

Características do controle motor nas habilidades: movimentos rítmicos, postura, mobilidade e locomoção



Mobilidade

- Independência como seres humanos;
- Capacidade de nos movermos de uma forma independente e segura de um lugar para o outro;
- Inclui vários tipos de tarefas (levantar-se da cama, cadeira, de percorrer ambientes complexos);
- Base móvel de apoio;
- Exemplos: caminhada e corrida;



Mobilidade

- Ambiente fechado previsível: caminhar em superfície imóvel
- Ambiente aberto imprevisível: caminhar em superfície desigual ou móvel



Mobilidade

- Todas as tarefas de mobilidade compartilham três exigências essenciais: Movimento na direção desejada (progressão), controle postural (estabilidade) e capacidade de adaptar-se às condições mutáveis da tarefa e do ambiente (adaptação)



Progressão

Padrão locomotor básico que produz e coordena padrões rítmicos de ativação muscular nas pernas e no tronco, para movimentar o corpo na direção desejada.

É também a capacidade de iniciar e terminar a locomoção e guiá-la na direção de pontos terminais.



Estabilidade

É a necessidade de estabelecer e manter uma postura adequada para a locomoção e também demanda da estabilidade dinâmica dos movimentos do corpo.

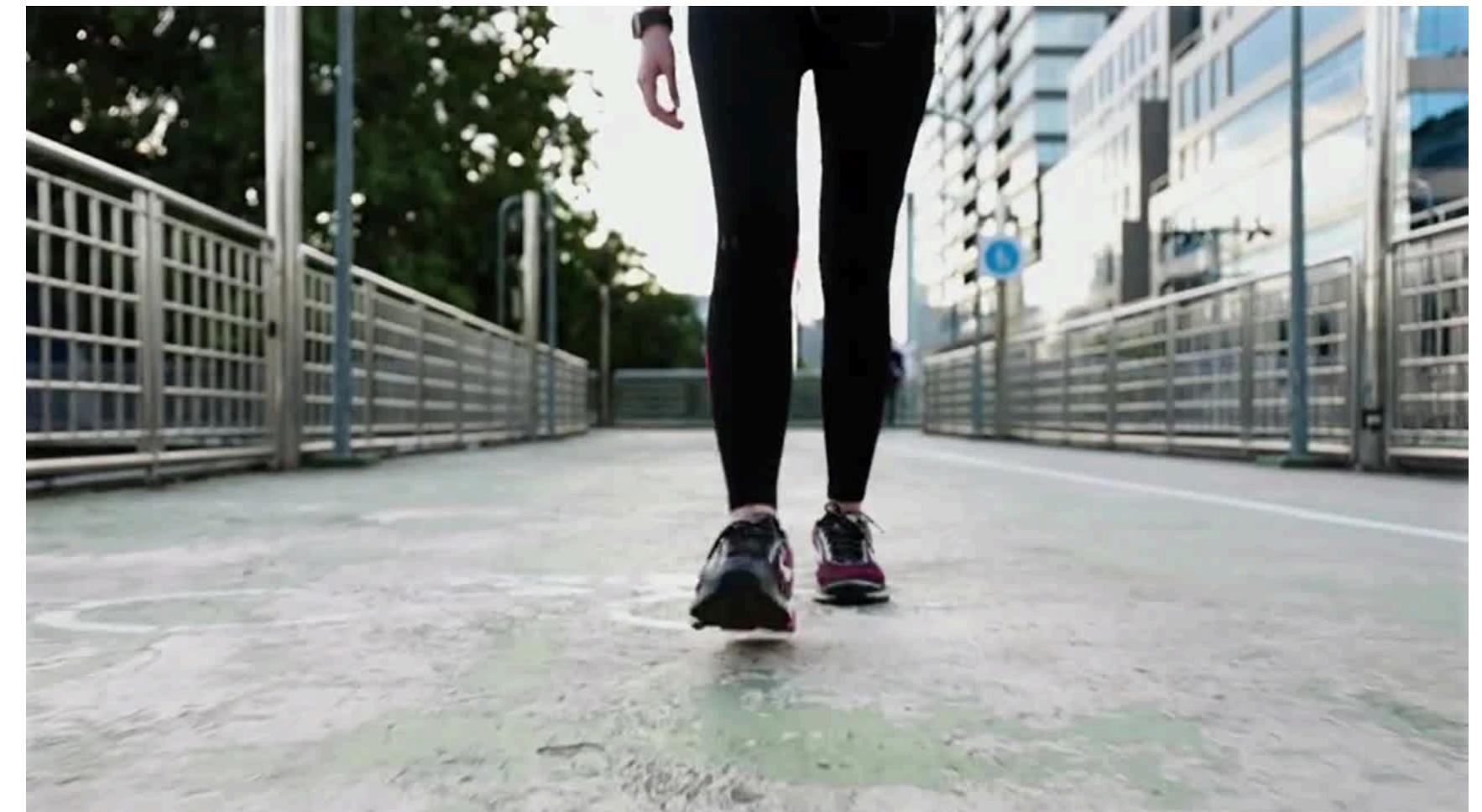
Não se trata de simplesmente contrabalançar a força da gravidade, mas também outras forças esperadas ou inesperadas.



Adaptação

Adaptar o andar de acordo com os objetivos do indivíduo e as demandas do ambiente.

A locomoção bem-sucedida em ambientes desafiadores requer que os padrões de andar sejam adaptados, a fim de evitar os obstáculos, lidar com um terreno desigual e alterar a velocidade e a direção de acordo com a necessidade.





Adaptação

Adaptar o andar de acordo com os objetivos do indivíduo e as demandas do ambiente.

A locomoção bem-sucedida em ambientes desafiadores requer que os padrões de andar sejam adaptados, a fim de evitar os obstáculos, lidar com um terreno desigual e alterar a velocidade e a direção de acordo com a necessidade.





Habilidade de Transferência

- Aspecto importante da mobilidade;
- É dependente da capacidade de mudar de posições de forma segura e independente.

Um indivíduo não pode caminhar quando não consegue se levantar da cadeira ou da cama.



Postura

- Controle da postura:
Orientação e equilíbrio



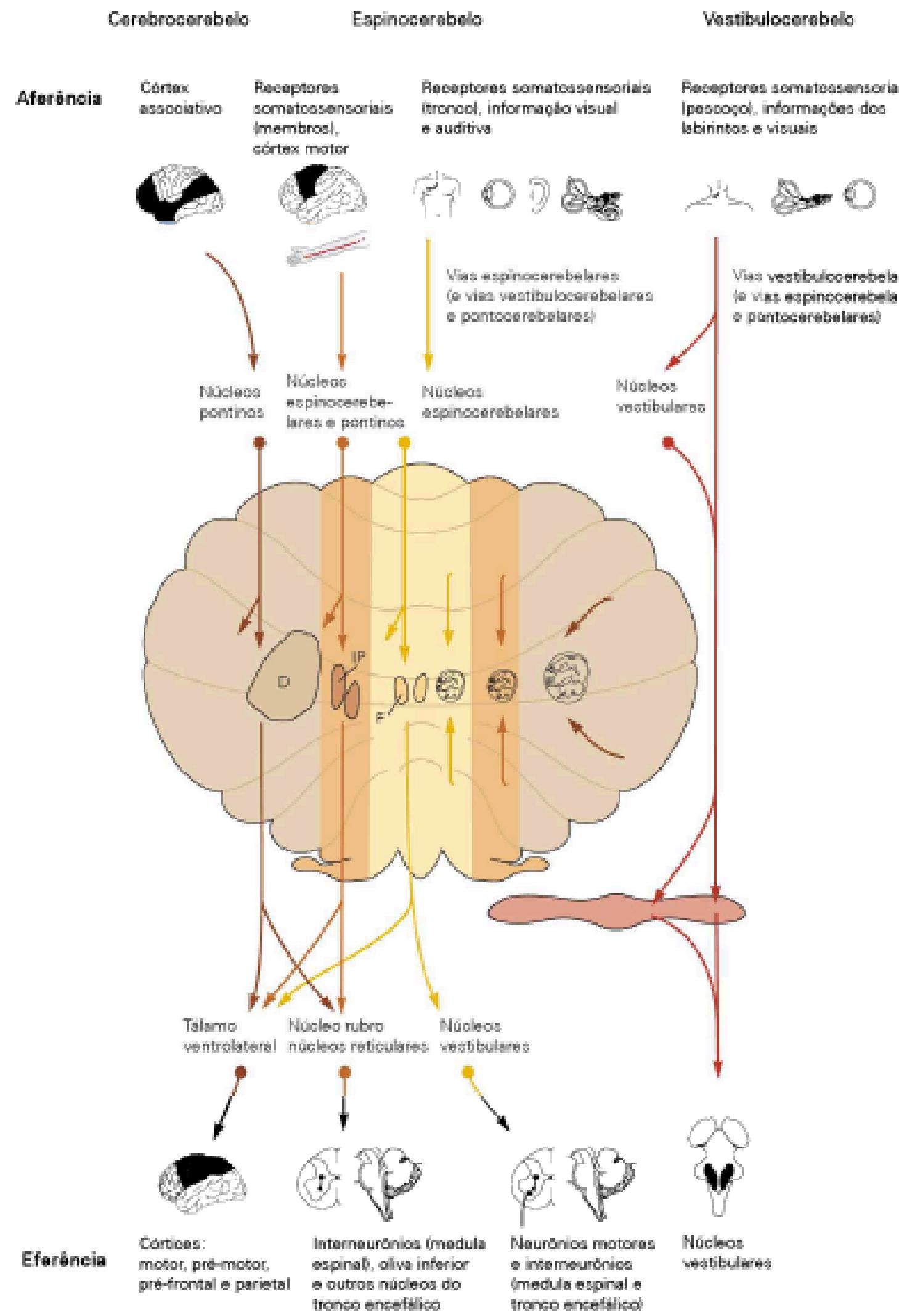
Equilíbrio e a Orientação

O equilíbrio e a orientação são processos sensório-motores distintos.

O equilíbrio postural envolve uma resistência ativa a forças externas que agem sobre o corpo. A força externa dominante que afeta o equilíbrio sobre a Terra é a gravidade.

A orientação postural é o posicionamento dos segmentos corporais em relação uns aos outros e ao ambiente externo.

No processo de estabelecimento de uma orientação vertical, utilizamos referências sensoriais múltiplas, incluindo a gravidade (sistema vestibular), a superfície de apoio (sistema somatossensitivo) e a relação do nosso corpo com os objetos existentes no ambiente (sistema visual).



Vestibulocerebelo: recebe aferências vestibulares e visuais, projeta-se aos núcleos vestibulares no tronco encefálico e participa no equilíbrio.

Espinocerebelo: recebe aferências somatossensoriais e proprioceptivas da medula espinal.

O verme recebe aferência visual, auditiva e vestibular, além de aferência somatossensorial da cabeça e das partes proximais do corpo.

Cerebrocerebelo: quase todas as aferências e eferências dessa região envolvem conexões com o córrix cerebral.

Os hemisférios laterais parecem ter participação no planejamento e execução do movimento.



Espinocerebelo e os núcleos da base

- Adaptação da postura

Distúrbios no espinocerebelo (síndrome alcoólica do lobo anterior) e com déficits dos núcleos da base (Parkinson), promovem dificuldades posturais.

Isso sugere que o espinocerebelo e os núcleos da base assumem funções complementares na adaptação das respostas posturais a condições variáveis.



Espinocerebelo e os núcleos da base

- Espinocerebelo

Permite que a magnitude das respostas posturais se adapte com base na experiência .

- Núcleos da base

Ajustes rápidos da postura corporal quando as condições mudam de modo repentino, para assegurar que as respostas posturais sejam aproximadamente corretas.

Ambos regulam o tônus muscular e a força para os ajustes posturais voluntários, mas, não são necessários para disparar ou estabelecer os padrões posturais básicos.



Córtex cerebral

- Os centros do córtex cerebral contribuem para o controle postural
A maioria dos movimentos voluntários, que iniciam no córtex cerebral, requer ajustes posturais que devem ser integrados com o objetivo primário do movimento quanto à duração e à amplitude.

O córtex cerebral tem mais controle sobre ajustes posturais antecipatórios do que sobre reações posturais automáticas.

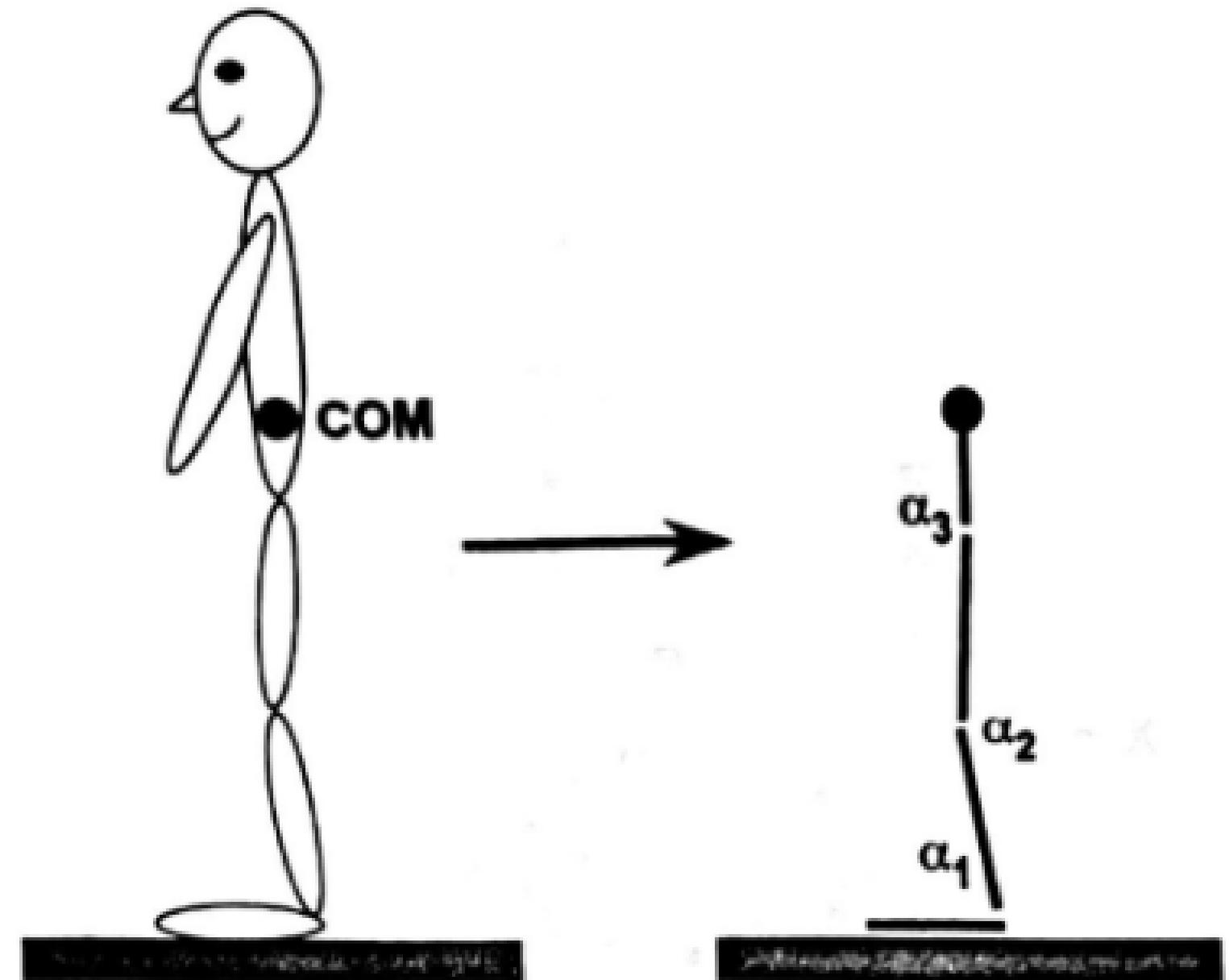
Existem estudos usando eletroencefalograma (EEG) mostrando que áreas do córtex cerebral são ativadas pela antecipação de uma perturbação postural antes que uma resposta postural automática seja iniciada. Isso corrobora com a ideia de que o córtex optimiza o controle do equilíbrio como parte do planejamento motor.



Postura

- Problemas associados a posição

A postura vertical humana é inherentemente instável por causa do centro relativamente alto da localização da massa (cerca de 1m acima do solo)



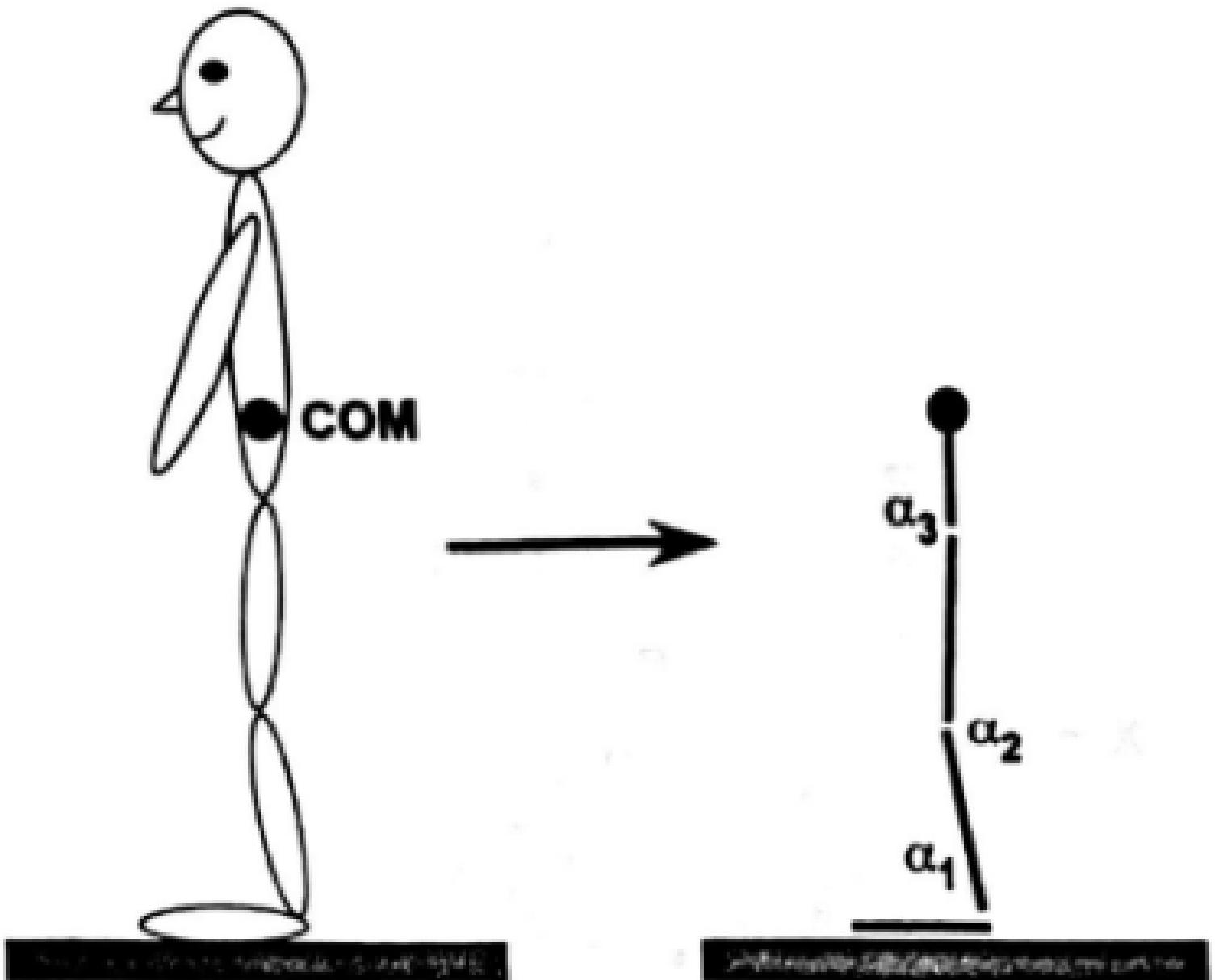


Equilíbrios postural

- Centro de pressão/centro de massa.
É o ponto que representa a posição média da massa total do corpo.

A gravidade atrai todos os segmentos corporais, mas, o efeito resultante sobre o corpo atua por meio do centro de massa.

O centro de pressão é a resultante entre a reação do solo que ocorre em um ponto imaginário no solo em função da ação da gravidade.



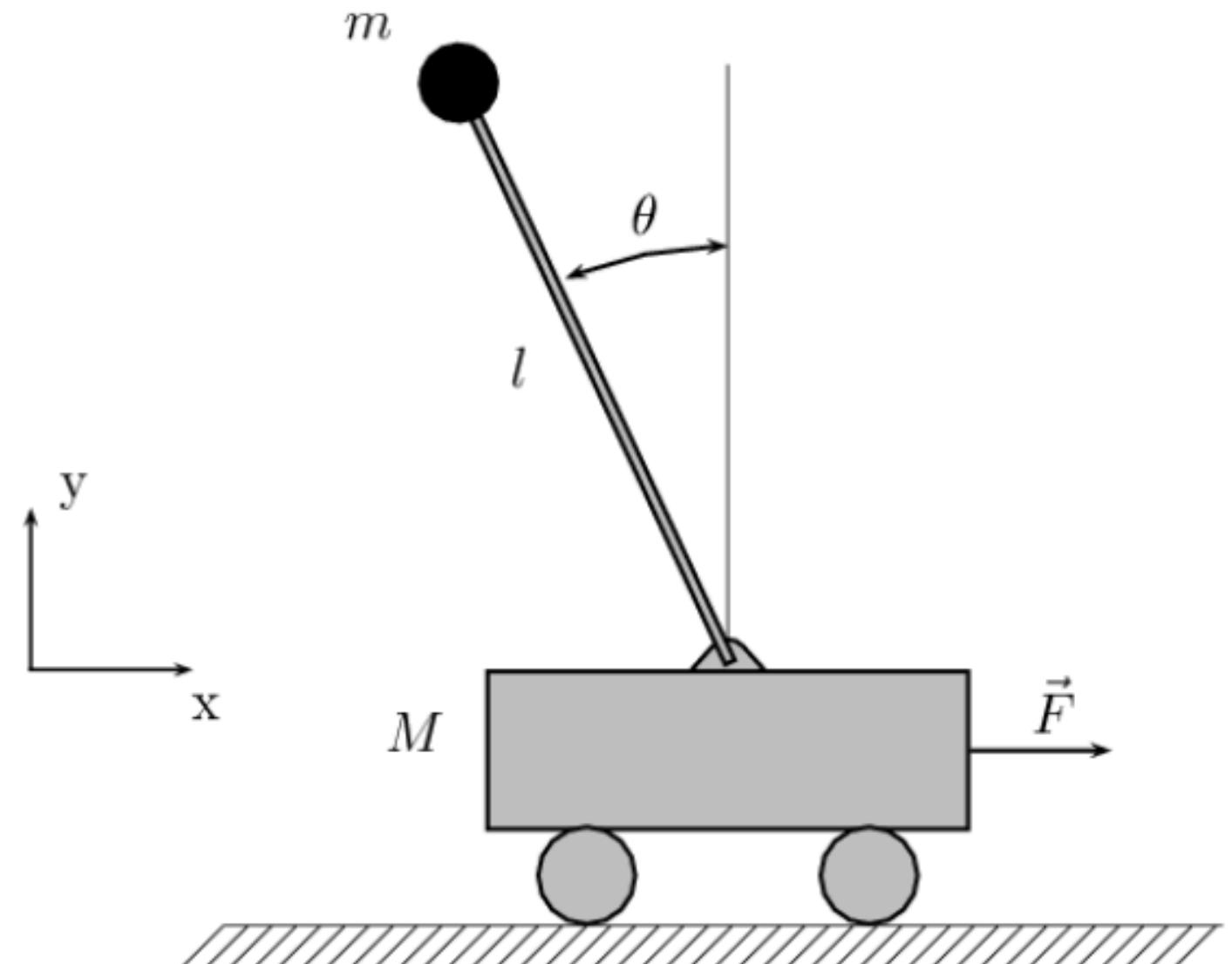


Postura

- Oscilação postural

Quando uma pessoa tenta ficar parada, o centro de massa demonstra pequenos desvios aparentemente caótico. Esses desvios não intencionais são chamados de oscilação postural.

É observada essa oscilação como um pêndulo invertido.





Postura

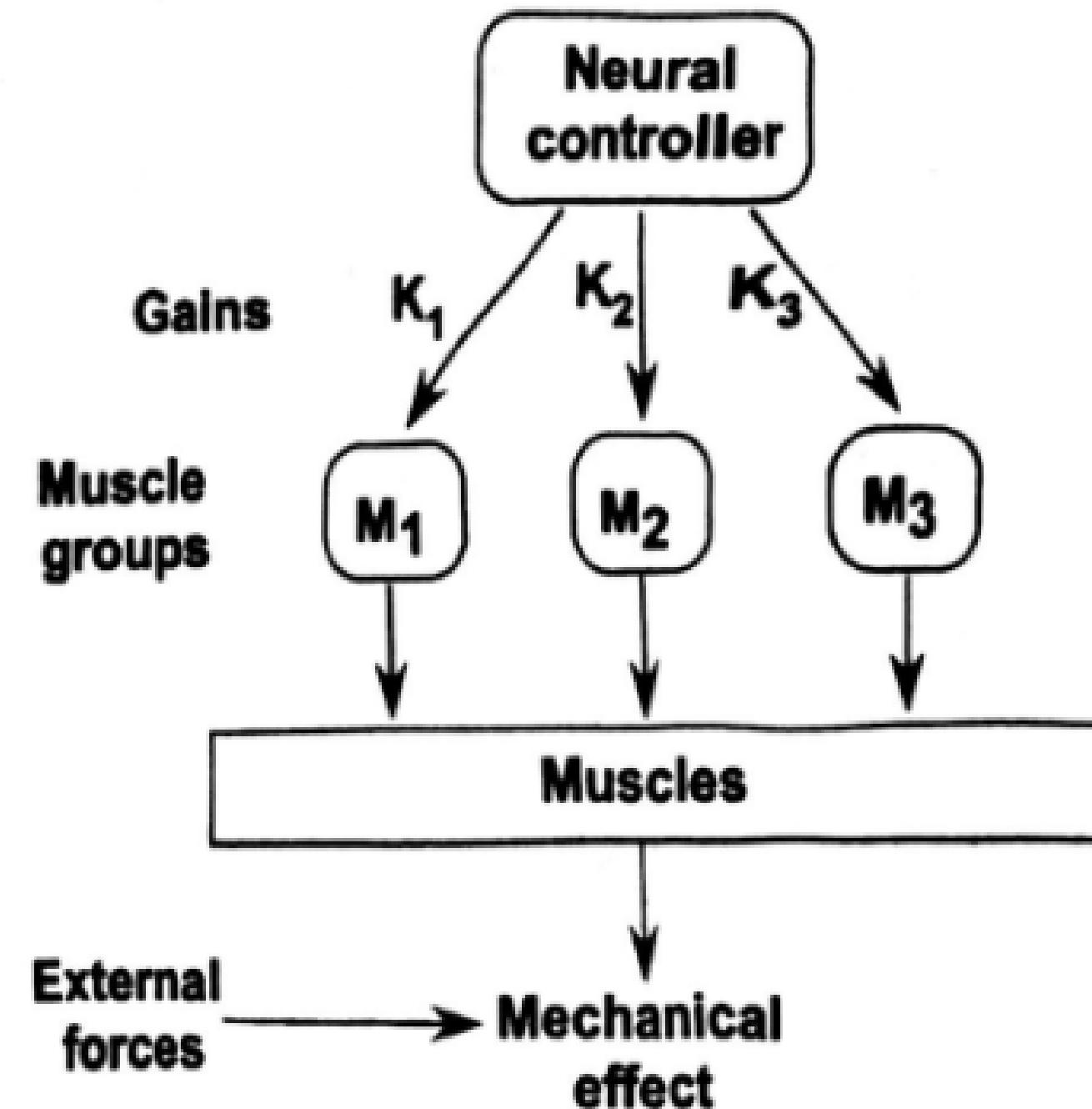
- O equilíbrio durante o apoio requer ativação muscular;
- Dependência do comprimento e da velocidade da força muscular, co-contração e pré-flexos



Postura

- Sinergias musculares em tarefas posturais

Estudos clássicos mostram que é improvável que o cérebro especifique os níveis de ativação muscular de maneira individual. O que ocorre, na verdade é uma união desses músculos em grupos específicos de tarefas e variáveis de controle são usadas para ajustar os níveis de ativação muscular dentro de cada grupo.



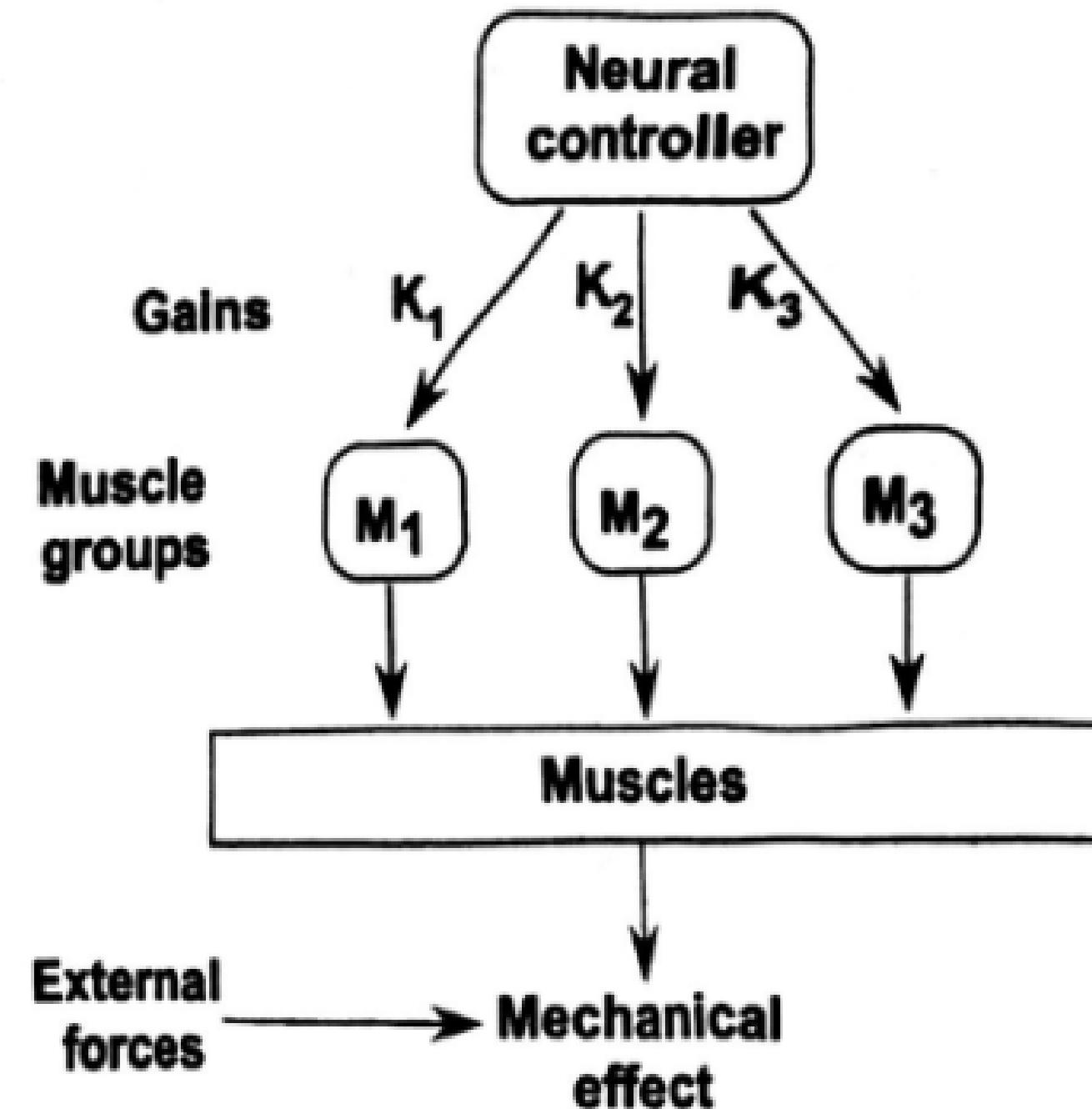


Postura

- Sinergias musculares em tarefas posturais

Estudos clássicos mostram que é improvável que o cérebro especifique os níveis de ativação muscular de maneira individual. O que ocorre, na verdade é uma união desses músculos em grupos específicos de tarefas e variáveis de controle são usadas para ajustar os níveis de ativação muscular dentro de cada grupo.

Controle hierárquico



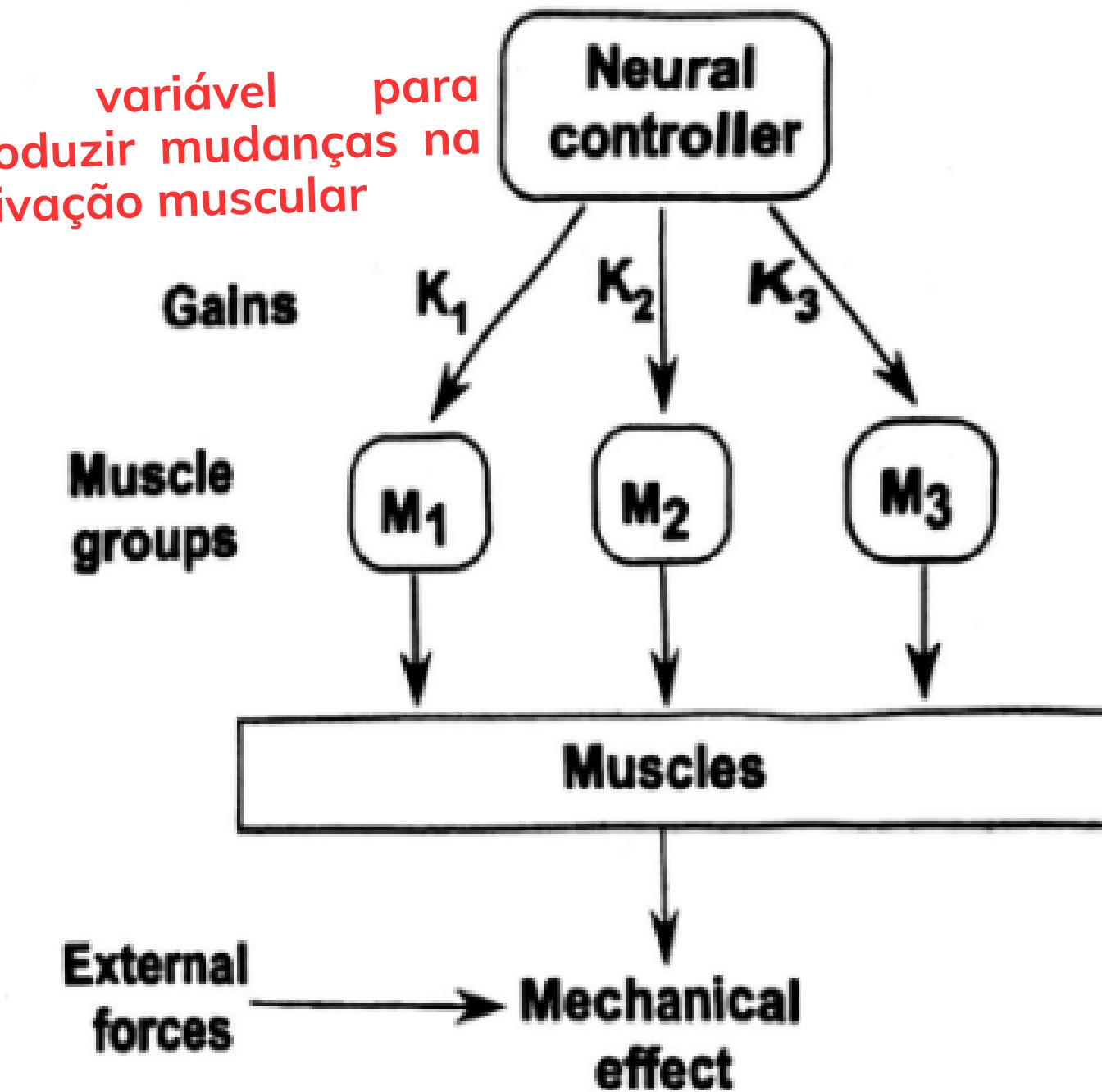


Postura

- Sinergias musculares em tarefas posturais

Estudos clássicos mostram que é improvável que o cérebro especifique os níveis de ativação muscular de maneira individual. O que ocorre, na verdade é uma união desses músculos em grupos específicos de tarefas e variáveis de controle são usadas para ajustar os níveis de ativação muscular dentro de cada grupo.

Controle hierárquico



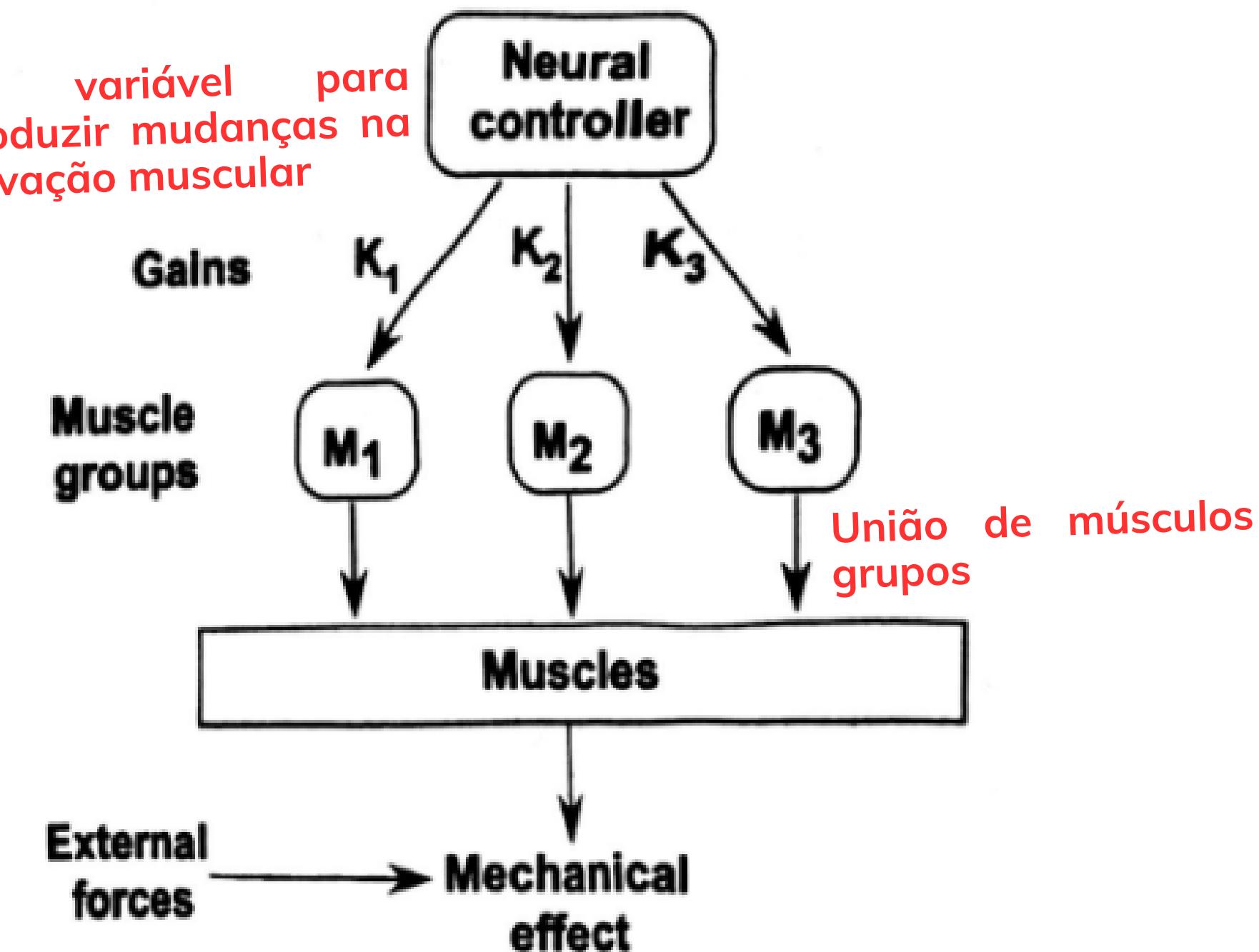


Postura

- Sinergias musculares em tarefas posturais

Estudos clássicos mostram que é improvável que o cérebro especifique os níveis de ativação muscular de maneira individual. O que ocorre, na verdade é uma união desses músculos em grupos específicos de tarefas e variáveis de controle são usadas para ajustar os níveis de ativação muscular dentro de cada grupo.

Controle hierárquico

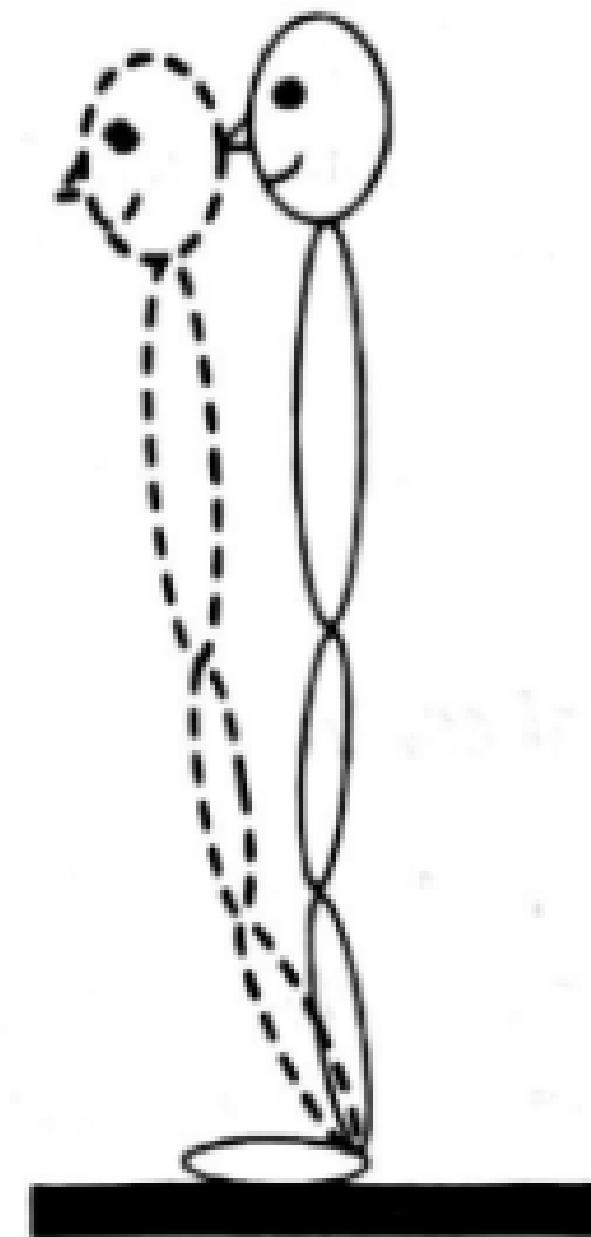




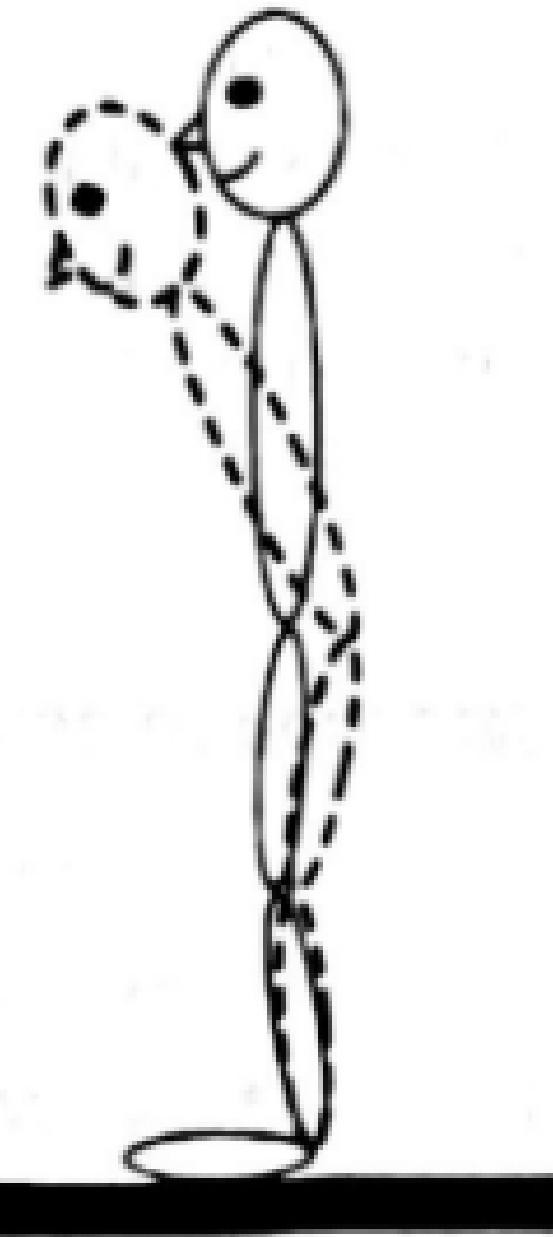
Postura

- reações pré-programadas a perturbações posturais

(A) Ankle Strategy



(B) Hip Strategy





Respostas posturais automáticas

- Contrapõem-se às pertubações inesperadas
- paradoxo postura-movimento e a hipótese do ponto de equilíbrio



Respostas posturais automáticas

- Paradoxo postura-movimento

Meados do século XX, uma série de mecanismos que ajudam a estabilizar a postura (articulação, membro ou todo o corpo) haviam sido descritos.

Sabe-se que qualquer perturbação mecânica da postura produz forças resistivas devido a uma série de mecanismos de estabilização da postura.

Erich Von Holst questionou o seguinte: como podemos passar de uma postura para outra sem desencadear resistência de todos esses mecanismos de estabilização da postura?

Exemplo: alguém empurra você para trás e isso desencadeia uma série de ativações para moverem o corpo para a posição original, mas, se a mesma pessoa faz isso consigo mesma, o fenômeno não ocorre.



Respostas posturais automáticas

- Princípio de referência

Von Holst mostrou que quando o sistema nervoso central (SNC) envia um chamado para realizar um movimento, ele também gera uma cópia desse comando, chamada de cópia eferente, servindo como uma “previsão” do que o sistema sensorial deve esperar como resultado do movimento.

Em movimentos involuntários, essa cópia parece não estar relacionada.



Respostas posturais automáticas

- Hipótese do ponto de equilíbrio
O controle neural resulta na definição de uma configuração de referência do corpo.

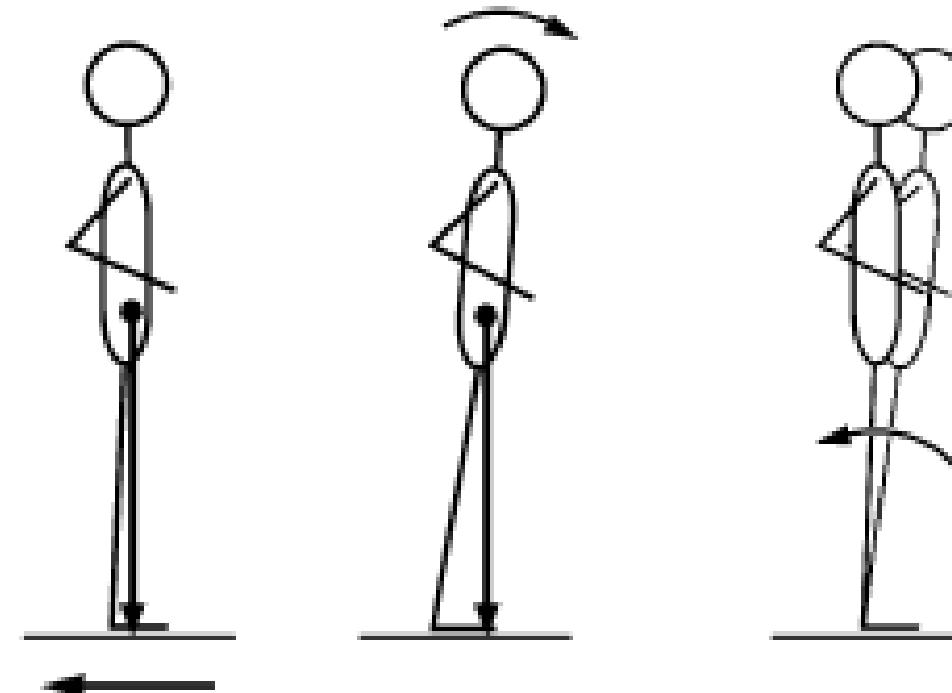
Se uma configuração corporal real coincidir com a referente, nenhuma ativação muscular é observada



- Respostas posturais automáticas mantêm a projeção para baixo do centro de massa dentro dos limites da base de sustentação

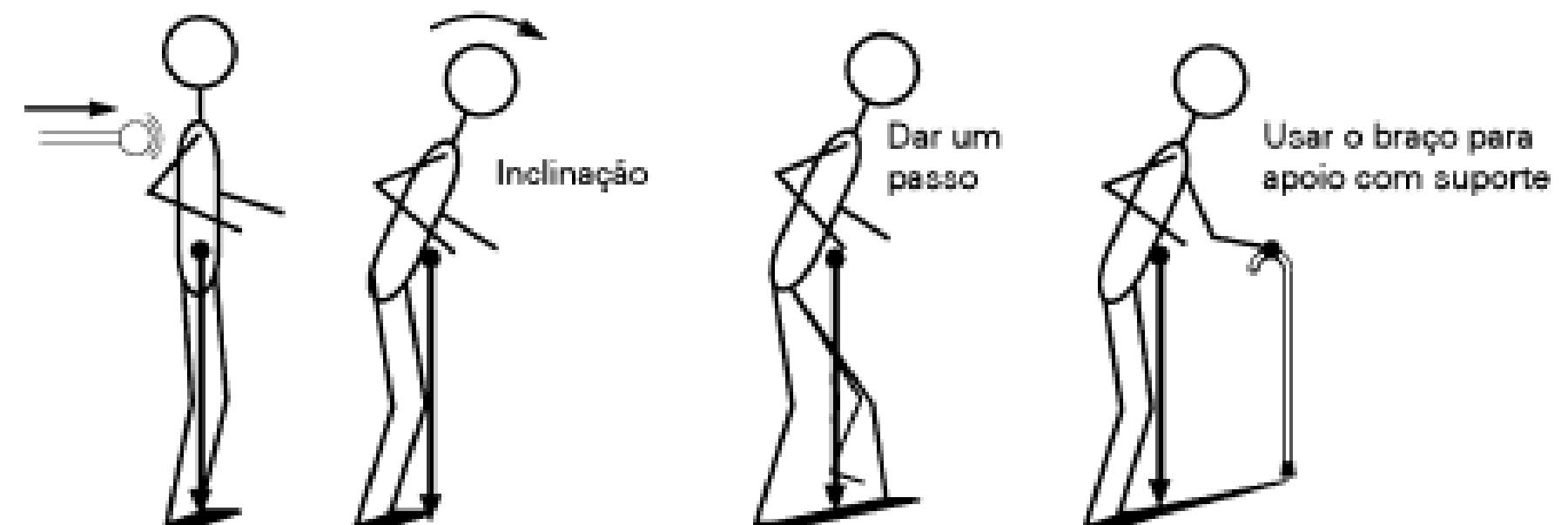
A Trazendo o centro de massa de volta para a base de sustentação

- 1 A superfície é movida para trás
- 2 O corpo inclina-se para a frente
- 3 Recuperação



B Estendendo a base de sustentação para recuperar o centro de massa

- 1 Perturbação
 - 2 Respostas
- Inclinação
- Dar um passo
- Usar o braço para apoio com suporte





Ajustes posturais antecipatórios (APA's)

- APAS's

São vistos cerca de 100ms antes da ativação dos músculos que iniciam a ação focal pretendida.

A visão tradicional sobre APAs é que ela representam consequências de comandos neurais gerados em antecipação a uma perturbação previsível.

Tem saída por feedforward



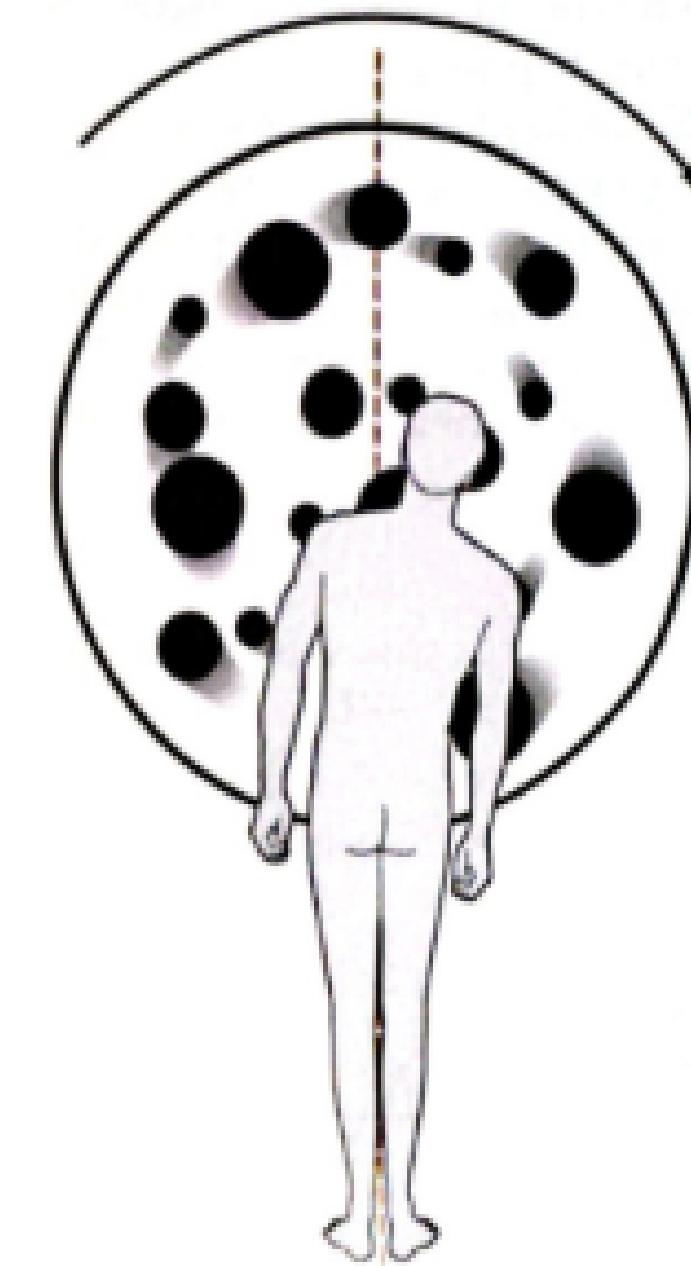
Integração sensorial - equilíbrio e orientação

- Somatossensorial;
- Vestibular;
- Informação visual

A "Orientação conforme a força gravitacional-inercial"



B "Orientação conforme o campo visual em rotação"

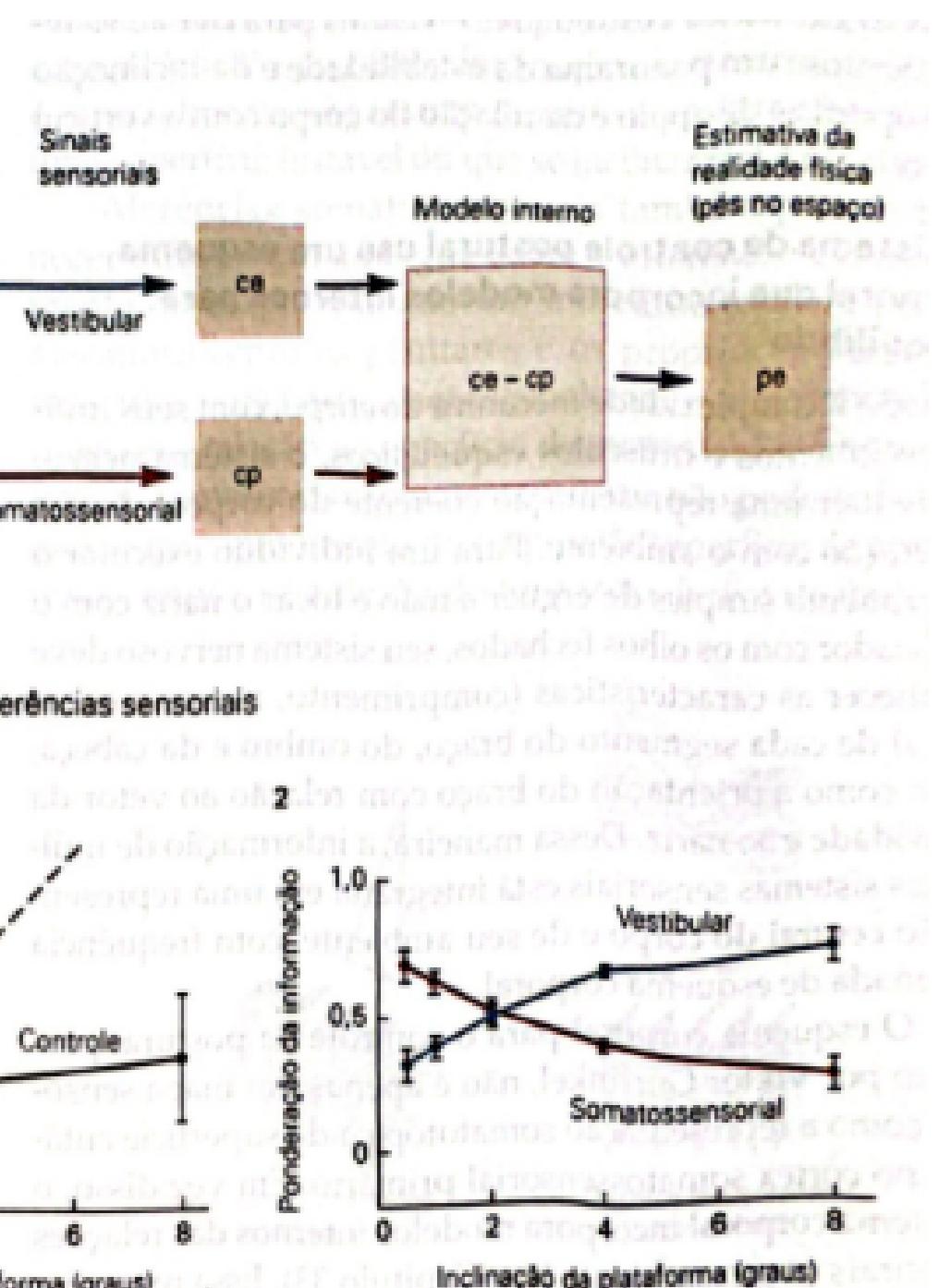
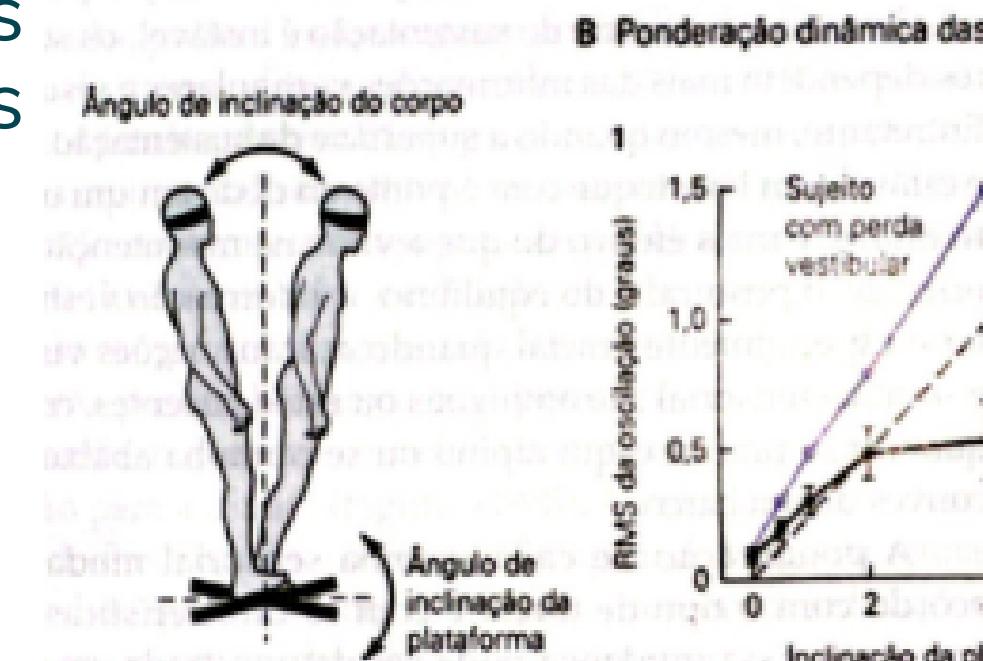
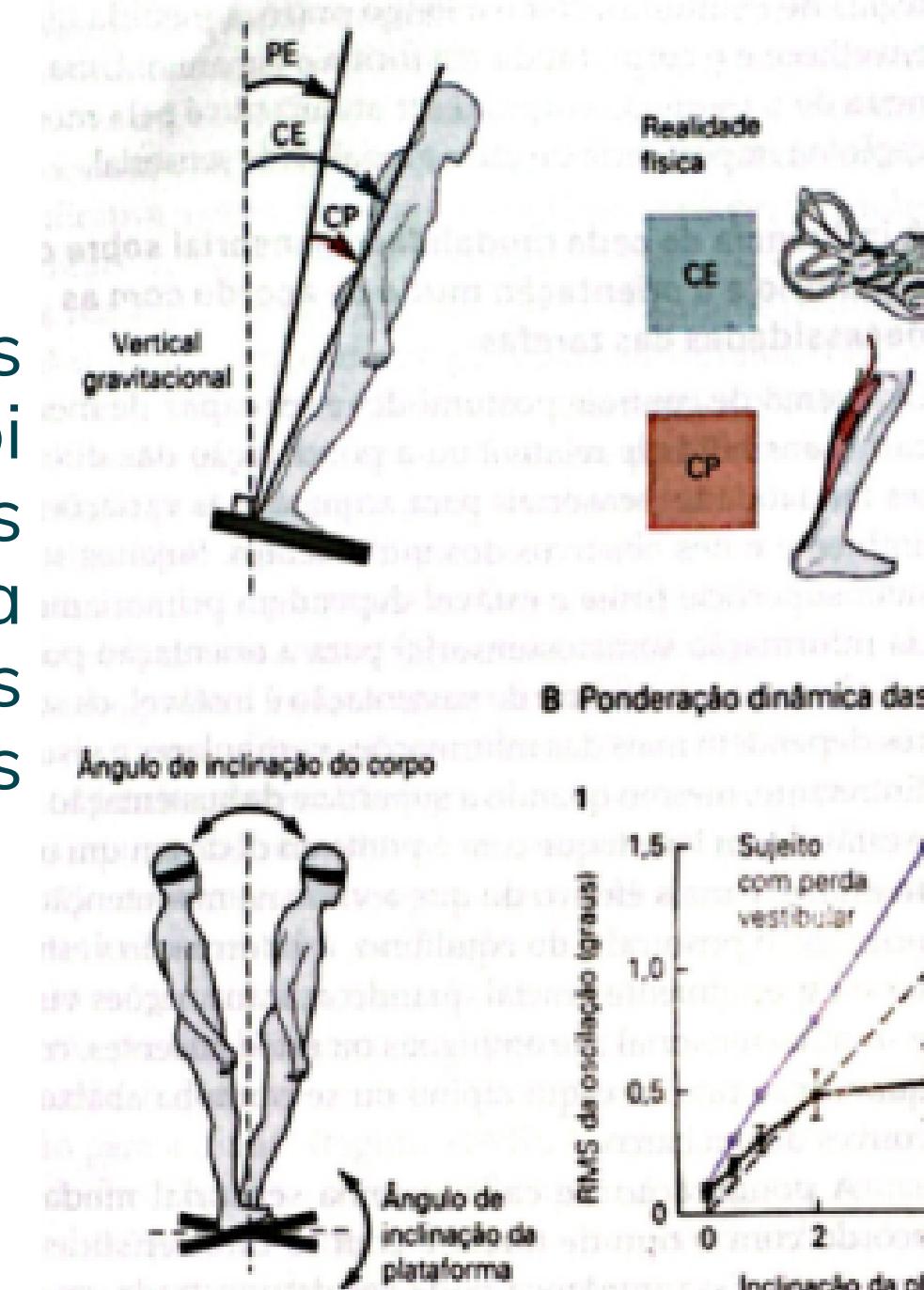




Sistema de controle postural

- Incorporação de modelos internos

Modelos internos são representações mentais que o nosso cérebro constrói para simular e prever as consequências de nossos movimentos (sistema nervoso deve estimar as variáveis físicas que não são sentidas diretamente).





Postura

- Efeitos do toque leve na postura

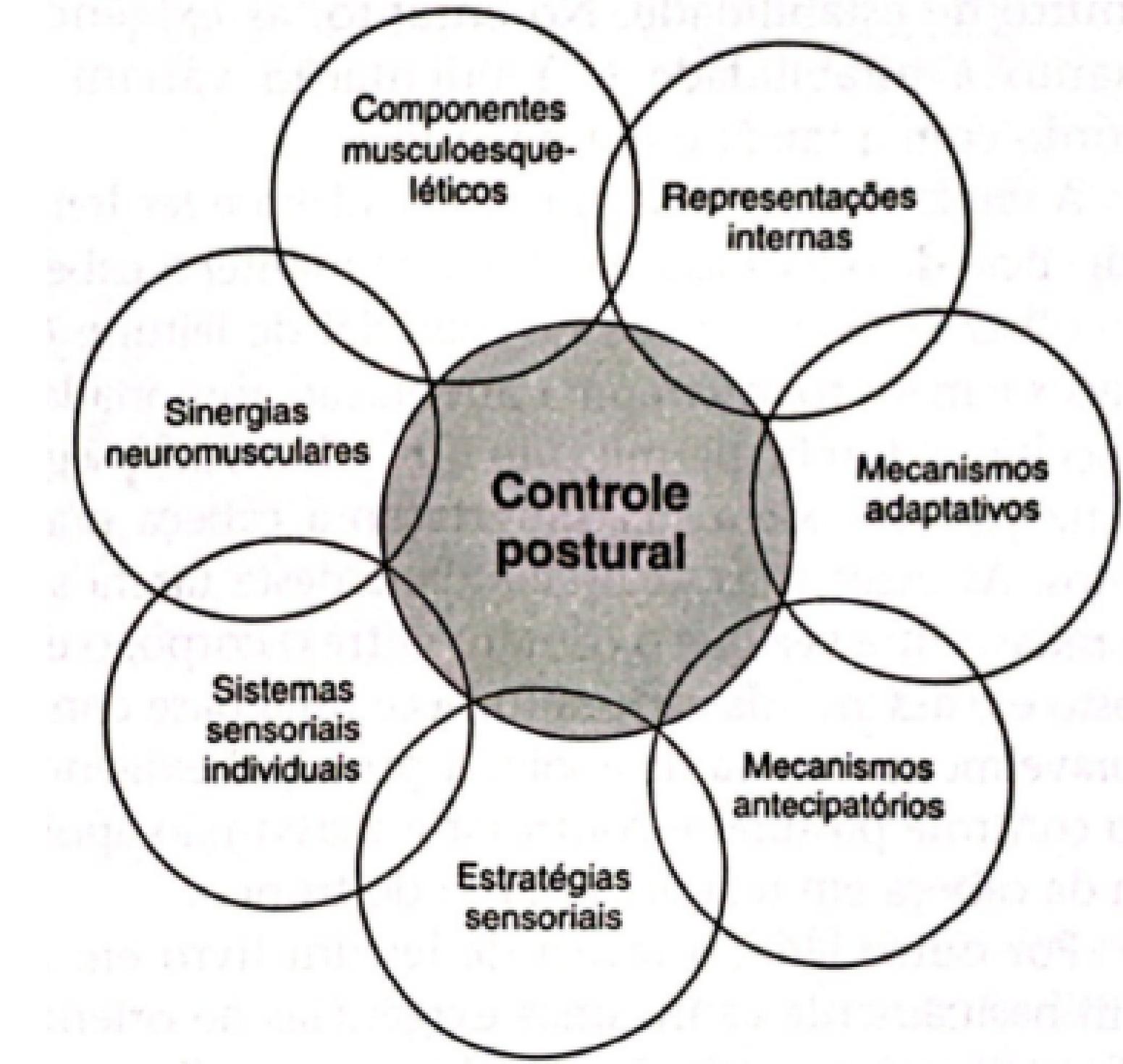
O toque permite que o sistema nervoso central esteja mais confiante na localização atual do corpo e na margem de segurança, ou seja, a distância do centro de projeção de massa até a base.



Postura

- Preparação para dar um passo
É intermediada entre o controle da postura e locomoção.

Para iniciar o movimento do corpo em uma direção desejada, normalmente para frente, as forças externas da superfície de suporte precisam ser alteradas adequadamente.

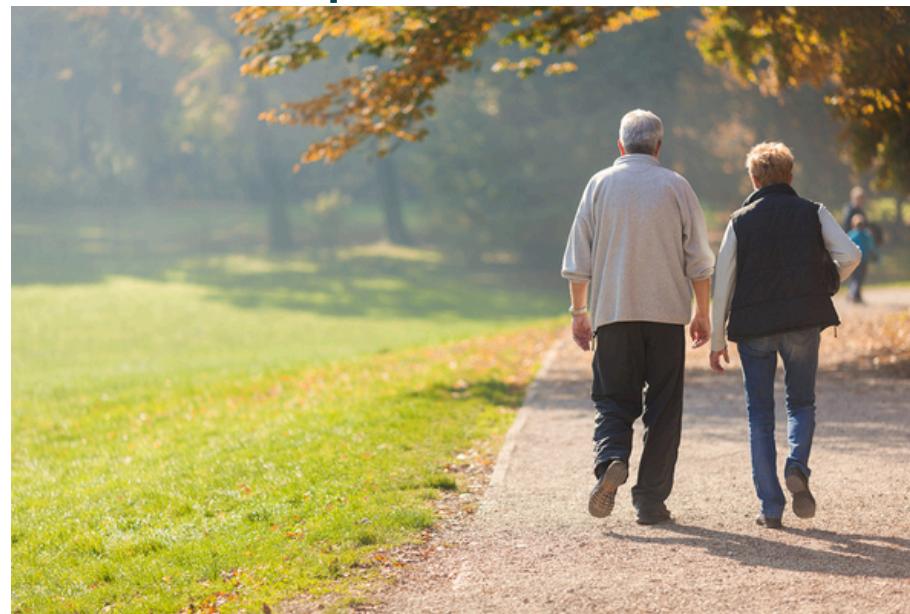




Locomoção

É a atividade motora que leva a uma mudança na localização de todo o corpo no espaço externo.

Movimentos ritimados e alternados do corpo.



(Latash, 2012; Kandel et al., 2014)



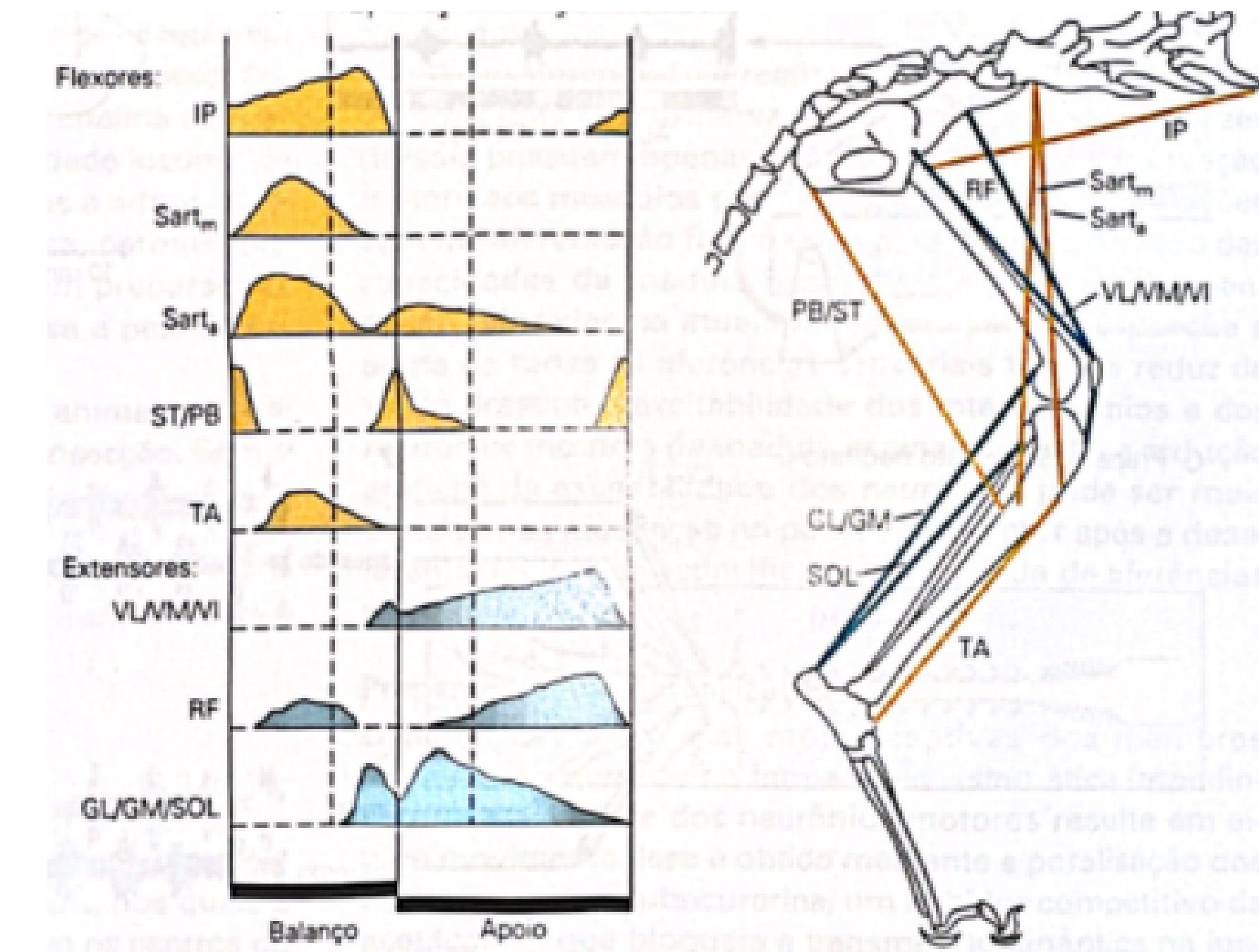
Locomoção

- Circuitos espinais podem gerar padrões locomotores complexos

A medula espinal gera descargas rítmicas de atividade recíproca nos neurônios motores, neste caso da locomoção, falamos dos flexores e extensores de membros inferiores, mesmo com a ausência de aferência sensorial.

O estudo conduzido por Graham Brown propôs que as contrações dos músculos flexores e extensores dos membros posteriores é controlada por redes mutuamente inibitórias.

Fadiga das conexões inibitórias





Aferência sensorial

- A aferência dos membros em movimento regula a marcha
Embora a marcha seja automática, não é necessariamente estereotipada (movimentos extremamente semelhantes).

Usamos constantemente aferências sensoriais para ajustar seus padrões de passadas em função de variações do terreno e para condições antecipadas ou inesperadas.

Essas aferências são fornecidas predominantemente por três sistemas sensoriais:

- Visual
- Vestibular
- Somatossensorial



Vias descendentes

Início e controle adaptativo dos passos;

Vias do tronco encefálico determinam o início da marcha e controlam sua velocidade;

O cerebelo faz o ajuste fino dos padrões locomotores pela regulação da frequência e da intensidade da sinalização descendente;



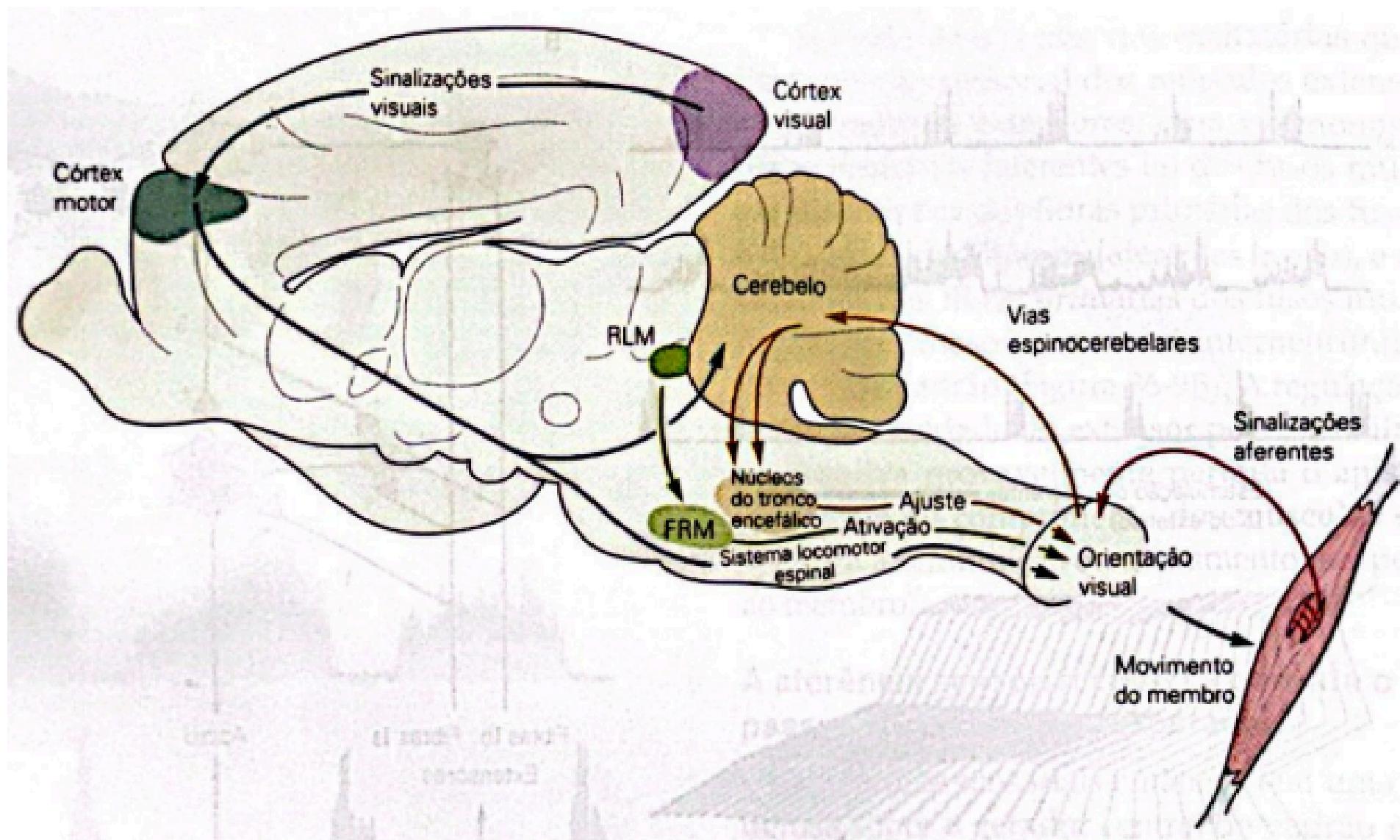
Vias descendentes

A regulação supraspinal da marcha pode ser dividida em três sistemas funcionais.

Um dos sistemas ativa o sistema locomotor espinal, determina o início da locomoção e controla de forma global a velocidade da locomoção;

O outro ajusta o padrão motor em resposta à retroalimentação dos membros;

E o terceiro orienta o movimento do membro por informações visuais.

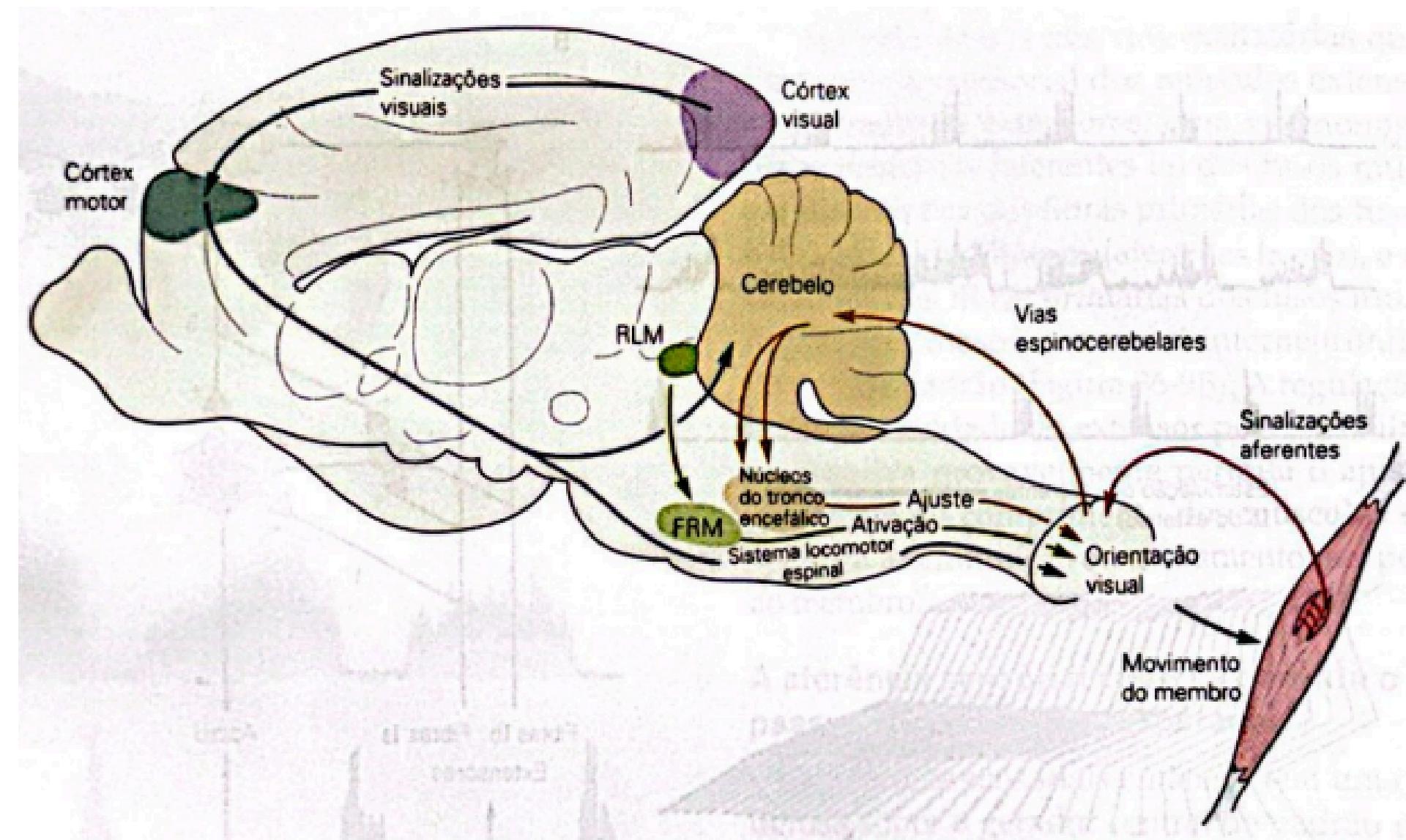




Vias descendentes

O cerebelo faz o ajuste fino dos padrões locomotores pela regulação da frequência e da intensidade da sinalização descendente;

Recebimento de informação sensorial atualizada sobre os movimentos da marcha, assim como informação sobre o estado dos geradores centrais de padrão.





Córtex motor e informação visual

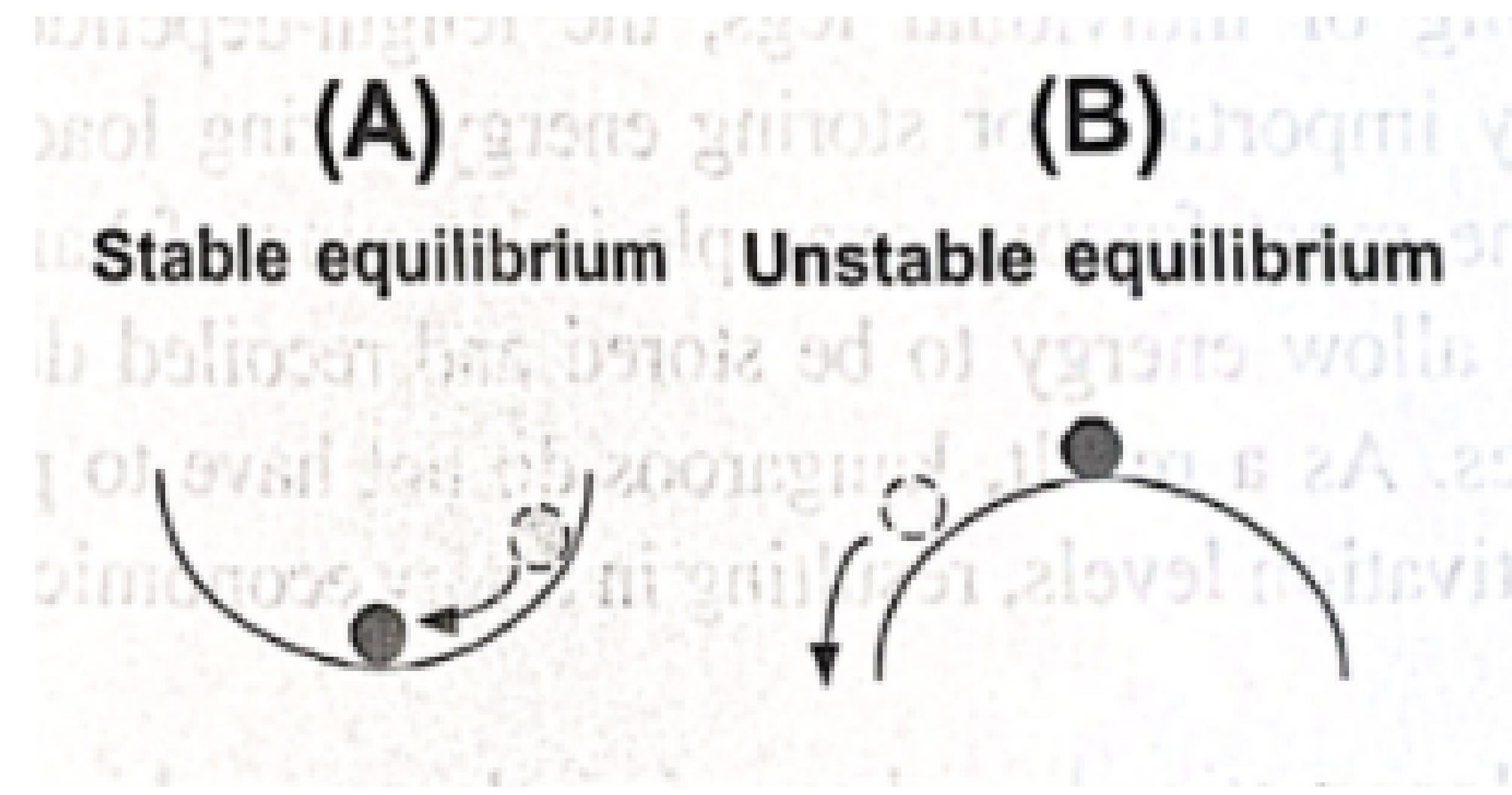
A marcha normal é guiada regularmente pela visão, e o córtex motor é essencial para os movimentos visualmente guiados.

Lesões no córtex motor não suprimem a marcha de animais em superfícies planas ou levemente inclinada, mas dificultam de forma grave as tarefas que requerem alto nível de coordenação visuomotora, como andar sobre degraus de uma escada de mão.



Locomoção

- Estabilidade estática e dinâmica

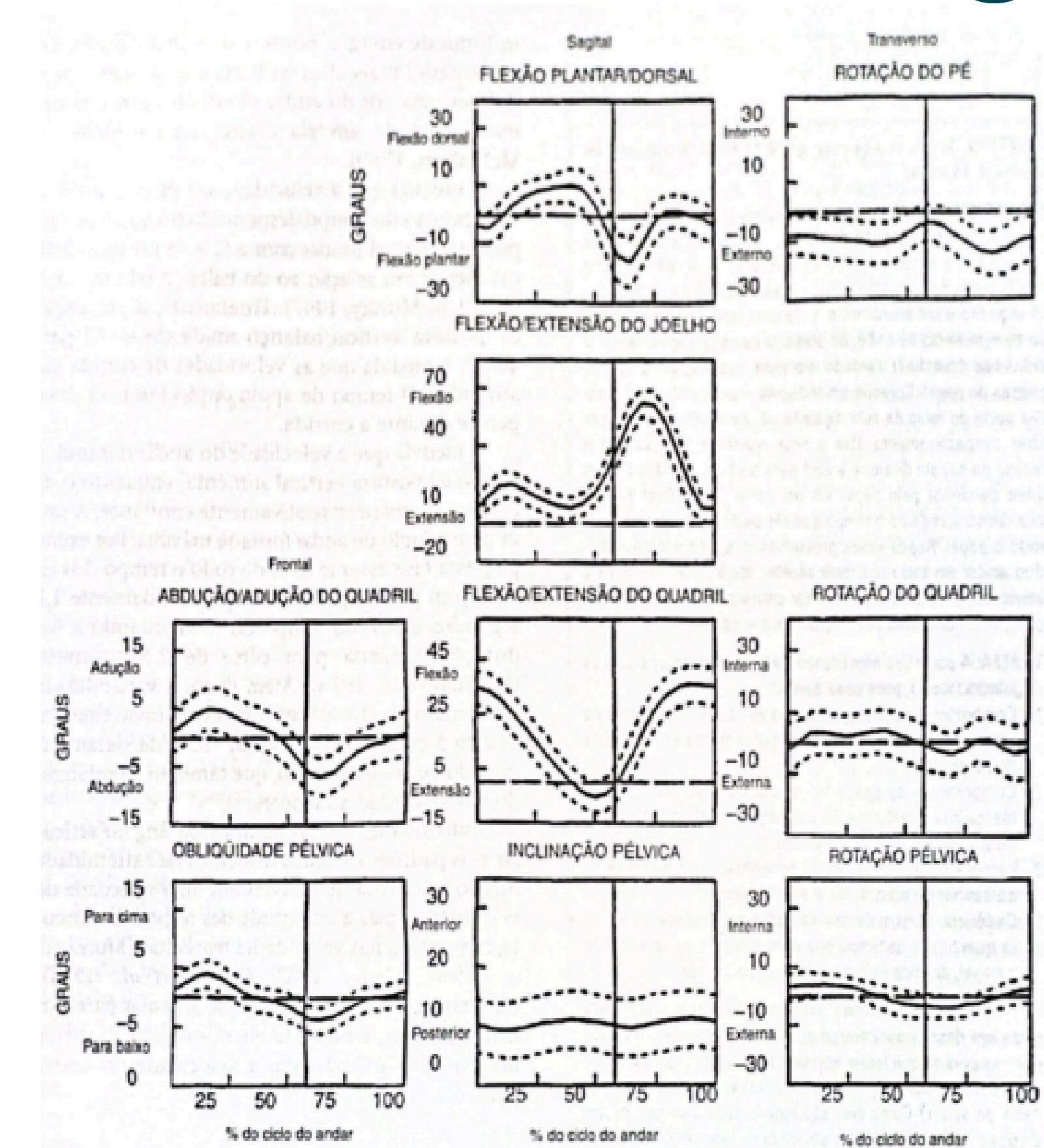




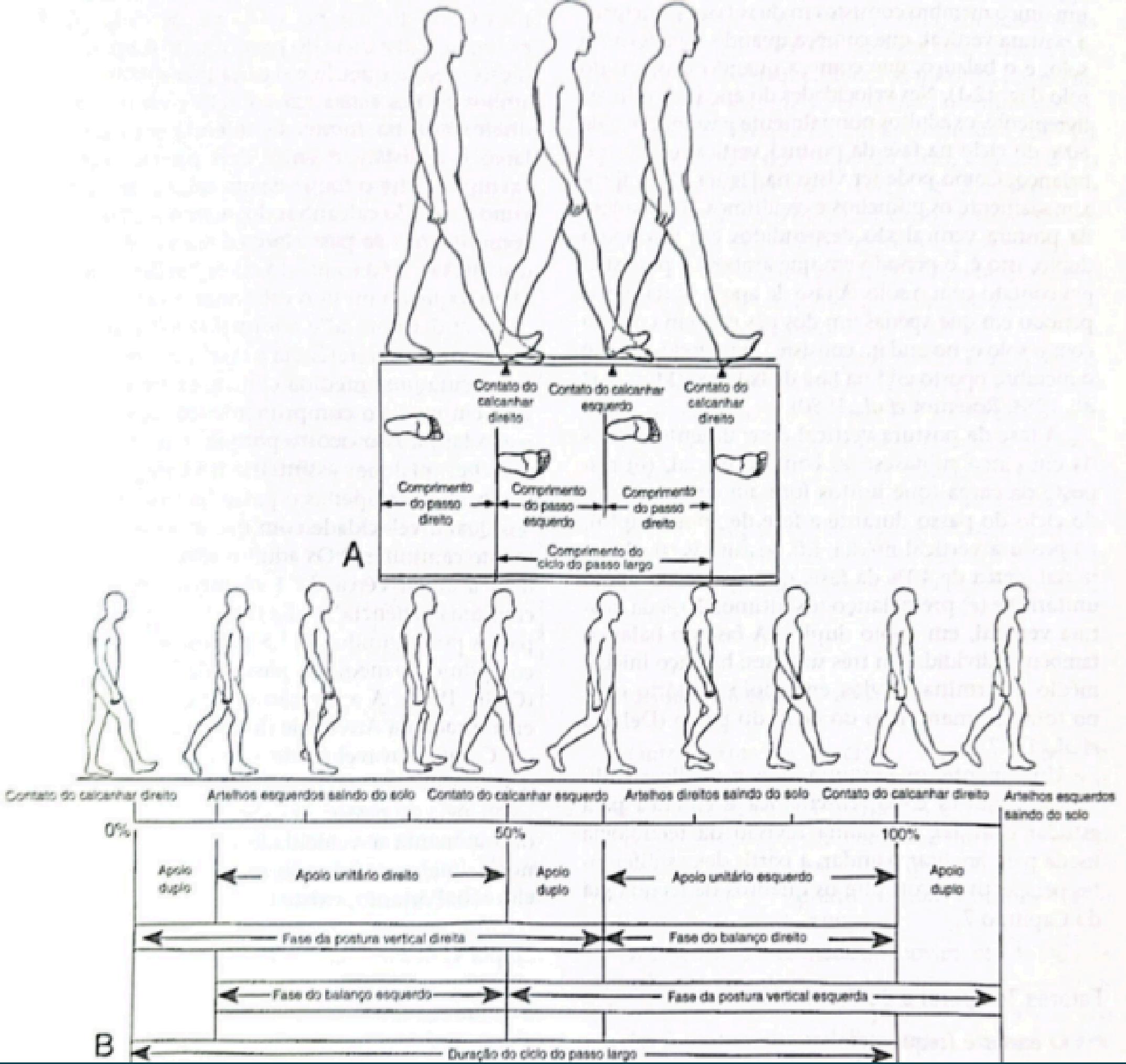
Marcha

É uma sequência complexa de contrações musculares e que diferem entre os animais e dependem fortemente das propriedades dos músculos e tendões.

Como a locomoção envolve carga e descarga cíclicas de pernas individuais, a dependência do comprimento das forças musculares e tendinos é essencial para armazenar energia.



Ciclo da marcha



(Shumway-Cook; Woollacott, 2003)



Mecanismos de controle para o andar

- Feedback sensorial e adaptação ao andar;
Uma exigência da locomoção normal é a capacidade de adaptar o andar a uma série amplamente variável de ambientes.

Em animais cuja as informações sensoriais são removidas, tornam os padrões dos passos mais lentos e estereotipados.



Mecanismos de controle para o andar

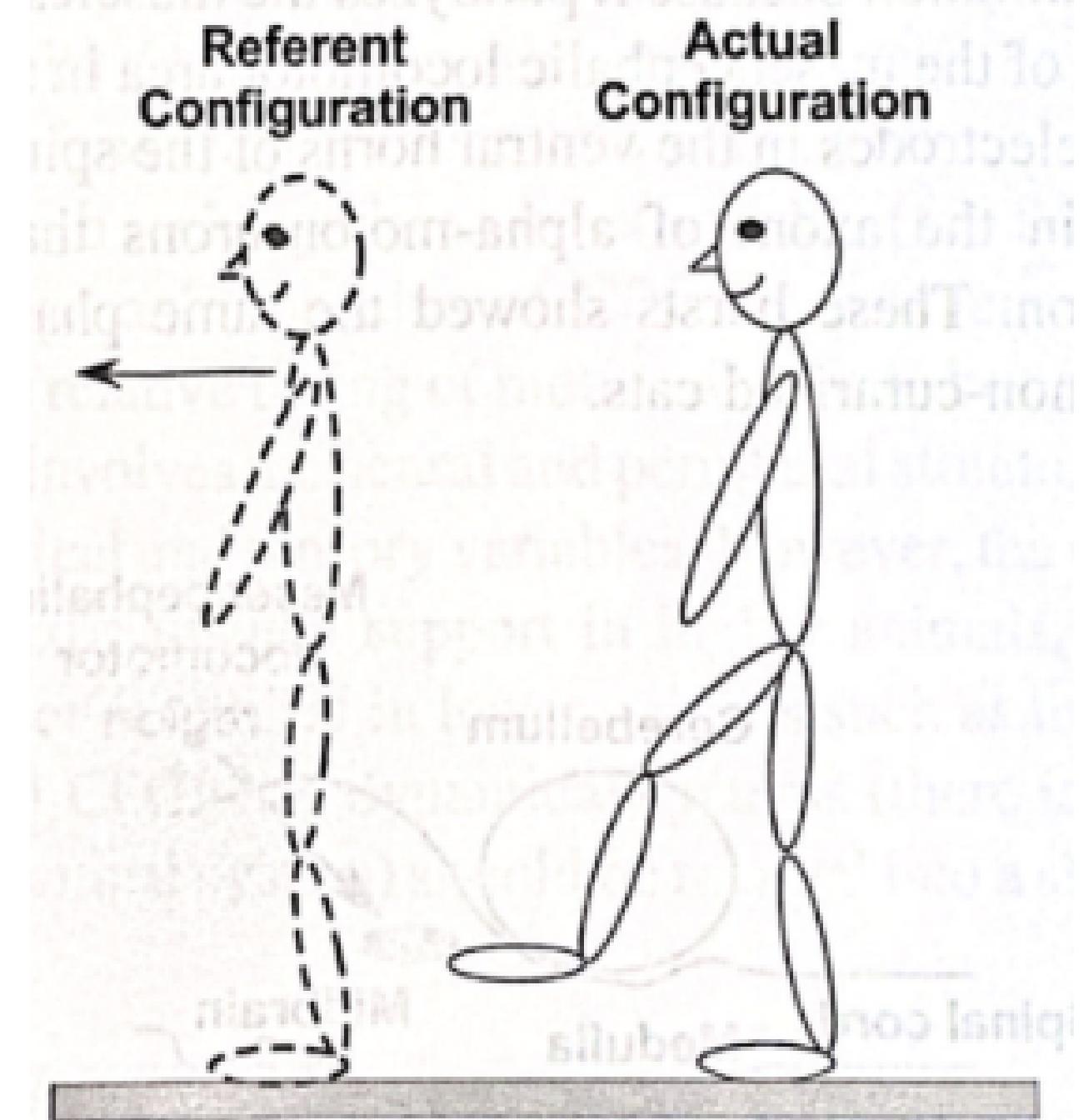
- Estratégias reativas para modificar o andar
Os três sistemas sensoriais (visual, vestibular e somatossensorial) contribuem para o controle reativo, ou feedback, do andar.



A transição do andar para a corrida

Mudanças na configuração de referência produzem mudanças no estado de equilíbrio do sistema “corpo + ambiente”, e uma ação (movimento e/ou produção de força) ocorre em direção ao estado de equilíbrio recém-estabelecido.

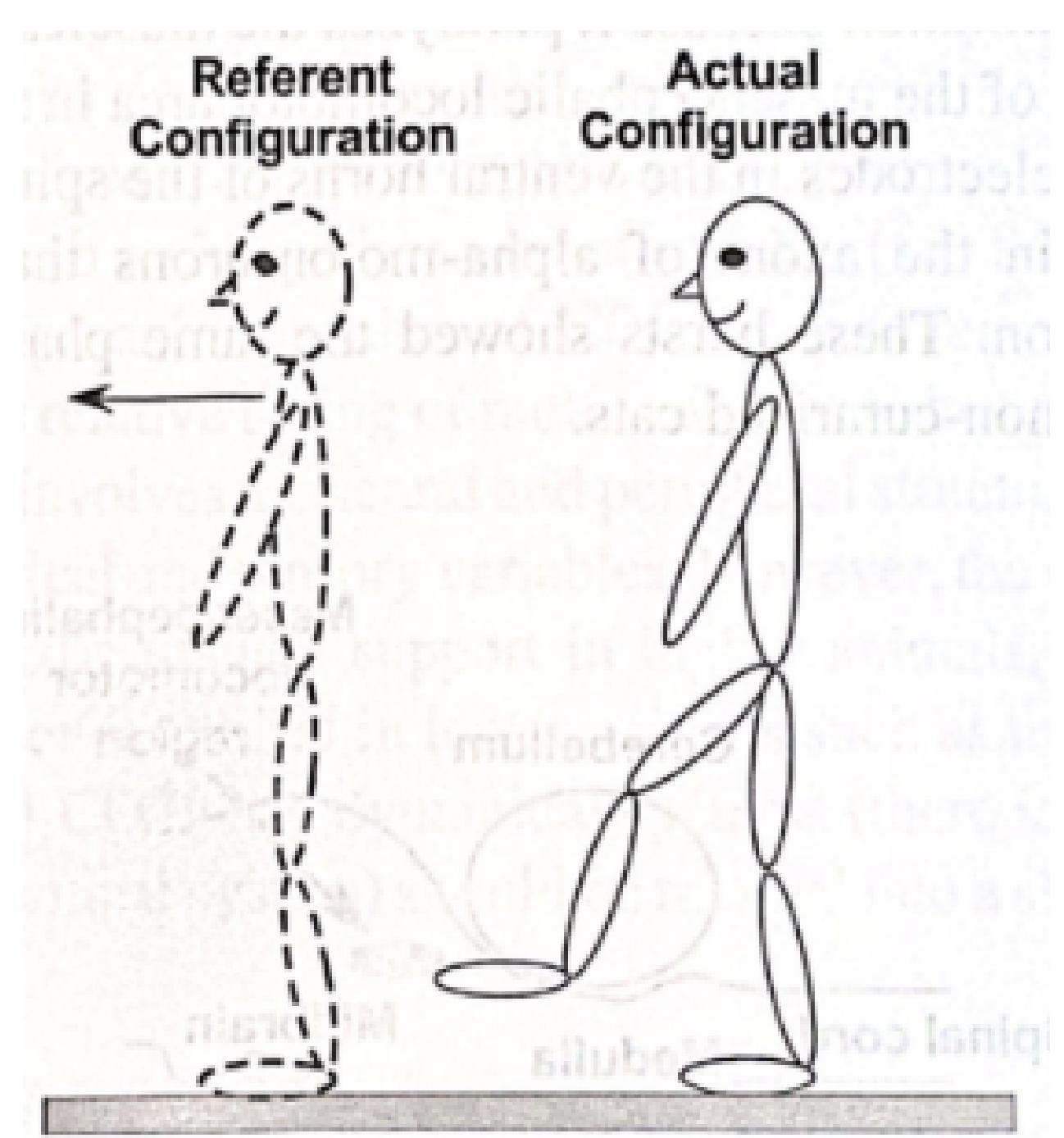
Se a posição referente do corpo se mover de tal forma que esteja sempre um pouco à frente de sua posição atual, um movimento de corpo inteiro ocorrerá e continuará até que a configuração de referência pare e o corpo descance em um novo estado de equilíbrio.



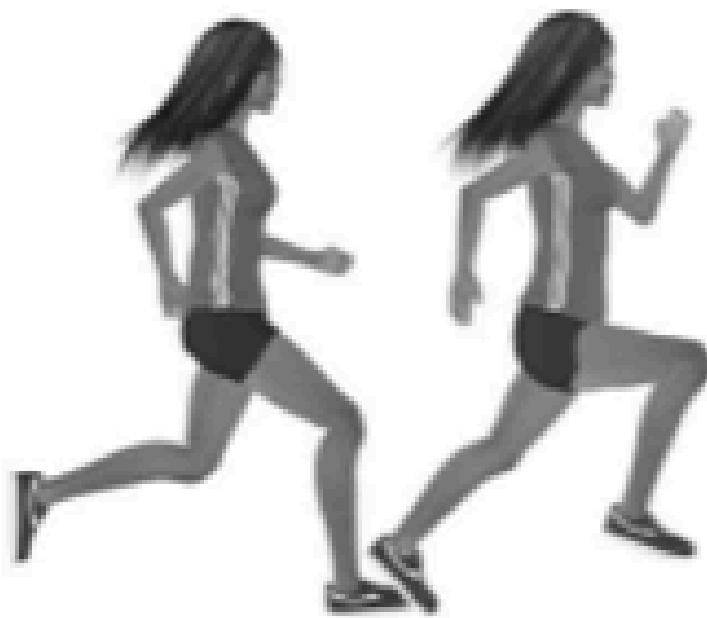


A transição do andar para a corrida

A troca do andar para a corrida durante a locomoção com uma mudança no estímulo externo se assemelha ao comportamento de sistemas dinâmicos.



Corredor Terrestre



1

2

3

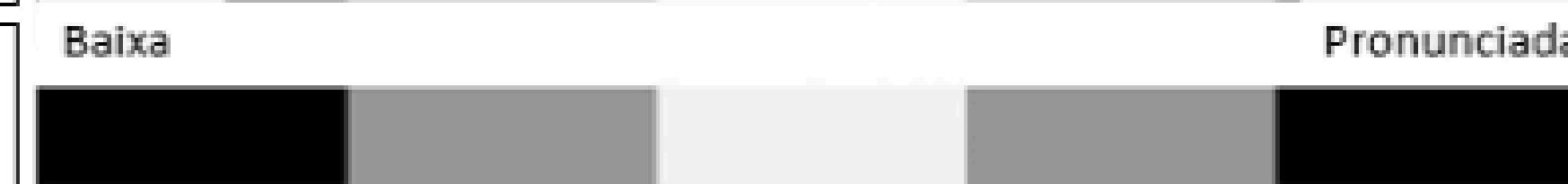
4

5

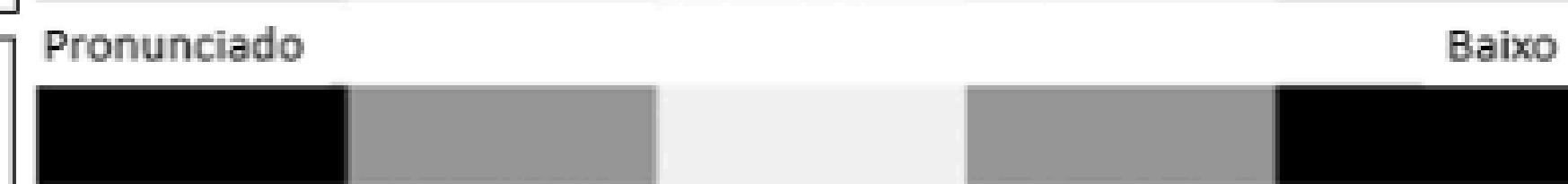
(A) Oscilação vertical da cabeça



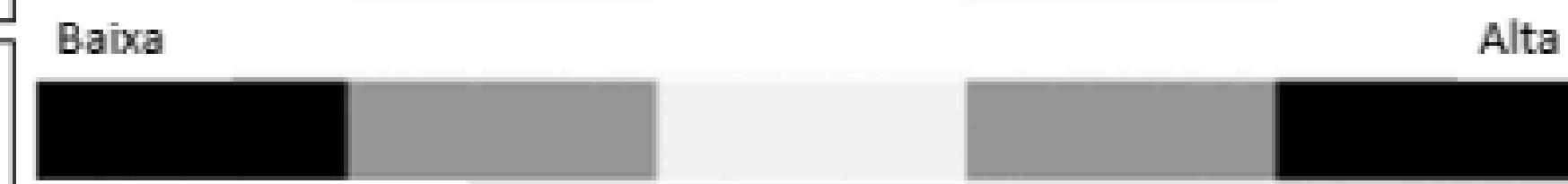
(B) Movimento anteroposterior dos cotovelos



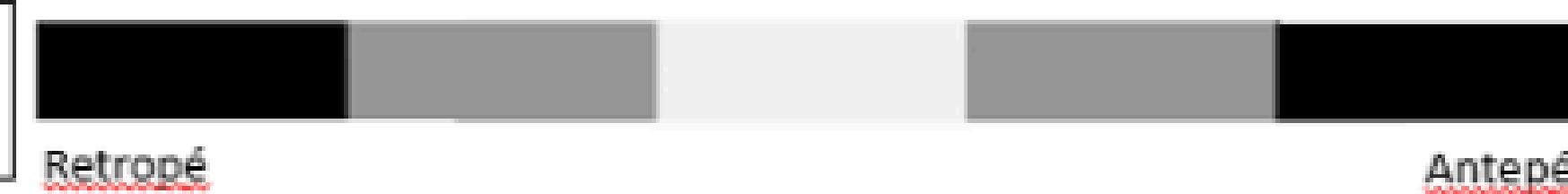
(C) Posição da pelve no momento do contato com o solo



(D) Posição do pé no momento do contato com o solo



(E) Padrão de ataque do pé



Corredor Aéreo



4

5

	1	2	3	4	5
(A) Oscilação vertical da cabeça	Praticamente não há oscilação vertical da cabeça.	Há uma leve oscilação vertical da cabeça.	Há uma oscilação moderada da cabeça verticalmente.	A cabeça oscila bastante verticalmente.	A cabeça apresenta uma grande oscilação vertical.
(B) Movimento anteroposterior dos cotovelos	Amplitude de movimento anteroposterior muito alta.	Amplitude de movimento anteroposterior alta.	Amplitude de movimento anteroposterior intermediária.	Amplitude de movimento anteroposterior pequena.	Amplitude de movimento anteroposterior muito pequena.
(C) Posição da pelve no momento do contato com o solo	Pelve muito baixa no momento do contato.	Pelve baixa no momento do contato.	Pelve numa altura média no momento do contato.	Pelve um pouco alta no momento no contato.	Pelve bastante alta no momento do contato.
(D) Posição do pé no momento do contato com o solo	Pé exageradamente à frente da linha do centro de massa no momento do contato.	Pé bastante à frente da linha do centro de massa no momento do contato.	Pé à frente da linha do centro de massa no momento do contato.	Pé quase abaixo do centro de massa no momento do contato.	Pé abaixo do centro de massa no momento do contato.
(E) Padrão de ataque do pé	Calcanhar toca o solo.	O pé toca o solo com sua parte médio-posterior.	O pé está paralelo ao solo no momento do contato.	O pé toca o solo com sua parte médio-frontal.	Ponta do pé toca o solo.



Prontos para a tarefa?

Reuna em trio e separe seu caderno para anotações referentes aos dados da tarefa

Tarefa
Método Volodalen