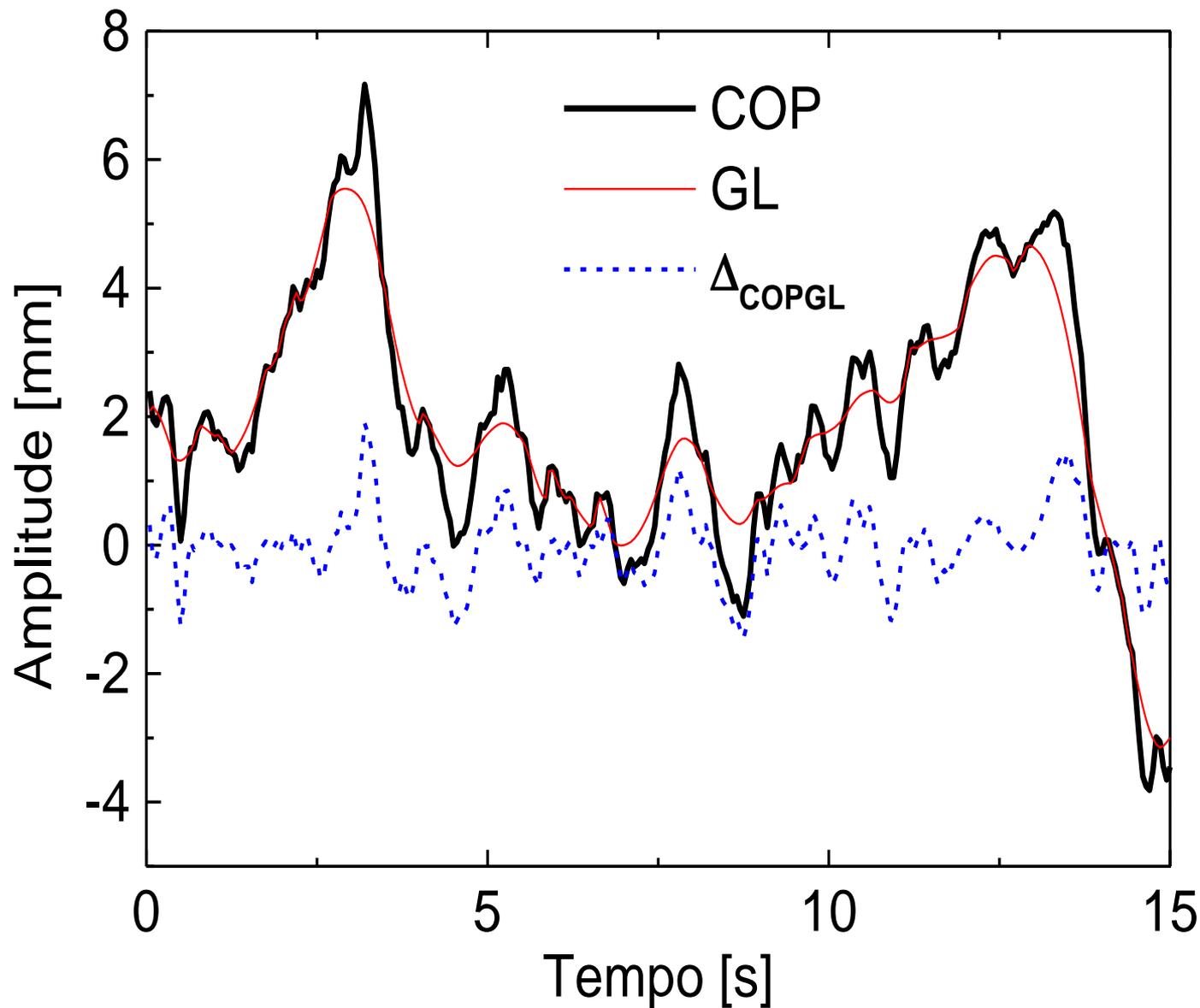


Exemplo de estabilograma.
Os dados são os mesmos da
figura anterior.

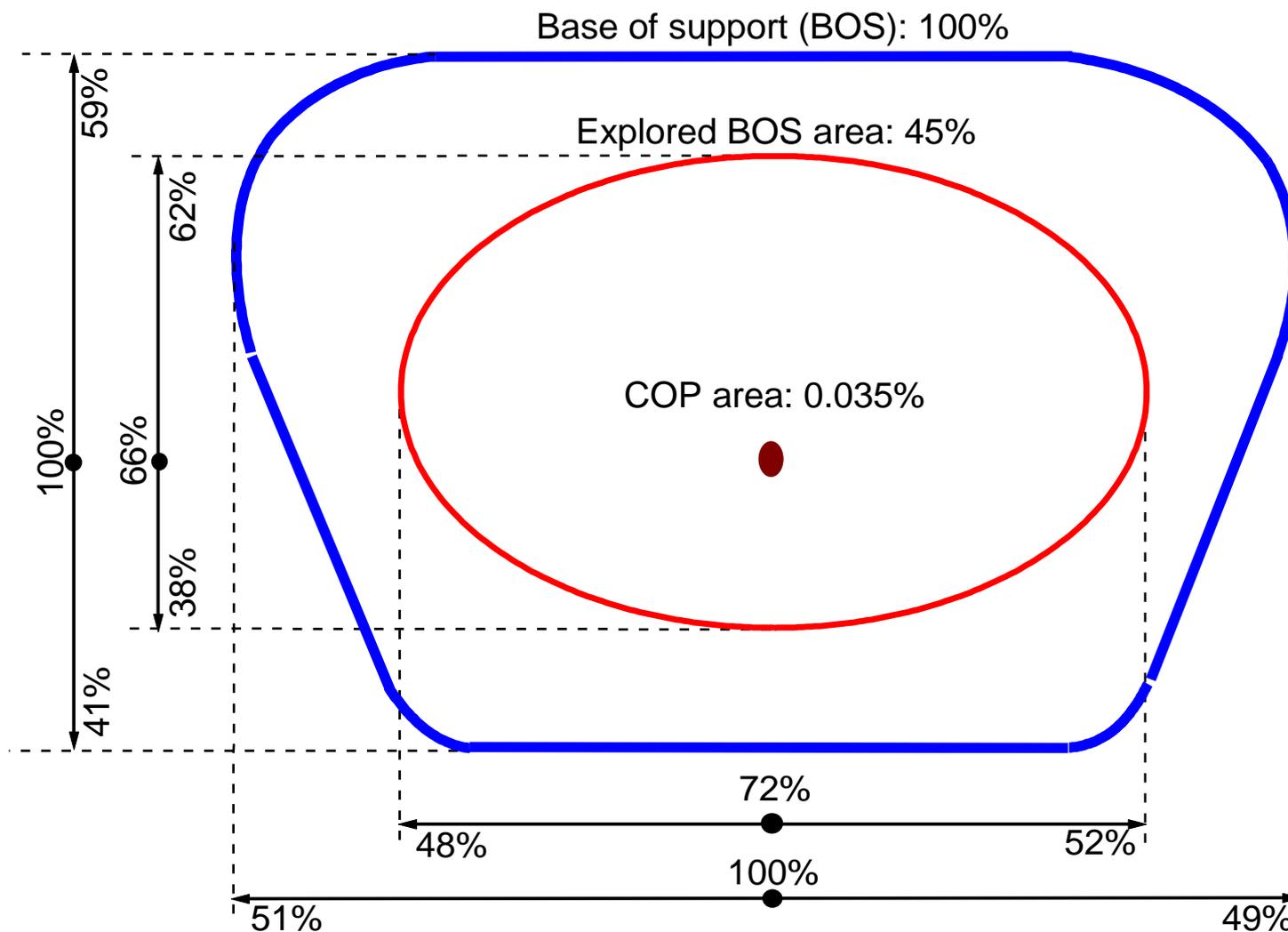
Exemplo de um estatocinesigrama
de um indivíduo na postura ereta
quieta por 40 segundos.



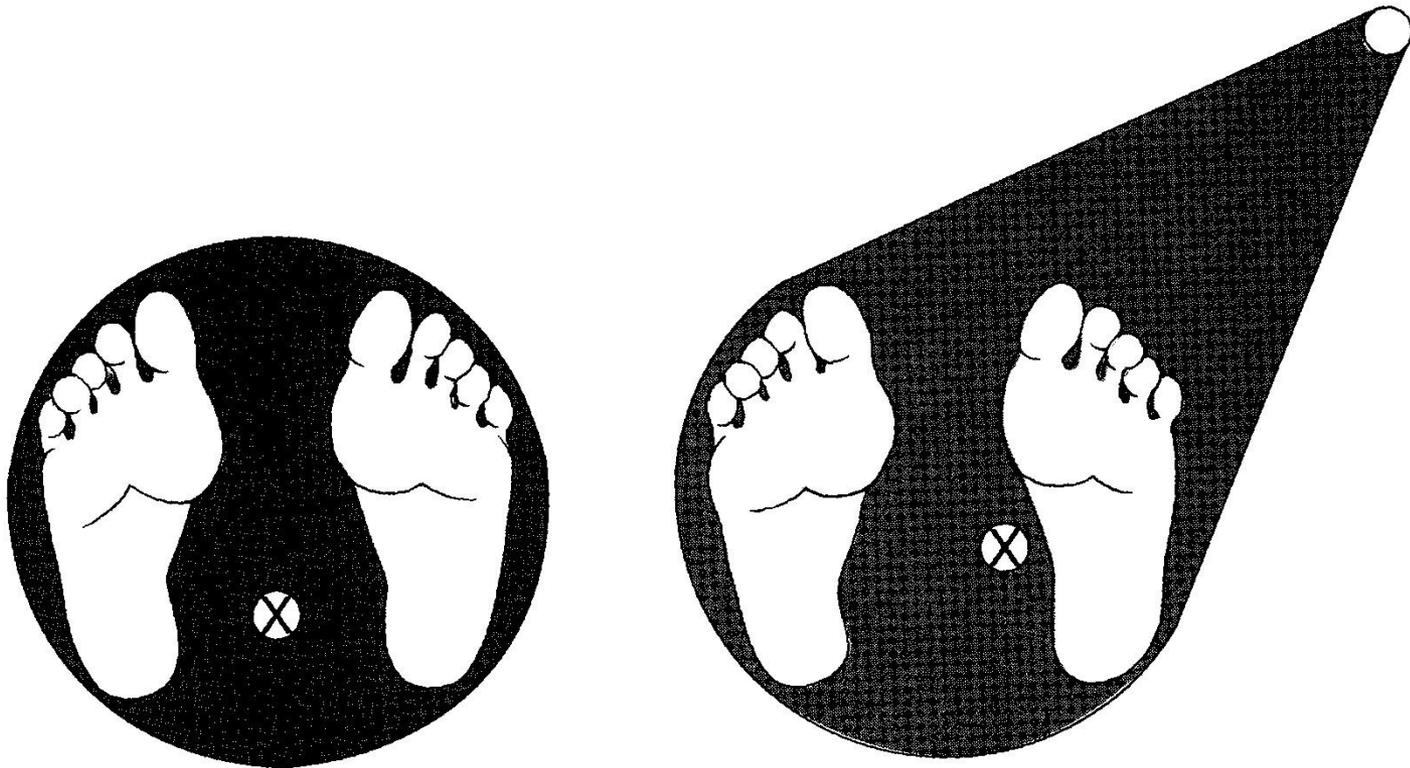
Postura ereta quieta



Base de suporte e limites de estabilidade



Tecnologia Assistiva

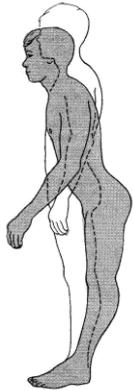


Estratégias motoras na direção anteroposterior



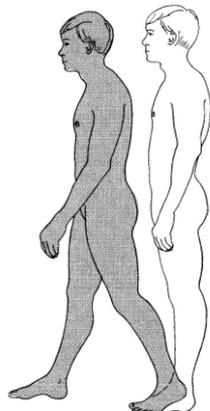
Tornozelo

- ✓ Pêndulo simples invertido
- ✓ Tornozelo e Quadril em fase
- ✓ Ativação muscular na sequência distal-proximal



Quadril

- ✓ Pêndulo duplo invertido
- ✓ Tornozelo e Quadril fora de fase
- ✓ Ativação muscular na sequência proximal-distal
- ✓ Força Horizontal



Passo

- ✓ Mais complexa
- ✓ Múltiplos segmentos envolvidos
- ✓ Maiores perturbações

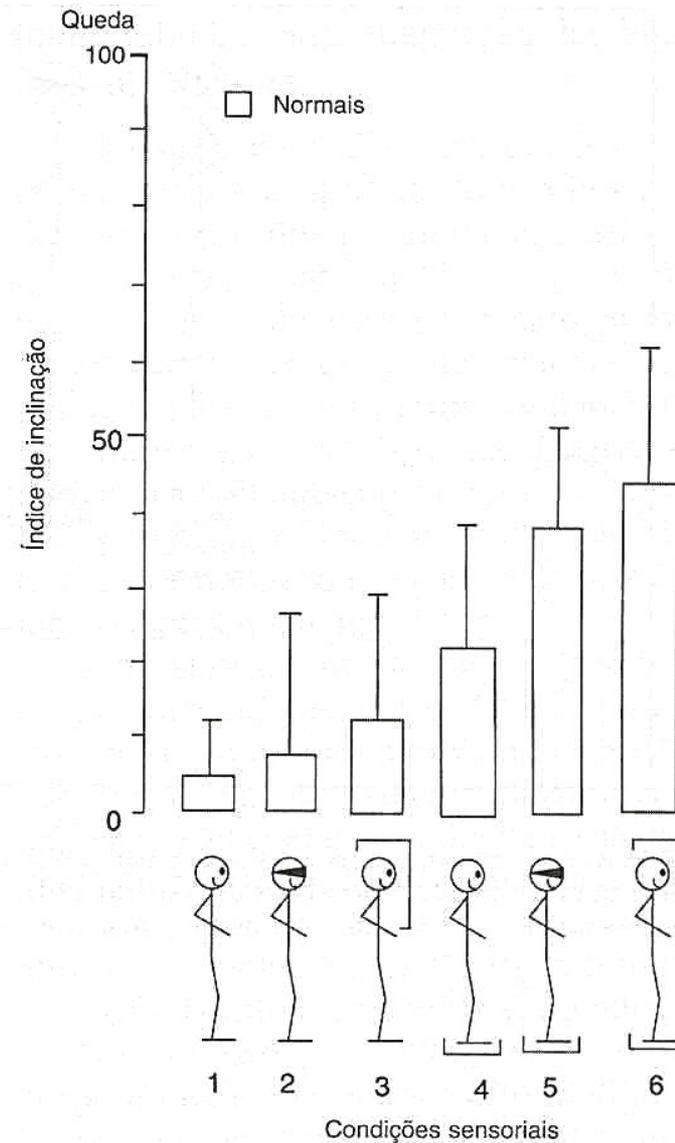
Movimento ocorre principalmente no quadril e tronco.

Movimento pélvico com abdução e adução (abdutores e adutores do quadril) dos MMII (mecanismo de carga e descarga).

- ✓ **Sistema visual**
- ✓ **Sistema vestibular**
- ✓ **Sistema somatossensorial**

A estrutura destes sistemas sensoriais é relativamente simples comparada à complexidade do processamento das informações oriundas destes sistemas.

Controle postural: Informação sensorial

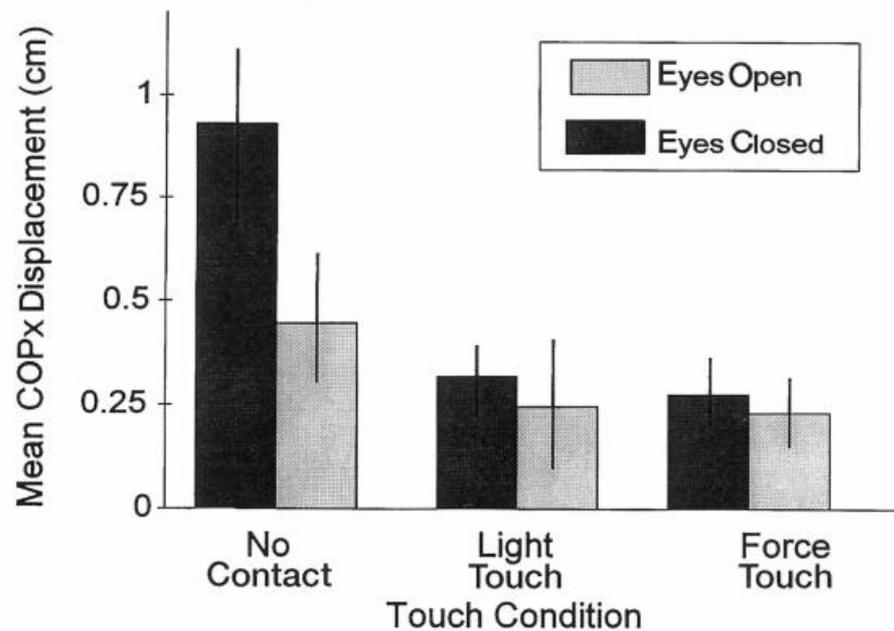
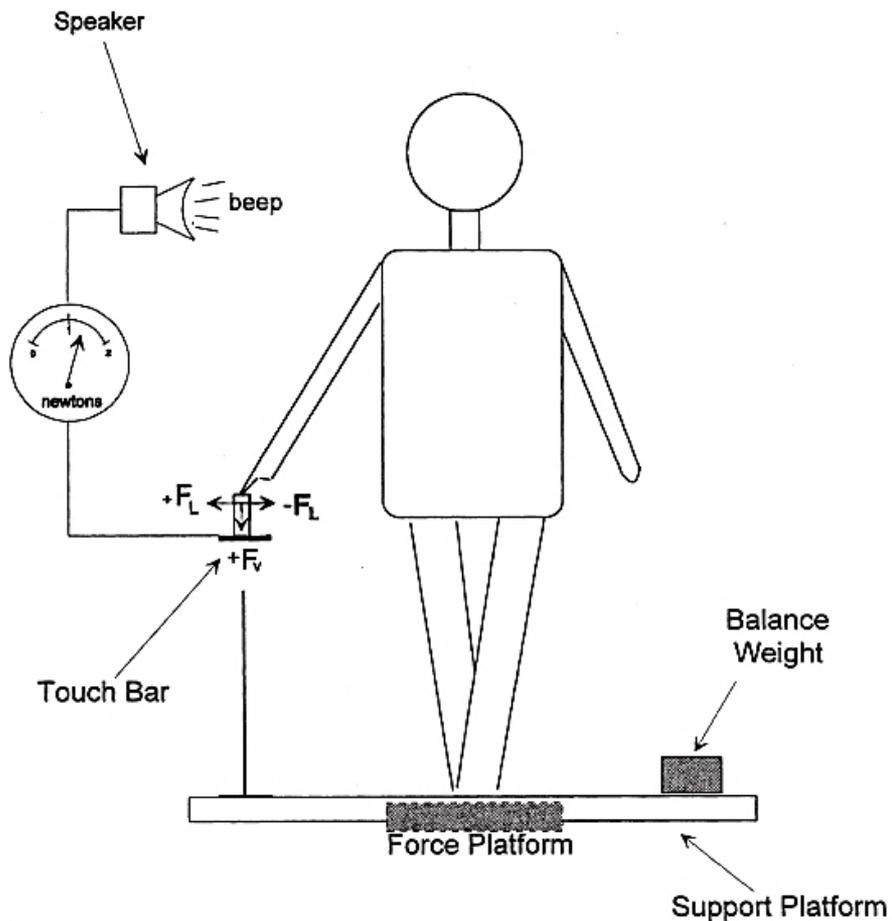


Controle postural: Informação sensorial adicional

Phys Ther. 1997 May;77(5):476-87.

Light touch contact as a balance aid.

Jeka JJ¹.

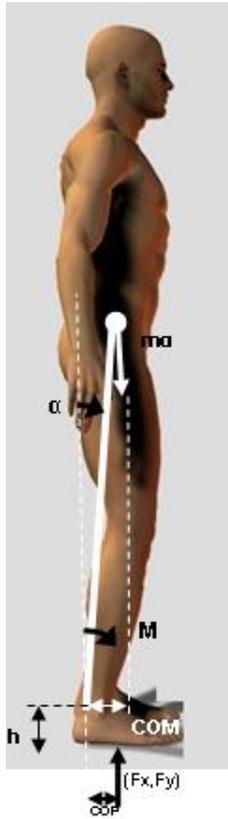


Utilização clínica?

Clinical Implications

Clinicians often observe patients with balance disorders using light touch of surrounding objects and surfaces to stabilize themselves while standing and walking, but the actual use of touch contact or canes in balance control has not been studied systematically or rigorously. The findings of postural control with light touch contact may have potential applications to a large population of patients with balance and gait disorders due to neurological injury, including patients with hemiparesis, patients with Parkinson's disease, and elderly individuals. Such individuals are often capable of generating the appropriate muscular forces to maintain stable ambulation, but only if provided with sensory information that they are lacking due to neurological trauma. The additional sense of comfort that cane use provides may have little to do with physical support of the body. Two potential implications are addressed below: assistive device design and therapeutic mechanisms.

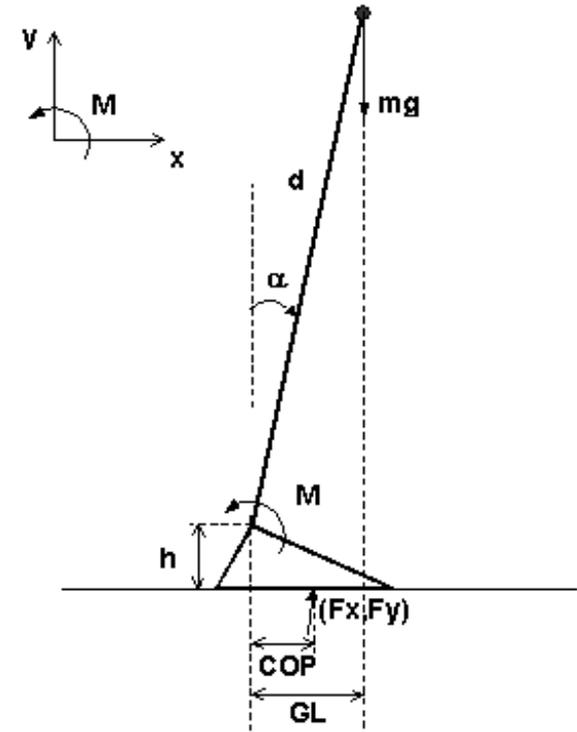
Postura quieta: modelo biomecânico simples



Modelo do Pêndulo Invertido

Variações:

1. COM
2. COP
3. Força de Gravidade (aplicada ao COM)
4. Reação do Terreno (aplicada ao COP)

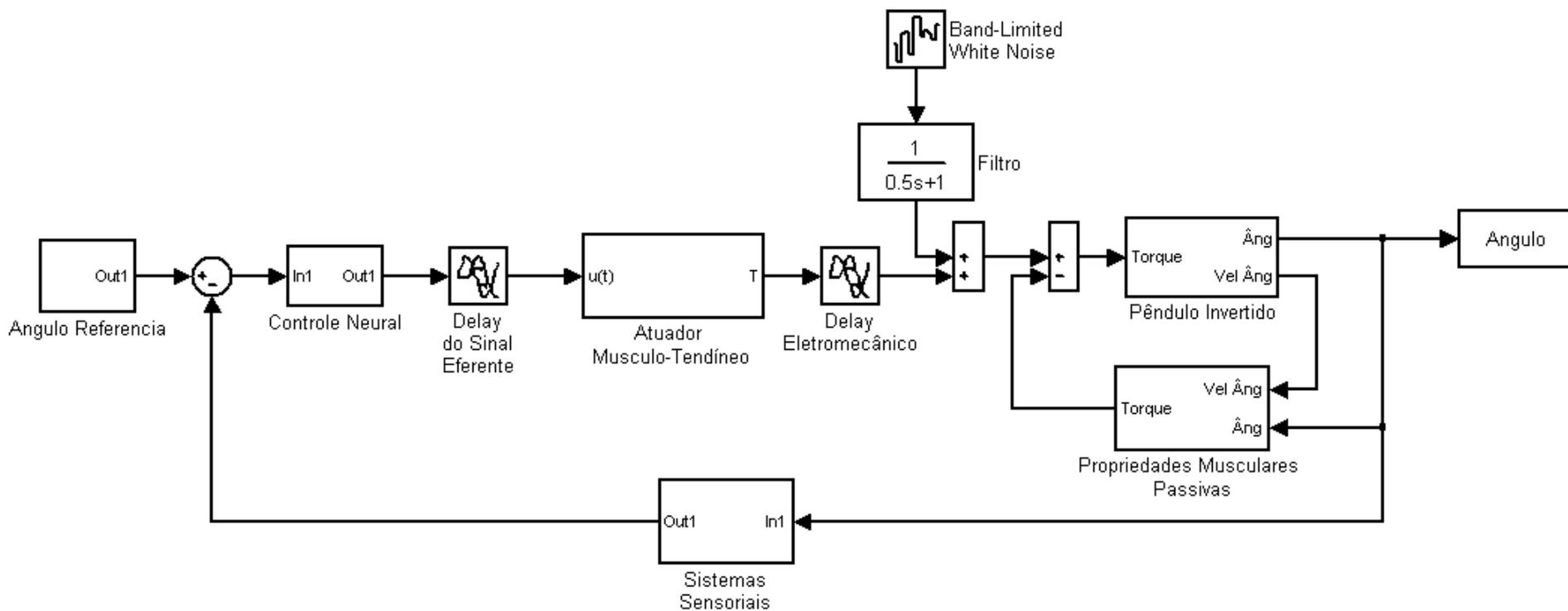


Torque no Tornozelo:

$$M - m \cdot g \cdot d \cdot \sin \alpha = I \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2}$$

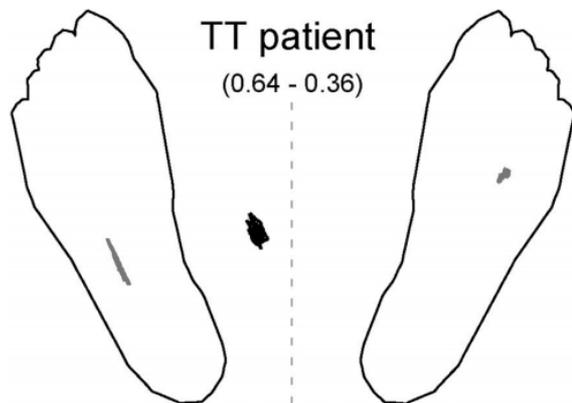
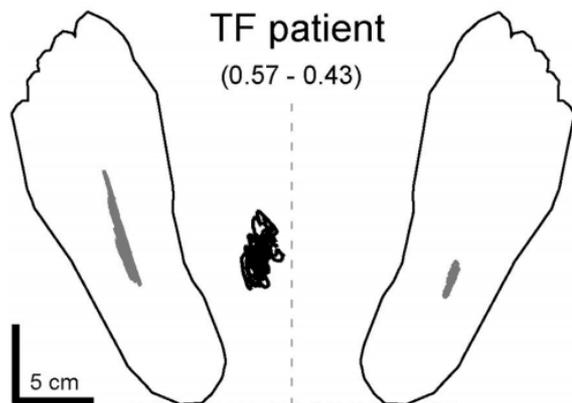
$$-\left(\frac{I}{d} + m \cdot h\right) \cdot \frac{d^2 GL}{dt^2} + m \cdot g \cdot GL = m \cdot g \cdot COP$$

Postura quieta: modelo biomecânico simples



Postura quieta: em amputados

Sound leg Amputated leg

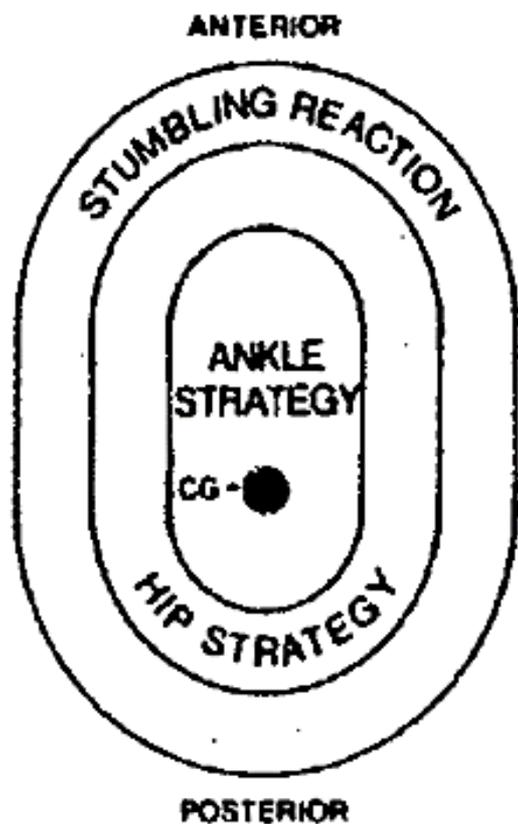


- ✓ Maiores deslocamentos do COP
 - ✓ transfemural > transtibial > controle
- ✓ Assimetria da distribuição de peso
- ✓ Maior peso aplicado na perna não-amputada

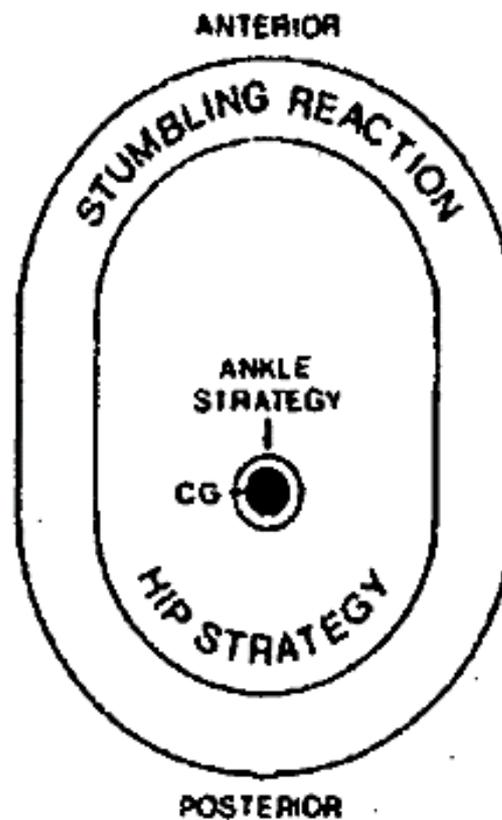
Rougier e Bergeau 2009, Am J Phys Med Rehabil

Postura quieta: efeito do envelhecimento

A. NORMAL



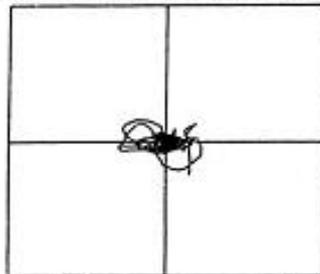
B. ELDERLY



Postura quieta: efeito do envelhecimento

Older Non-Faller

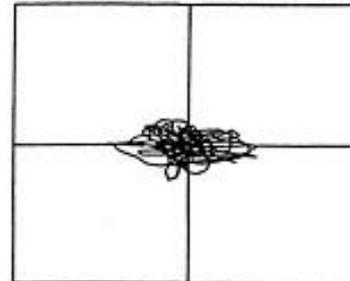
Firm Surface - No Task



Sway

Older Non-Faller

Firm Surface - Sentence Completion



Sway

Older Faller

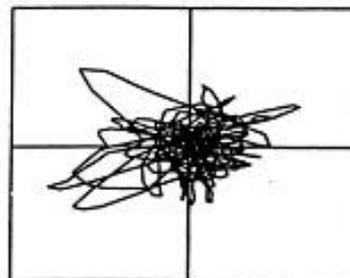
Firm Surface - No Cognitive Task



Sway

Older Faller

Firm Surface - Sentence Completion



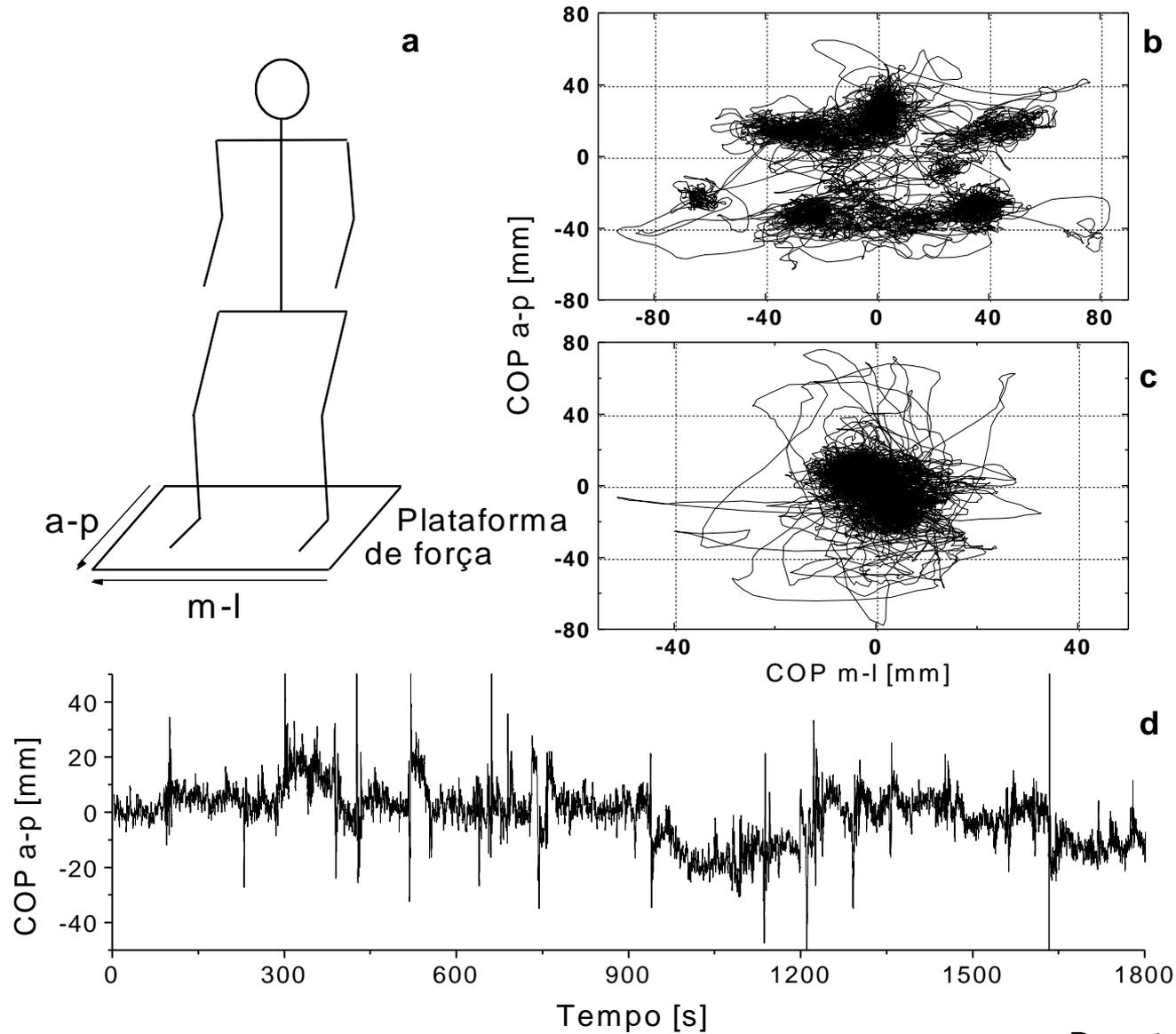
Sway

Shumway-Cook et al. (1997)

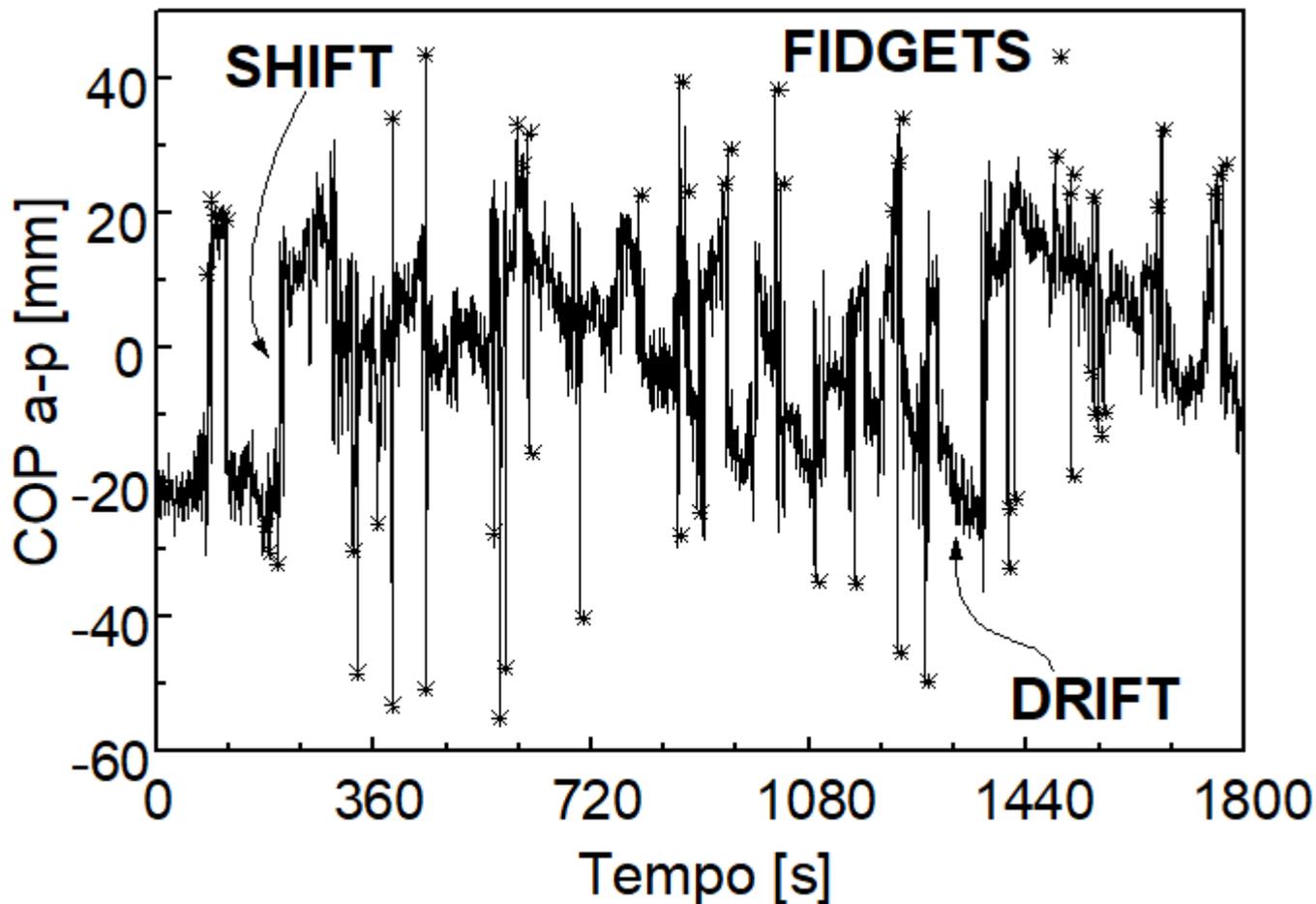
Postura em pé natural: posturas assimétricas e mudança da posição do corpo periodicamente enquanto mantém uma postura do corpo relativamente fixa.

A contínua e lenta oscilação de baixa amplitude é comumente interrompida por mudanças posturais caracterizadas por movimentos rápidos e de grande amplitude.

Postura prolongada



Duarte & Zatsiorsky, 2000



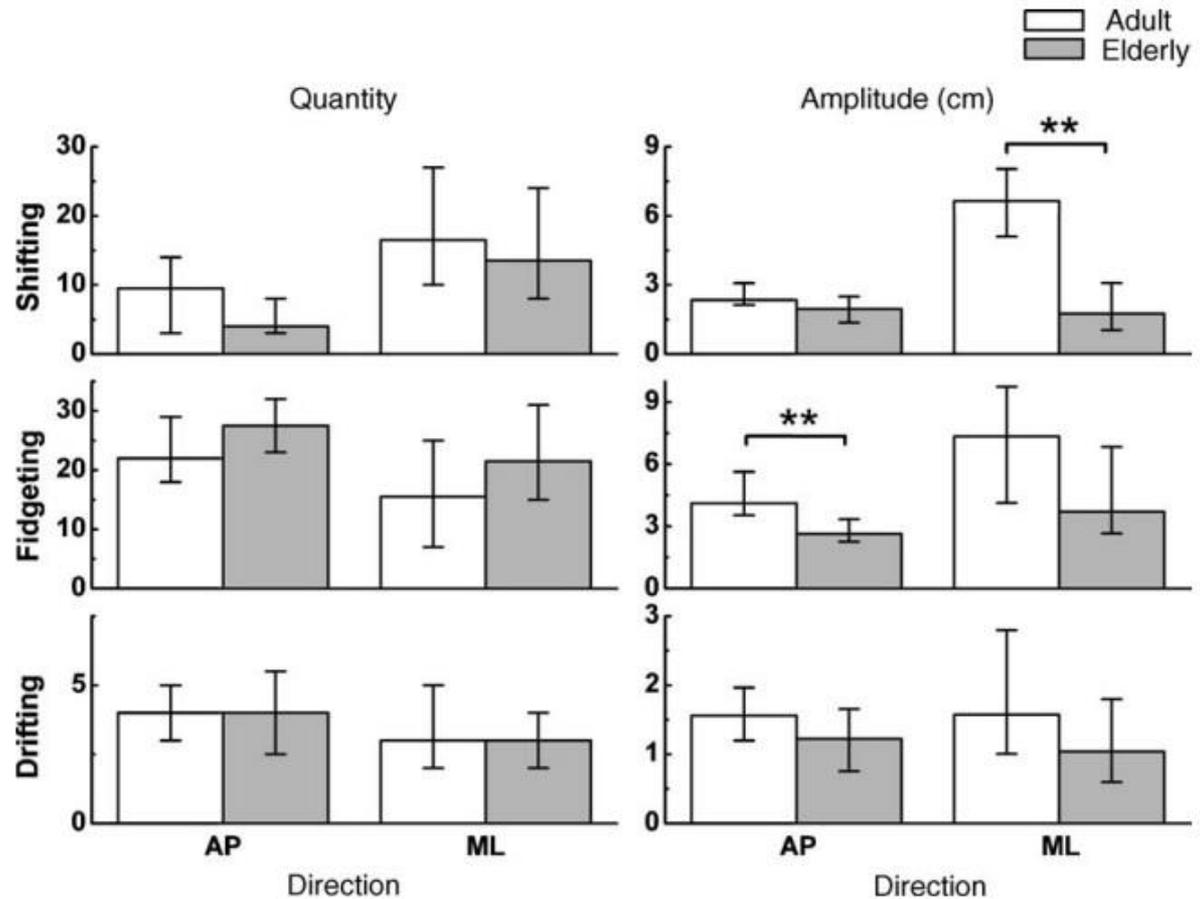
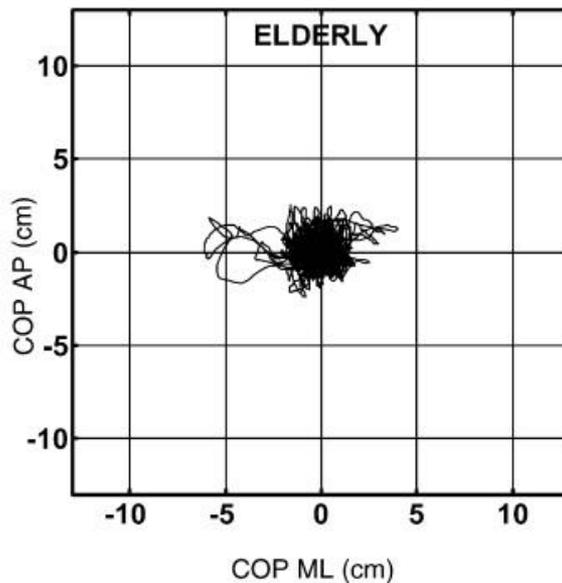
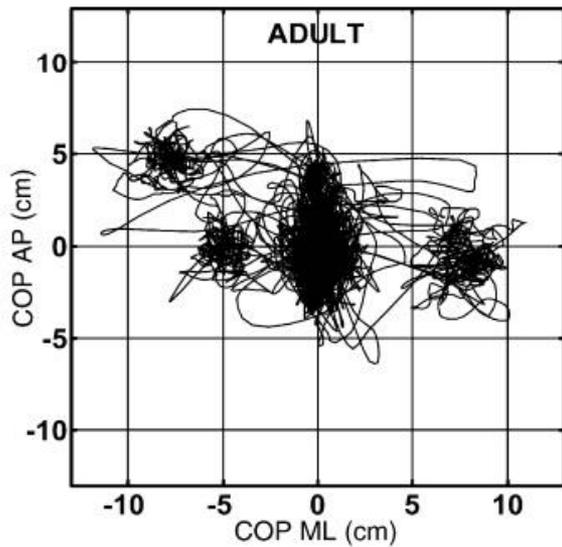
Shifting (degrau): rápido deslocamento da posição média do COP de uma região para outra;

Fidgeting (pulso): rápido e grande deslocamento do COP e retorno para aproximadamente a mesma posição;

Drifting (rampa): lento e contínuo deslocamento da posição média do COP.

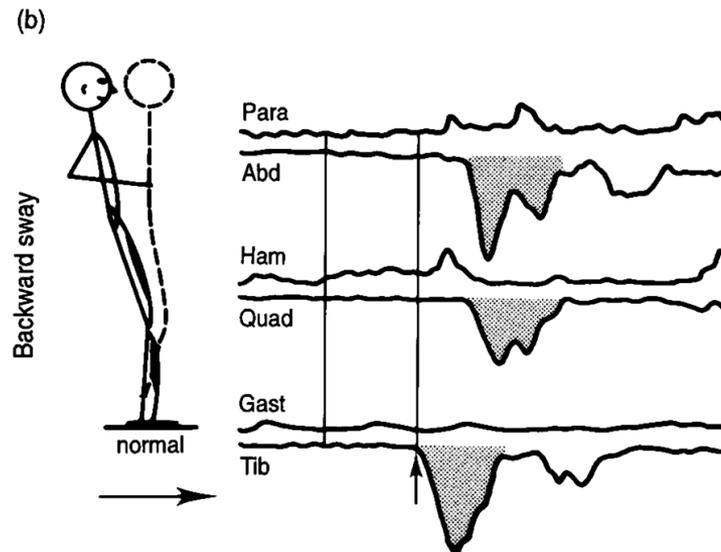
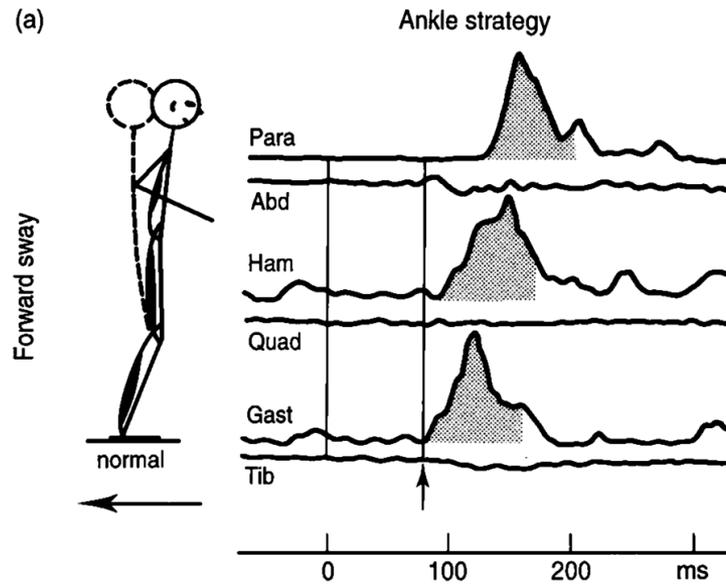
Duarte & Zatsiorsky, 1999; 2000

Postura prolongada



Freitas et al, 2005

Postura dinâmica



Neuroanatomia da postura

