

Características do controle motor nas habilidades: preensão, caligrafia e coordenação bimanual, pegar um objeto em movimento e golpear um objeto em movimento

Disciplina: Controle Motor

Prof. Daiana Amaral Medeiros

Professor Titular: Prof. Dr. Tércio Apolinário de Souza



CONTEÚDOS

◆ **CONTROLE MANUAL**

◆ **PREENSÃO MANUAL**

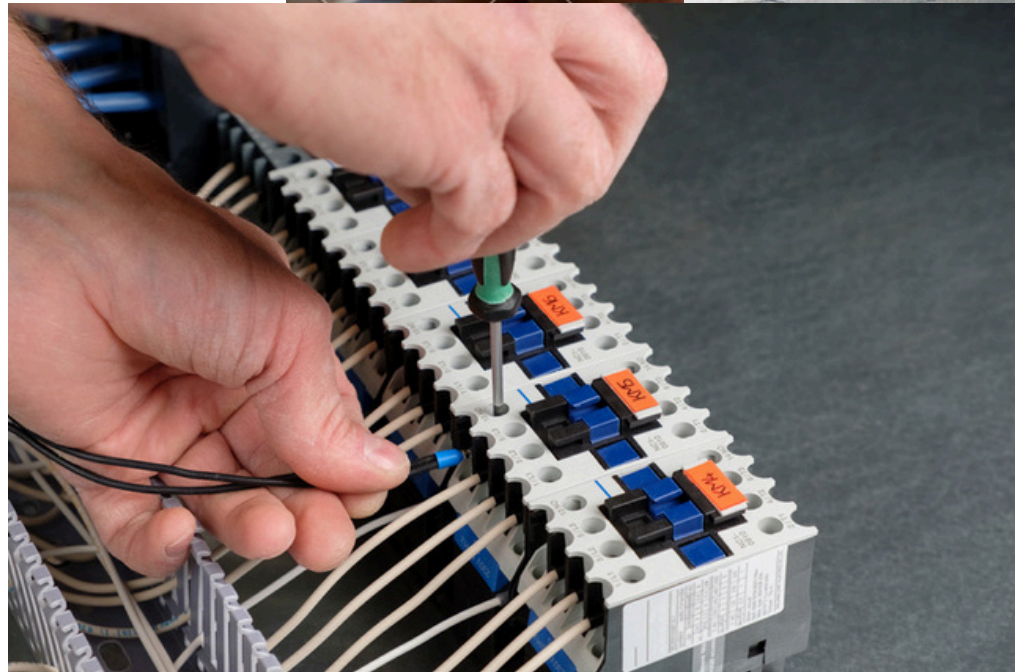
◆ **CALIGRAFIA**

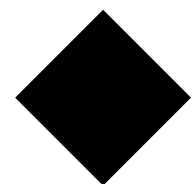
◆ **COORDENAÇÃO BIMANUAL**

◆ **PEGAR OBJETO EM
MOVIMENTO**

◆ **GOLPEAR UM OBJETO EM
MOVIMENTO**

CONTROLE MANUAL



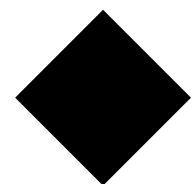


DEFINIÇÕES

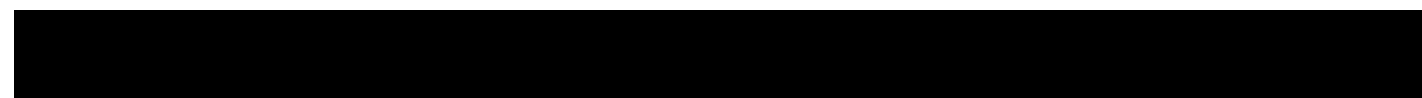


- Alcance (Reach): Refere-se ao movimento do braço em direção a um objeto no espaço, envolvendo a ativação de diferentes grupos musculares e ajustes posturais para direcionar a mão ao alvo.
- Prensão (Grasp): Inclui a conformação da mão ao formato e às propriedades do objeto, como tamanho, textura e peso, além de ajustes da força para segurar ou manipular o objeto sem soltá-lo ou danificá-lo.

Ambos os processos trabalham de maneira coordenada e sincronizada, exigindo uma interação precisa entre as informações sensoriais (visão, propriocepção, tato).



FATORES QUE CONTRIBUEM PARA O CONTROLE SENSORIOMOTOR DOS MEMBROS SUPERIORES



- **Restrições individuais:** Incluem idade, experiência com a tarefa e presença de doenças.
- **Tipo de tarefa:** Como apontar, agarrar e manipular, ou lançar um objeto.
- **Restrições ambientais:** Propriedades do objeto a ser manipulado, como tamanho, forma e peso.

◆ COMPONENTES MUSCULOESQUELÉTICOS E NEURAIS

Musculoesqueléticos: Amplitude de movimento articular, flexibilidade , propriedades musculares e relações biomecânicas.

Neurais:

- **Processos motores:** Coordenação de movimentos de olhos, cabeça, tronco e braços, além das fases de transporte e agarre.
- **Processos sensoriais:** Integração dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial.
- **Representações internas:** Importantes para mapear sensação e ação.
- **Processos de alto nível:** Essenciais para funções manipulativas adaptativas e antecipatórias.

◆ **IMPORTÂNCIA DO CONTROLE MANUAL**

Impacto em Atividades Diárias:

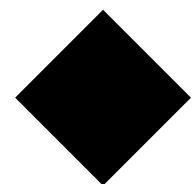
- Alcance e preensão são fundamentais para a execução de tarefas cotidianas, como comer, vestir-se, escrever e interagir com o ambiente. Alterações nesses movimentos afetam diretamente a qualidade de vida.

Aplicações Clínicas:

- Reabilitação Neurológica: Lesões no sistema nervoso central (ex.: AVC) frequentemente afetam o alcance e a preensão.

Aplicação no esporte:

- Desenvolvimento de Habilidades Motoras: Essenciais para execução de jogadas como pegar, lançar, rebater ou defender em diversos esportes (ex.: basquete, tênis, beisebol, vôlei).



CONTROLE MANUAL E ADAPTAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE ALCANCE E PREENSÃO

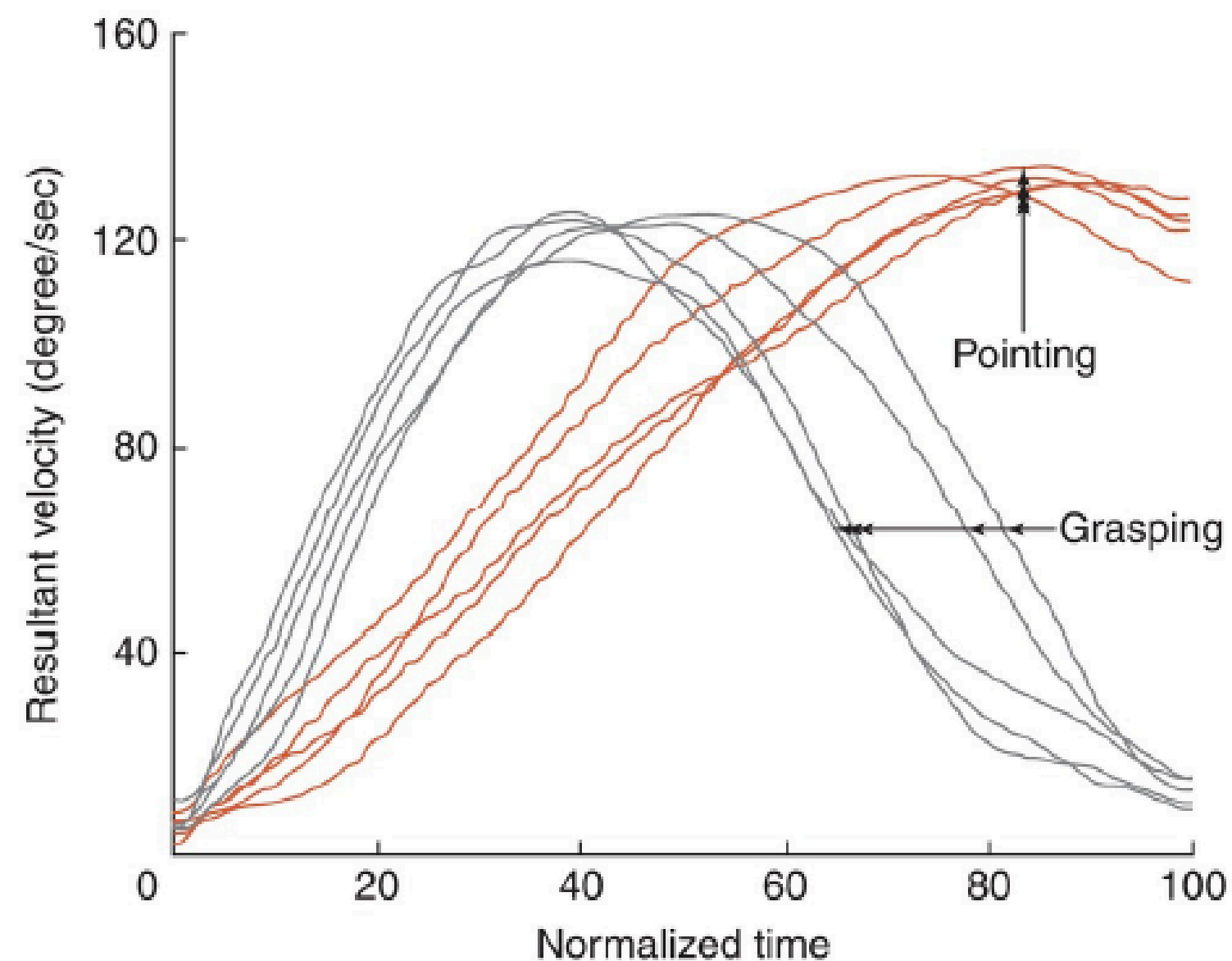
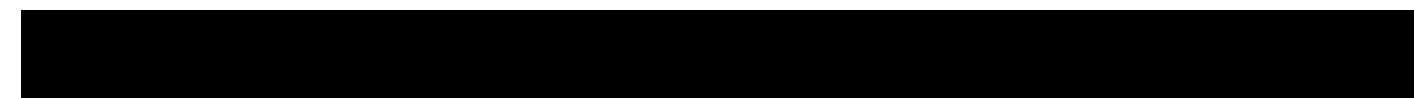
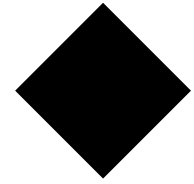


Figure 17.4 Velocity of the arm versus time (velocity profile) for a number of individual trials of both pointing and grasping movements. Note that in the grasp, the acceleration phase is shorter than the deceleration phase, while in the point, the reverse is true. (Reprinted from Jeannerod M. *The neural and behavioral organization of goal-directed movements*, Oxford, UK: Clarendon Press, 1990:19, with permission.)

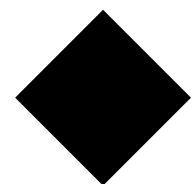


PROBLEMAS ENVOLVENDO CONTROLE MANUAL

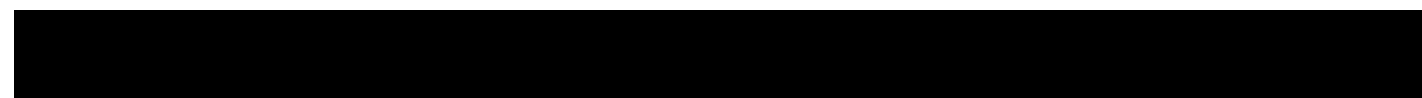


Se uma pessoa estiver tendo dificuldades para alcançar, segurar e beber de um copo, como o terapeuta desenvolveria uma estratégia de intervenção adequada para ajudar a pessoa a realizar esse tipo de habilidade?

Suponha que um aluno iniciante em uma aula de tênis esteja tendo problemas para aprender a sacar porque ele ou ela não consegue coordenar o arremesso da bola e o movimento da raquete que precisam ocorrer simultaneamente para realizar um saque bem-sucedido. O que o treinador deveria estimular?

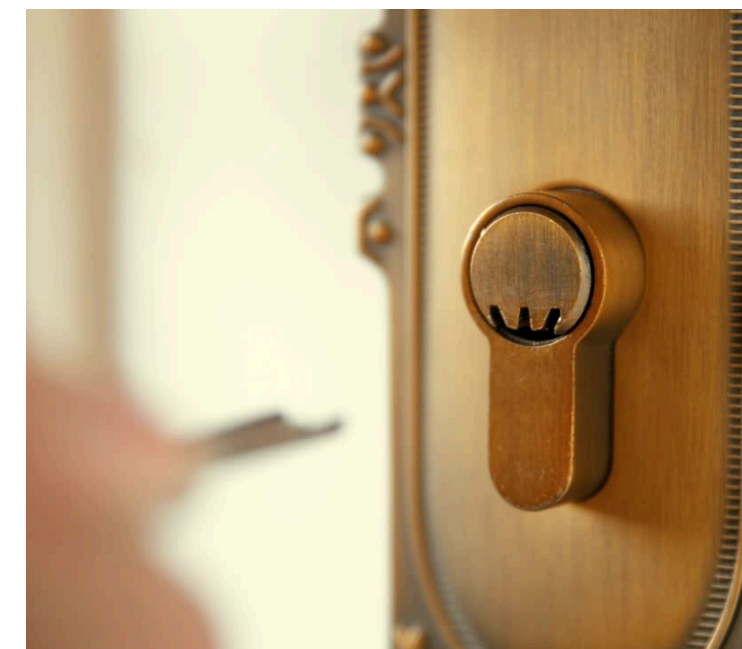


HABILIDADE DE VELOCIDADE E PRECISÃO



As habilidades de velocidade e precisão envolvem realizar movimentos rápidos e precisos.

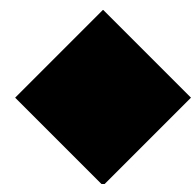
- **Movimentos rápidos e precisos:** como chutar um pênalti ou digitar rapidamente.
 - Aqui, velocidade e precisão são determinadas pela habilidade.
- **Movimentos precisos em velocidade variável:** como colocar uma chave na fechadura ou passar linha na agulha.
 - O praticante escolhe a velocidade, mas a precisão é essencial.



Em ambos os casos, ocorre o **trade-off velocidade-precisão**:

- Mais velocidade → Menos precisão.
- Mais precisão → Menos velocidade.





LEI DE FITTS



- Desenvolvida por Paul Fitts (1954).
- Relaciona velocidade e precisão em movimentos.
- Previsão: tempo necessário para atingir um alvo com precisão.

Fórmula Matemática: **$MT = a + b \log_2(2D/W)$**

- MT: Tempo de movimento.
- a, b: Constantes.
- D: Distância até o alvo.
- W: Tamanho do alvo.

FASE DOS MOVIMENTOS SEGUNDO FITTS:

FASE ACELERATIVA:

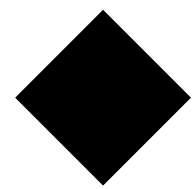
- CARACTERIZADA PELO INÍCIO DO MOVIMENTO EM DIREÇÃO AO ALVO.
- ACELERAÇÃO NECESSÁRIA PARA ATINGIR O ALVO.

FASE DE REVERSÃO:

- MUDANÇA DE DIREÇÃO DO MOVIMENTO QUANDO SE APROXIMA DO ALVO.
- TRANSIÇÃO DO MOVIMENTO INICIAL PARA O MOVIMENTO FINAL EM DIREÇÃO AO PRÓXIMO ALVO.

FASE DE AJUSTE:

- AJUSTES FINOS PRÓXIMO AO ALVO PARA GARANTIR UM ACERTO PRECISO.
- O SISTEMA MOTOR FAZ CORREÇÕES DE TRAJETÓRIA OU VELOCIDADE COM BASE NO FEEDBACK SENSORIAL E NAS INFORMAÇÕES SOBRE A POSIÇÃO DO ALVO.



LEI DE FITTS

- Quanto maior a distância (D), maior o tempo de movimento.
- Quanto menor o alvo (W), mais lento o movimento para garantir precisão.

Índice de Dificuldade (ID): $ID = \log_2(2D/W)$ → Mede a dificuldade da tarefa.

De que forma podemos aplicar a Lei de Fitts no

Exemplos de Habilidades:

- Colocar uma chave na fechadura.
- Passar linha em uma agulha.
- Digitar no teclado.

De que forma se aplica a lei de Fitts no treinamento físico ou na reabilitação?

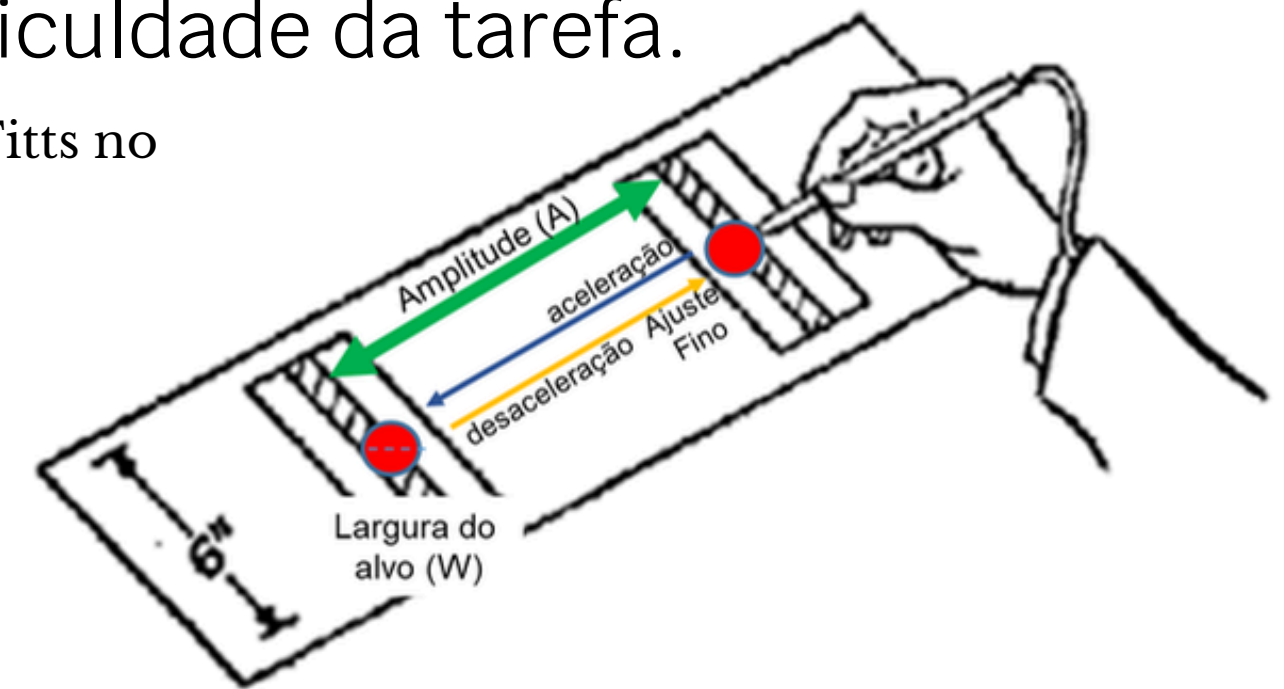
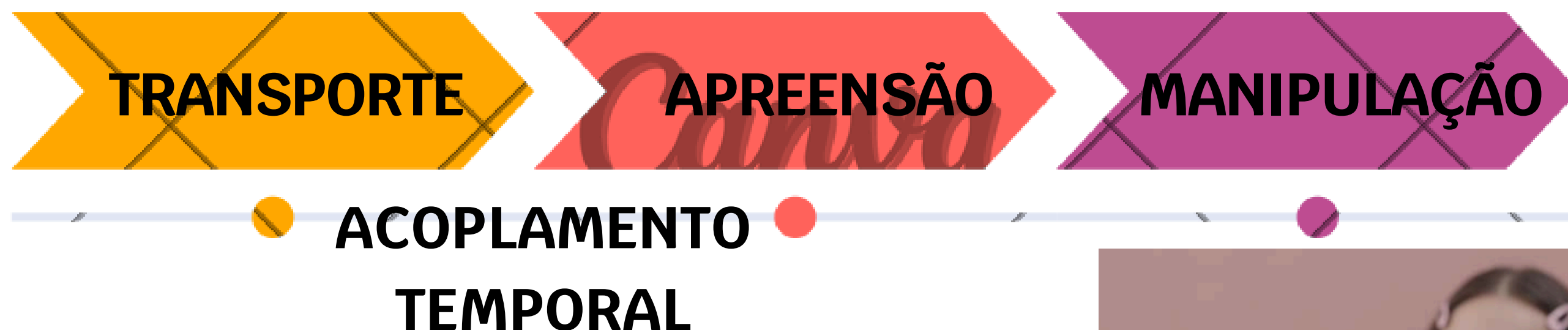


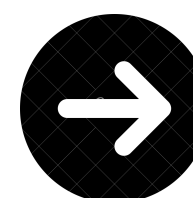
FIG. 1. Reciprocal tapping apparatus. The task was to hit the center plate in each group alternately without touching either side (error) plate.

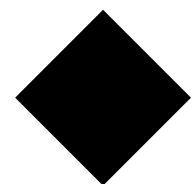
PREENSÃO MANUAL

É definida como a habilidade de usar as mãos para segurar, manipular ou interagir com objetos no ambiente.



**A VISÃO AJUDA NO PLANEJAMENTO DA
AÇÃO DE PREENSÃO, FORNECENDO
INFORMAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES
REGULATÓRIAS DO AMBIENTE**





COORDENAÇÃO OLHO-CABEÇA- TRONCO NO ALCANCE DE OBJETOS



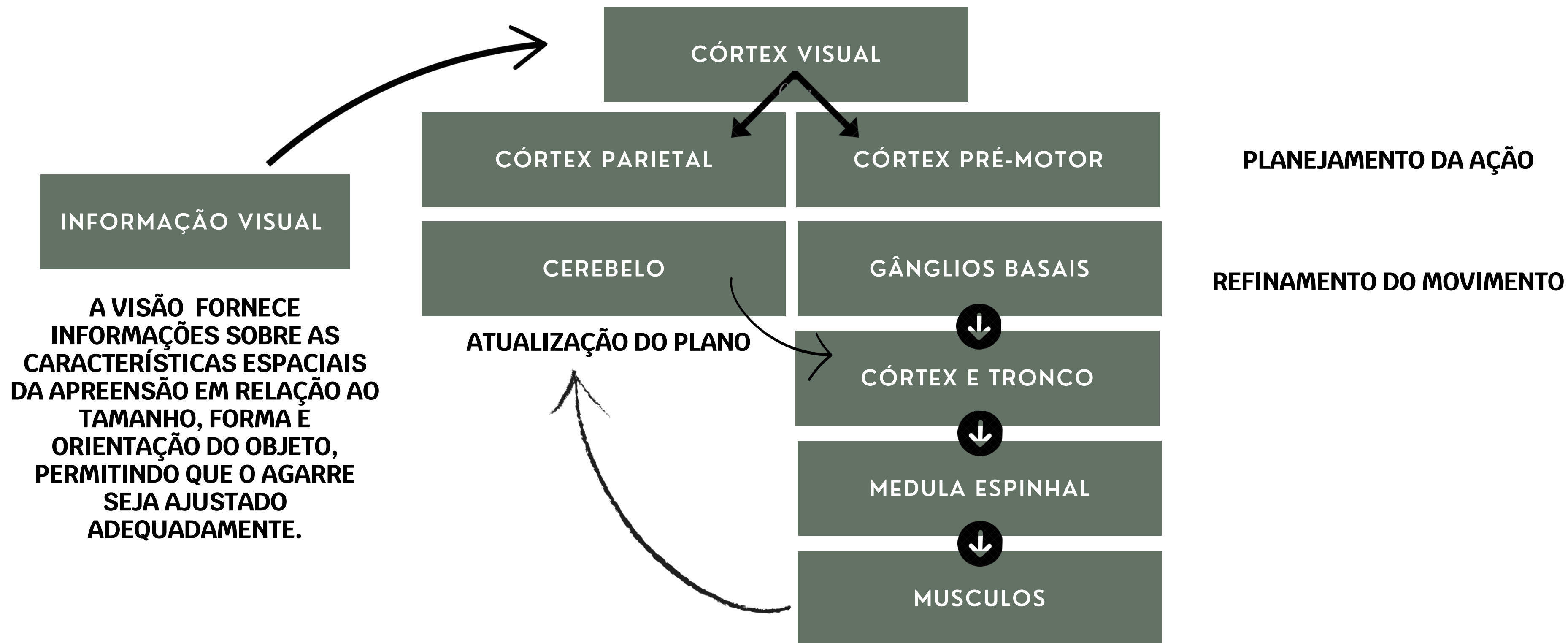
Localização do Alvo:

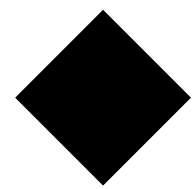
- A visão é usada para localizar objetos no espaço e guiar os movimentos da mão .

Sequência de Movimentos:

- Movimento dos olhos: Começa primeiro (menor latência) e alcança o alvo antes da cabeça parar (Jeannerod, 1990).
- Movimento da cabeça: Segue o movimento ocular, com amplitude de cerca de 60% a 75% da distância até o alvo (Biguer et al., 1984).
- Movimento do braço: O braço é movido para alcançar o alvo após o alinhamento ocular e da cabeça.



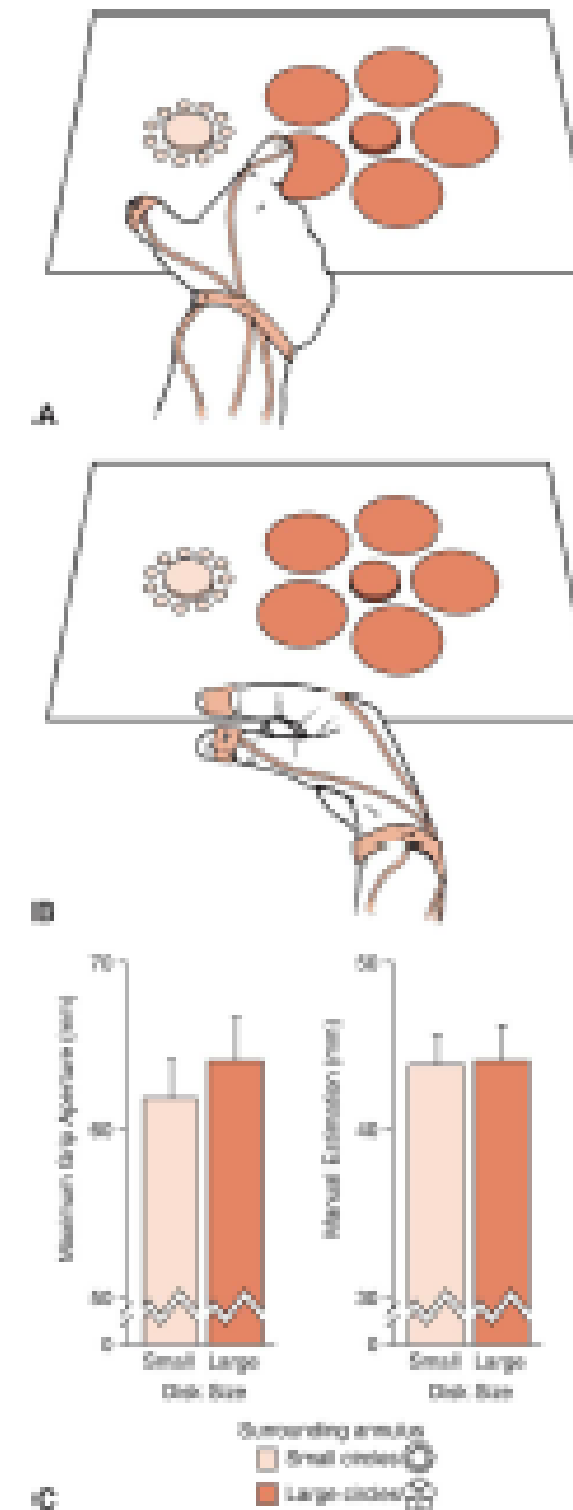


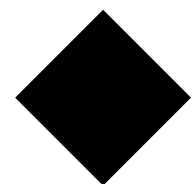


CAMINHOS VISUAIS PARA PERCEPÇÃO E AÇÃO

Dois Caminhos Visuais no Cérebro:

- Via Ventral: Responsável pela percepção visual (identificar o objeto - tamanho, forma, etc.). Onde está o objeto?
- Via Dorsal: Controla a ação (movimentos necessários para alcançar e pegar o objeto).

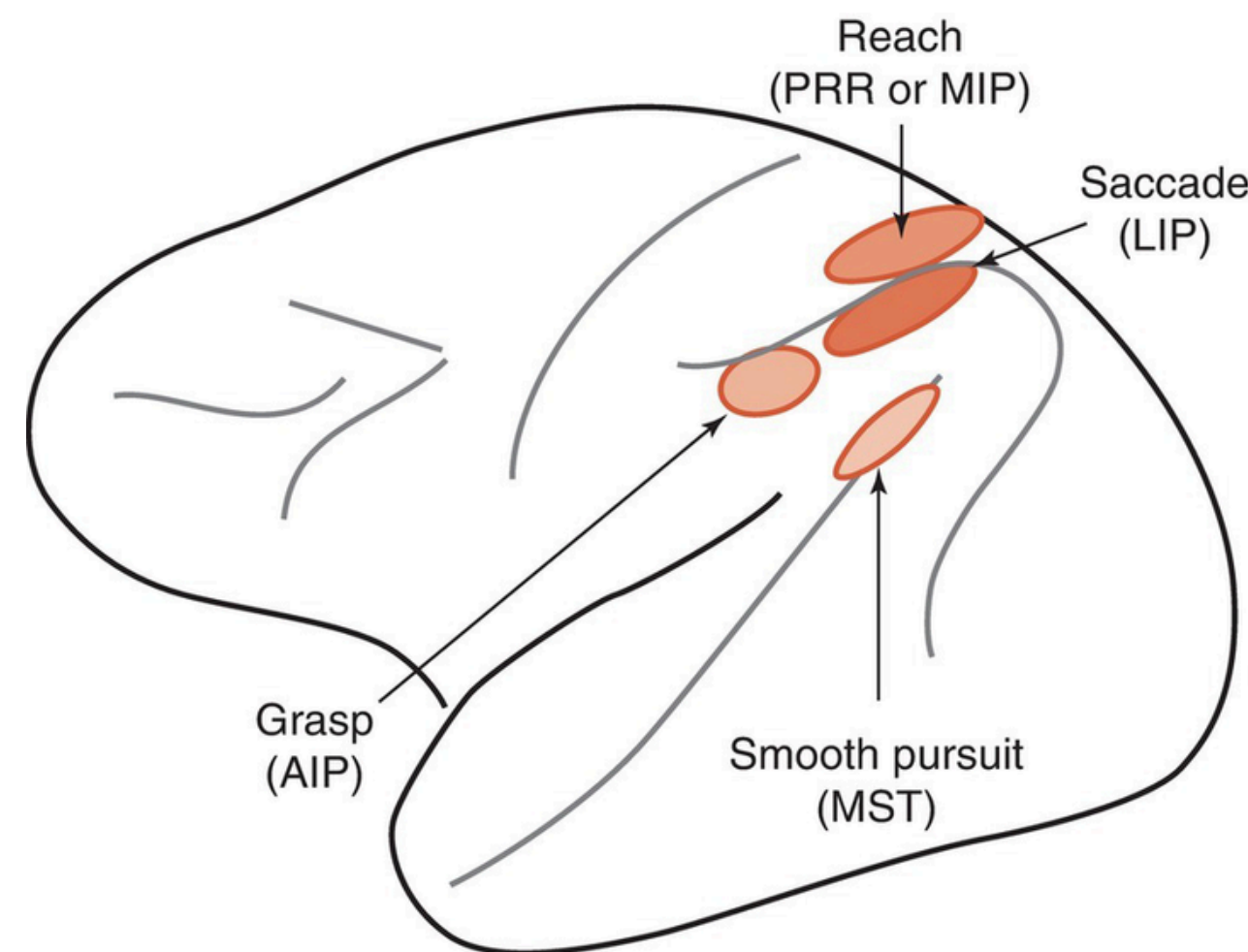


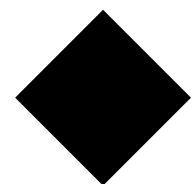


CÓRTEX PARIETAL POSTERIOR E TRANSFORMAÇÕES SENSORIMOTORAS

- Coordena os movimentos para alcançar e pegar objetos.
- Processa informações sensoriais (o que vemos) e motoras (como alcançar e pegar o objeto).
- Áreas Envolvidas:
- LIP (Área Intraparietal Lateral): Direciona o movimento dos olhos para o objeto.
- PRR (Região de Alcance Parietal): Planeja os movimentos do braço.

O cérebro ajusta o movimento do braço para alcançar um alvo, calculando a diferença (Erro motor) entre onde a mão está e onde o alvo está.





PARTICIPAÇÃO DO CÓRTEX PRÉ-MOTOR E MOTOR PRIMÁRIO

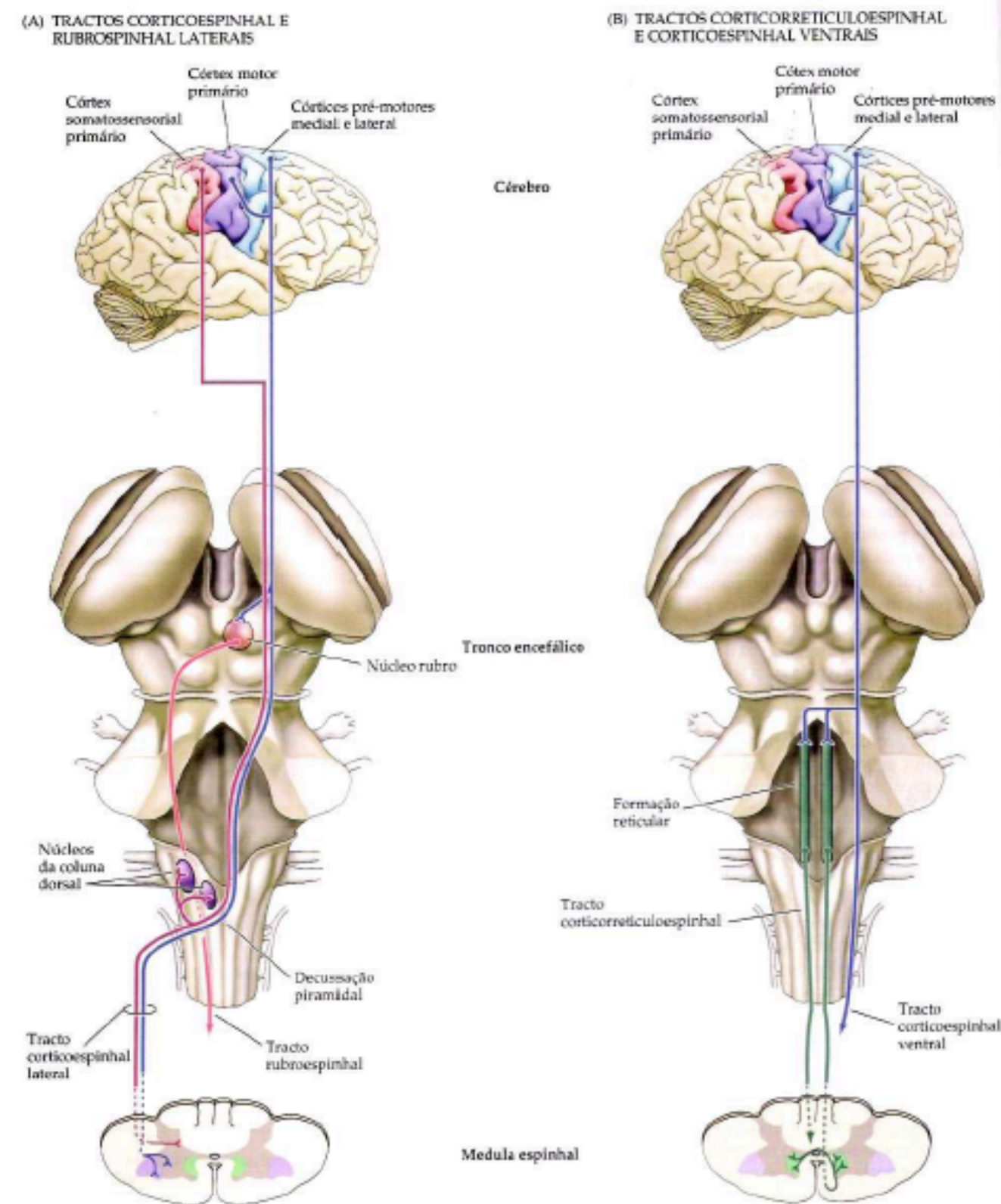
- **Pré-motor:** Foca em partes específicas do movimento.
- **Motor Primário:** Essencial para preensão fina (ex.: precisão).

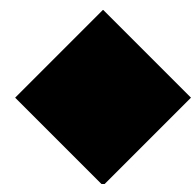
Caminhos Descendentes:

- Alcance: Controlado por tronco cerebral e músculos proximais.
- Preensão: Exige córtex motor e trato corticoespinhal para controle fino.
- Função do Cerebelo: Coordena movimentos durante a preensão.

Diferenças nas Preensões:

- Preensão de Precisão: Neurônios ativados para controle fino.
- Preensão de Força: Controle sinérgico dos dedos.





CONTRIBUIÇÕES DO FEEDBACK SENSORIAL



- **Receptores Articulares:** Ativos principalmente em extremos de movimento articular (Jeannerod, 1990).
- **Fusos Musculares:** Têm um papel forte no senso de posição. Quando tendões são vibrados (ativando aferentes do fuso muscular), os sujeitos sentem uma ilusão de movimento articular. Por exemplo, a vibração do tendão do bíceps cria a sensação de extensão do cotovelo (Goodwin et al., 1972).
- **Aferentes Cutâneos:** Mecanorreceptores na pele (especialmente na palma da mão) são ativados por movimentos isotônicos dos dedos e também contribuem para o senso de posição (Hulliger et al., 1979).

CONTRIBUIÇÕES MUSCULOESQUELÉTICAS

Incluem amplitude de movimento articular, flexibilidade da coluna, propriedades musculares e relações biomecânicas entre segmentos corporais conectados.

Movimentos articulares essenciais para um alcance normal:

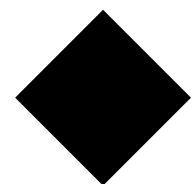
- Rotação da escápula.
- Movimento adequado da cabeça do úmero.
- Supinação do antebraço.
- Flexão do ombro e do cotovelo (~100–120 graus).
- Extensão do punho além da posição neutra.
- Mobilidade suficiente da mão para preensão e liberação (Charness, 1994).

◆ CONTRIBUIÇÕES MUSCULOESQUELÉTICAS



Aspectos Motores:

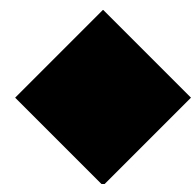
- Envolvem tônus muscular adequado, força muscular e coordenação.
 - Estabilização da escápula, caixa torácica e cabeça do úmero durante movimentos do membro superior.
 - Ativação muscular nas articulações do ombro, cotovelo e punho para transporte do braço.
- **Acoplamento entre Tronco, Escápula e Braço**



CONTROLE DE MOVIMENTO: FEEDFORWARD VERSUS FEEDBACK



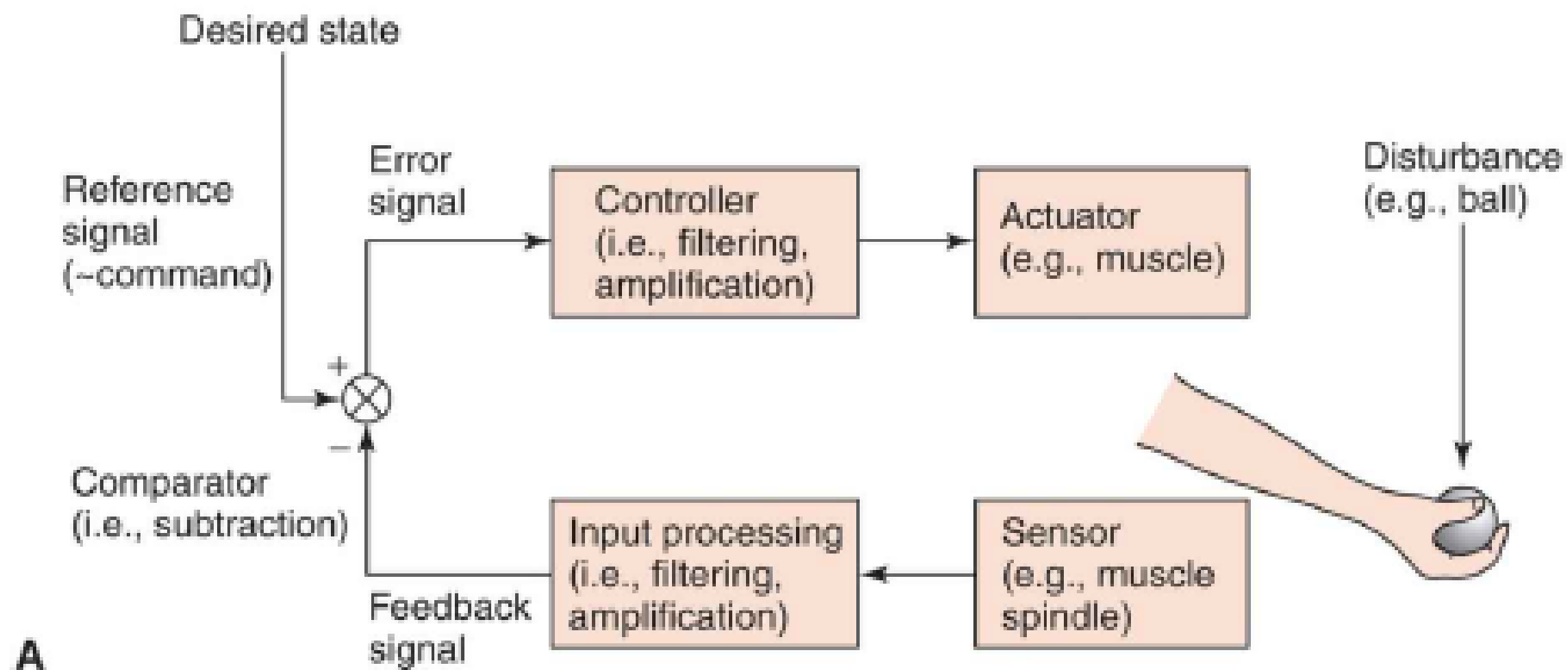
O controle eficiente de alcance envolve os processos de feedback (retroalimentação) e feedforward (antecipação). Esses mecanismos são fundamentais para melhorar a precisão e a eficiência dos movimentos com a prática, antecipando os requisitos da tarefa e corrigindo os efeitos de perturbações na trajetória do movimento do braço.

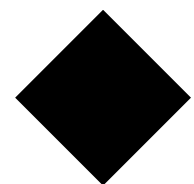


CONTROLE DE MOVIMENTO: FEEDFORWARD VERSUS FEEDBACK



Feedback control: command specifies desired state

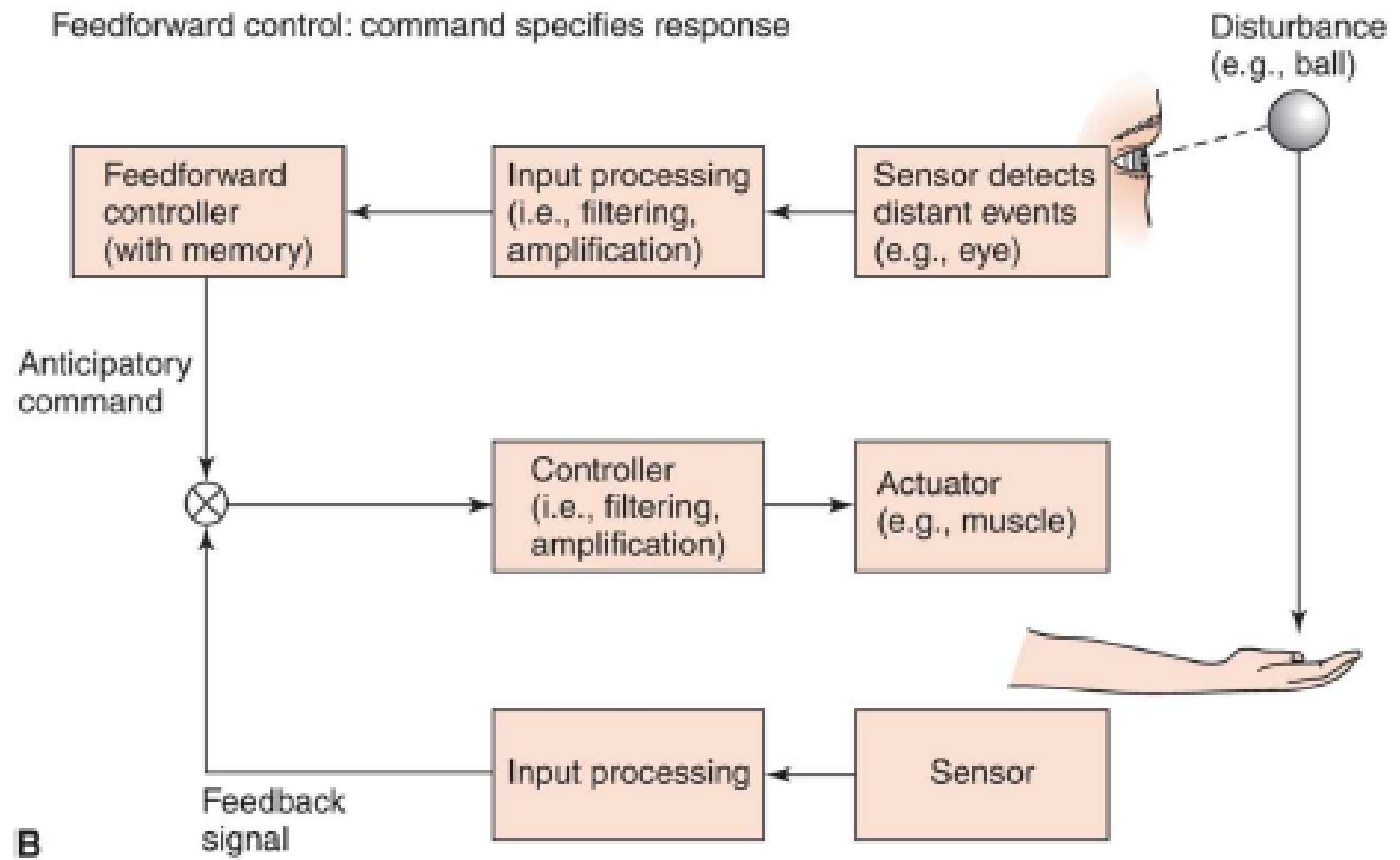




CONTROLE DE MOVIMENTO: FEEDFORWARD VERSUS FEEDBACK



Feedforward control: command specifies response



◆ INTEGRAÇÃO DE FEEDFORWARD E FEEDBACK NO CONTROLE MOTOR

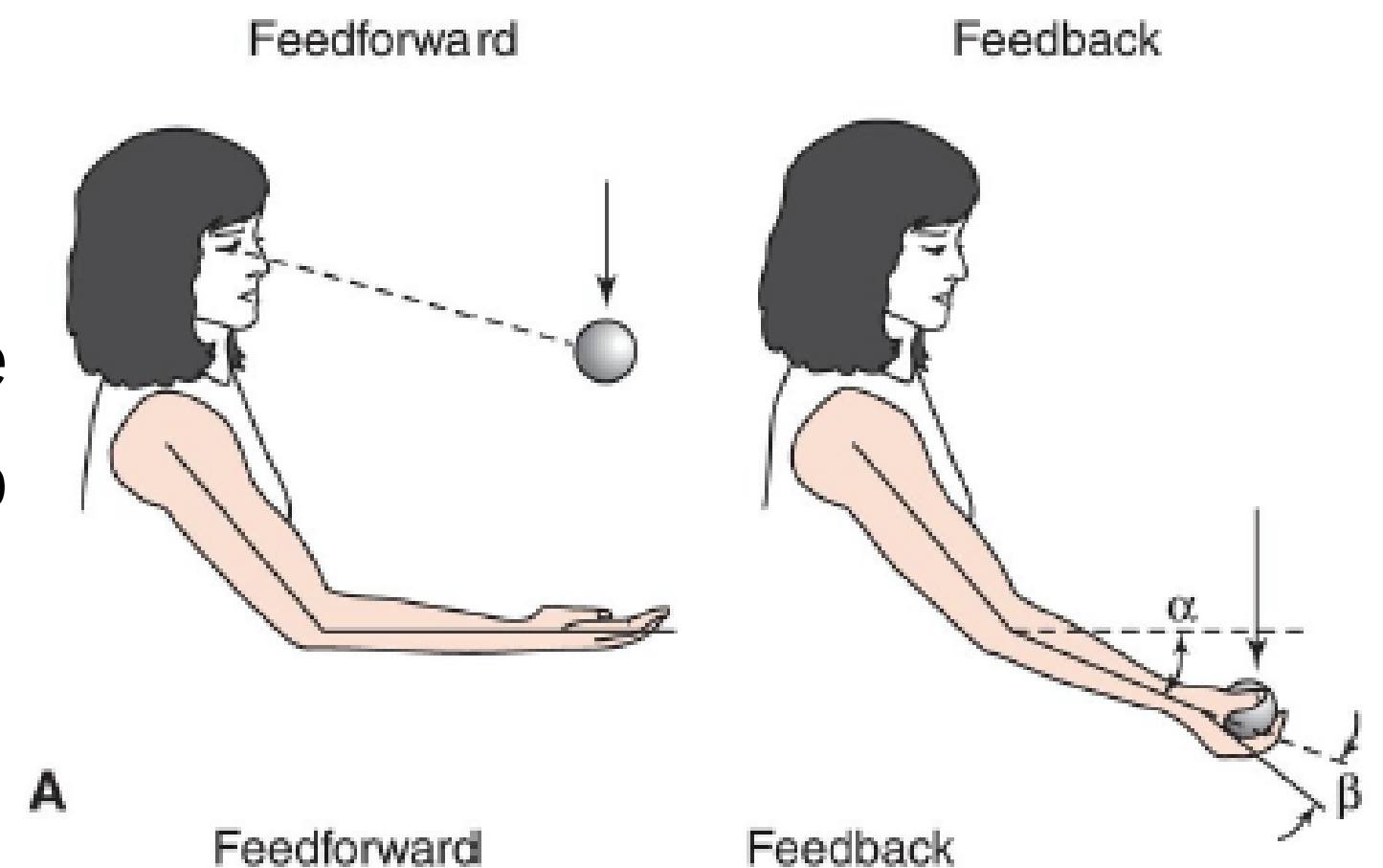
Esses dois mecanismos trabalham juntos para ativar padrões de resposta muscular:

- **Respostas Feedforward/Antecipatórias:**

- Ativam músculos (como bíceps, tríceps e músculos flexores/extensores do punho) antes do impacto da bola.

- **Respostas Feedback/Reflexivas:**

- Após o impacto (~50 ms depois), reflexos de curto prazo ajustam a posição dos músculos flexores e extensores.



CALIGRAFIA

- **Controle Motor da Escrita**

- Coordenação dos movimentos da mão e dedos.
- Produção de letras e palavras com traços definidos.

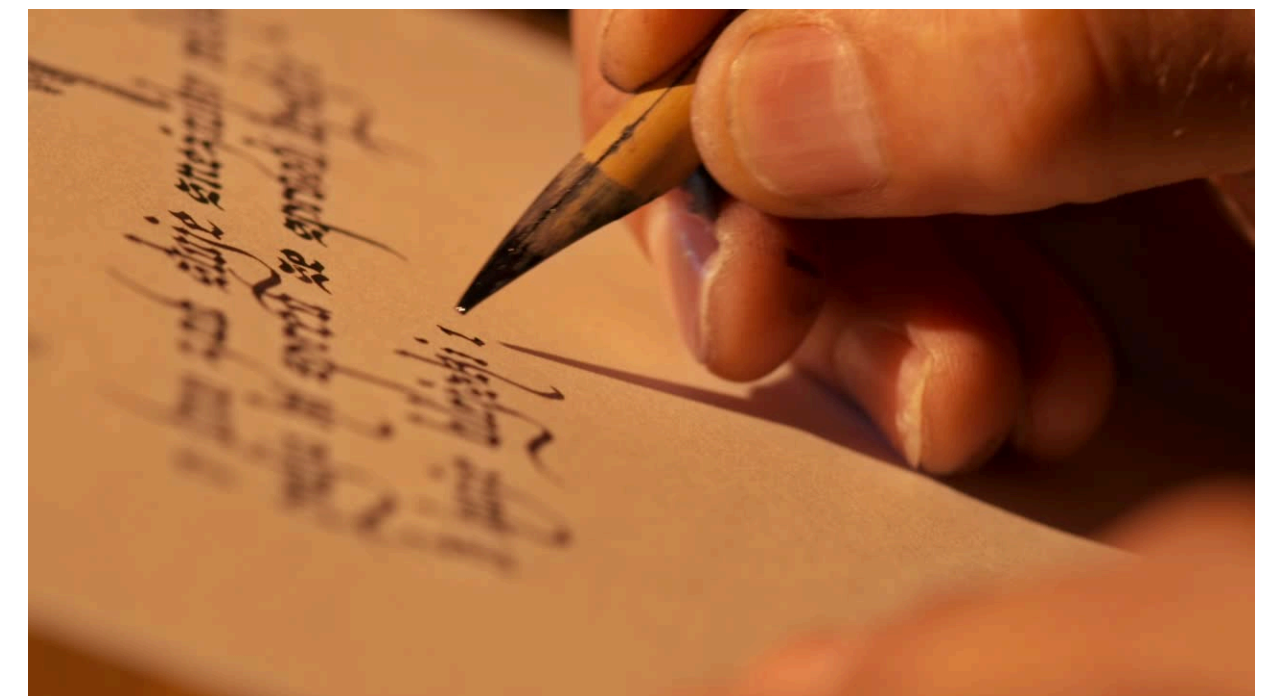
- **Equivalência Motora**

- Adaptação dos movimentos para diferentes condições (mão dominante, não dominante, pés ou boca).

- **Características Comuns na Escrita**

- Formas das letras, inclinação da escrita, força dos traços e tempo entre os movimentos são semelhantes, mesmo com variações no método de escrita

EQUIVALÊNCIA MOTORA: A CAPACIDADE DO SISTEMA DE CONTROLE MOTOR DE PERMITIR QUE UMA PESSOA ALCANCE UM OBJETIVO DE AÇÃO EM DIVERSAS SITUAÇÕES E CONDIÇÕES (POR EXEMPLO, ESCREVER A ASSINATURA COM QUALQUER UMA DAS MÃOS).



CALIGRAFIA

- Adaptabilidade do Sistema Motor
- Capacidade de ajustar características como tamanho, força e tempo dos movimentos, dependendo da situação.
- Complexidade no Controle da Escrita

Papel da visão:

Organização espacial: Manter as palavras alinhadas horizontalmente e

Produção precisa: Garantir traços e letras corretos.

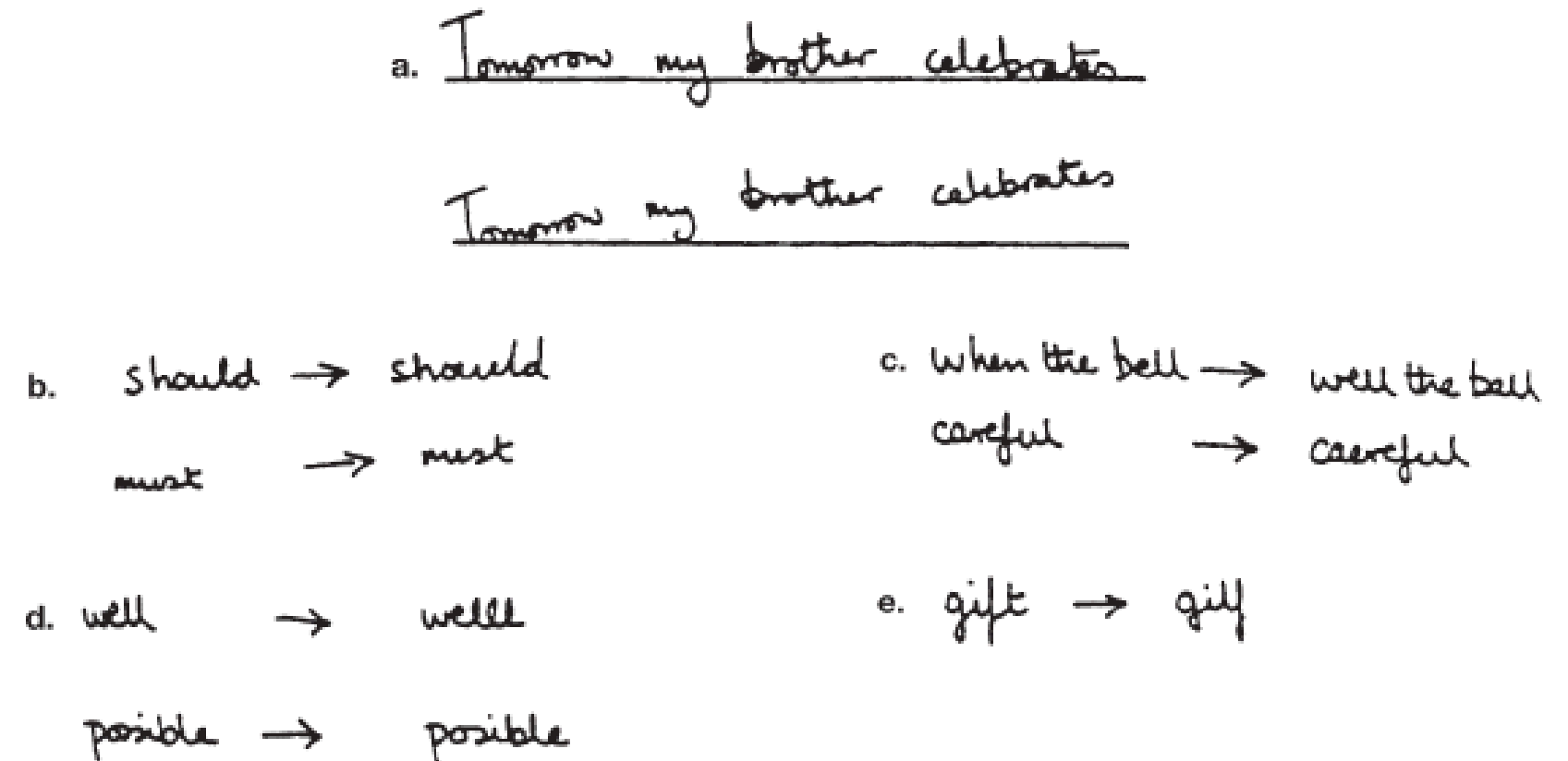


FIGURE 7.3 Handwriting examples from the experiment by Smyth and Silvers showing errors related to writing without vision available [bottom line in (a); right side of arrows in others] as compared to writing with vision available. (a) Shows errors as deviating from the horizontal; (b) shows errors as adding and deleting strokes; (c) shows adding and deleting of letters; (d) shows adding or deleting of repetitions of double letters; (e) shows reversing of letters. Source: From Smyth, M. M., & Silvers, G. (1987). Functions of visions in the control of handwriting. *Acta Psychologica*, 65, 47–64.

COORDENAÇÃO BIMANUAL

Definição: A coordenação bimanual é a habilidade de realizar movimentos simultâneos com ambos os braços.

- Coordenação Bimanual: Simétrica (igual) x Assimétrica (diferente).
- Exemplos: Tocar guitarra, saque no tênis, abrir tampas.
- Desafio: Assimetria é mais difícil devido à preferência natural por simetria.
- Pesquisa: Tarefas mais difíceis influenciam movimentos mais simples (Lei de Fitts).



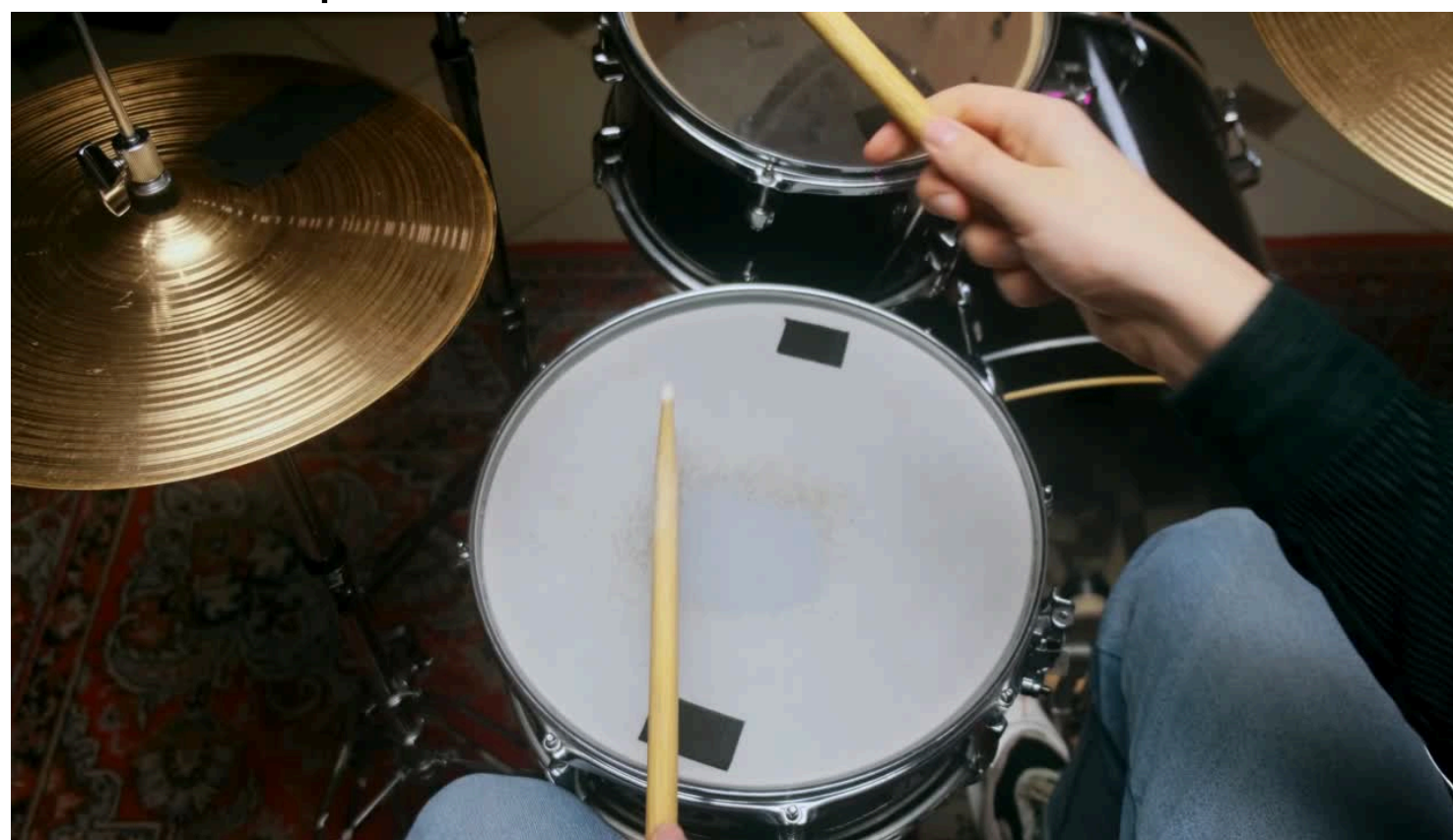
◆ ACOPLAMENTO E COORDENAÇÃO SIMÉTRICA

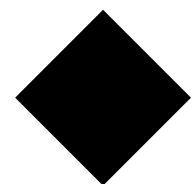
- **Acoplamento Natural:** Os braços geralmente se movem juntos de forma simétrica, ou seja, ambos fazem os mesmos movimentos ao mesmo tempo (ex: empurrar uma porta).
- **Movimentos Simétricos:** Exemplos incluem ações como remar um barco ou empurrar uma cadeira de rodas.



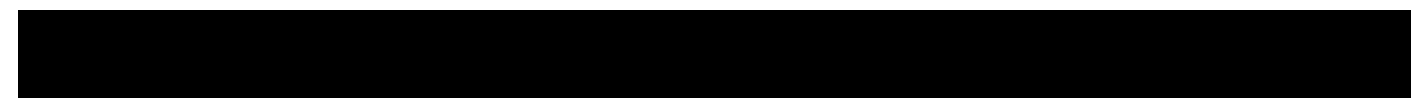
◆ DISSOCIAÇÃO DOS BRAÇOS COM PRÁTICA

- **Dissociação:** Com prática, é possível aprender a mover os braços de forma assimétrica (ex: tocar guitarra ou bater com as mãos de ritmos diferentes).
- **Importância do Feedback:** O aprendizado da dissociação pode ser ajudado pelo feedback proprioceptivo (sensações dos músculos e articulações) e feedback visual (o que vemos ao realizar os movimentos).

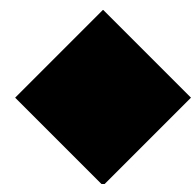




TEORIAS E MECANISMOS DE CONTROLE



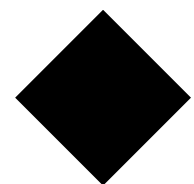
- **Teoria do Programa Motor:** O cérebro pode usar programas motores generalizados para controlar os movimentos, podendo ser:
 - Dois programas independentes para cada braço.
 - Um único programa adaptável que permite aos braços fazerem movimentos diferentes ao mesmo tempo.
- **Teoria dos Sistemas Dinâmicos:** A coordenação bimanual começa com movimentos simétricos, mas com prática, os braços aprendem a fazer movimentos assimétricos e a estabilizar novos padrões.



IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA



- O processo necessário de "desacoplamento" (ou "desvinculação") dos movimentos bimanuais pode ser difícil para as pessoas.
- No entanto, tanto a experiência quanto as evidências de pesquisa (por exemplo, Kovacs, Buchanan, & Shea, 2010; Lee, Swinnen, & Verschueren, 1995; Swinnen et al., 1990; Walter & Swinnen, 1994) indicam que as pessoas podem ter sucesso na realização desses tipos de habilidades quando recebem instrução, feedback e prática adequados.



PROBLEMAS ENVOLVENDO CONTROLE MANUAL



Se uma pessoa estiver tendo dificuldades para alcançar, segurar e beber de um copo, como o terapeuta desenvolveria uma estratégia de intervenção adequada para ajudar a pessoa a realizar esse tipo de habilidade?

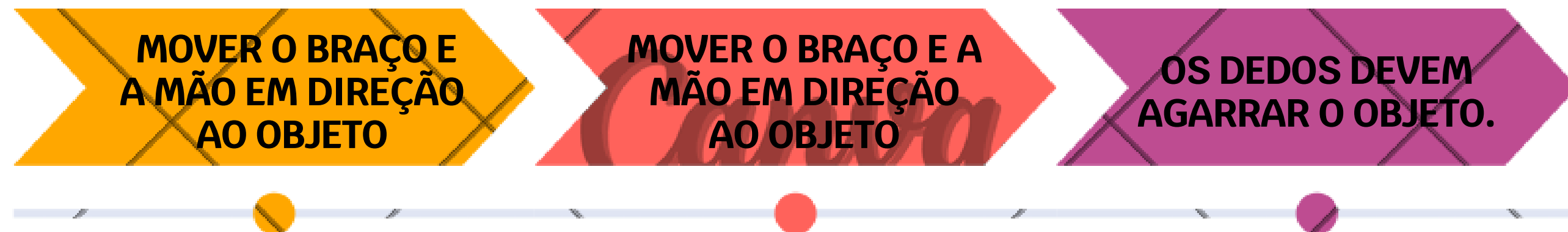
Dificuldade em alcançar, segurar e beber de um copo: O terapeuta deve analisar as restrições da tarefa e praticar movimentos variados, como "alcançar e pegar" e "alcançar, pegar e manipular". Exercícios graduais, simulando situações do cotidiano, ajudam a adaptar o alcance e a preensão ao objetivo final.

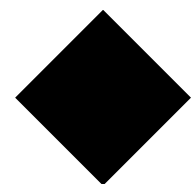
Suponha que um aluno iniciante em uma aula de tênis esteja tendo problemas para aprender a sacar porque ele ou ela não consegue coordenar o arremesso da bola e o movimento da raquete que precisam ocorrer simultaneamente para realizar um saque bem-sucedido. O que o treinador deveria estimular?

Problemas no saque de tênis: O treinador deve focar na prática segmentada e coordenada dos movimentos, separando inicialmente o arremesso e o movimento da raquete. Gradualmente, deve integrar as ações, ajustando velocidade e tempo, simulando a tarefa completa até que o aluno desenvolva fluidez.

PEGAR UM OBJETO EM MOVIMENTO

- Interceptar um objeto em movimento
- o objetivo é fazer algo com o objeto depois de pegá-lo





ESTUDO DE WILLIAMS E MCCRIRIE (1988)

- Análise de meninos de 11 anos tentando pegar uma bola com uma mão.
- Sequência do movimento:
 - Primeiros 160–240 ms: Sem movimento do braço.
 - Flexão gradual do cotovelo: 80% do tempo de voo da bola.
 - Extensão dos dedos: Acontece quase ao mesmo tempo que a flexão do cotovelo.
 - Posicionamento final: Começa 80 ms antes de pegar a bola.

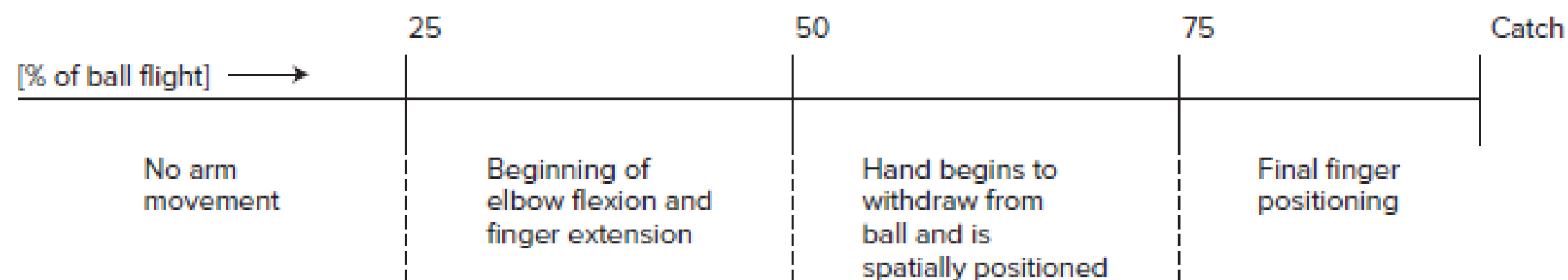
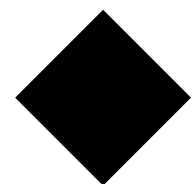


FIGURE 7.4 The arm, hand, and fingers movement characteristics involved in catching a ball in relation to the percentage of ball flight time. [Data from Williams & McCririe (1988). *Journal of Human Movement Studies*, 14, 241–247.]



VISÃO E HABILIDADE DE PEGAR UM OBJETO



- **Fatores Importantes para Pegar um Objeto:**
 - Tempo de contato visual (fase inicial e final)
 - Visão contínua durante a fase intermediária (experientes vs. iniciantes)
- **Fases Críticas de Contato Visual:**
 - Primeira fase: Observação até a bola alcançar seu ponto mais alto.
 - Última fase: Observação entre 200–300 ms antes do contato com as mãos.
- **Implicações para Ensino:**
 - Iniciantes: Mais dependentes da visão.
 - Experientes: Menos dependentes da visão, mais propriocepção.

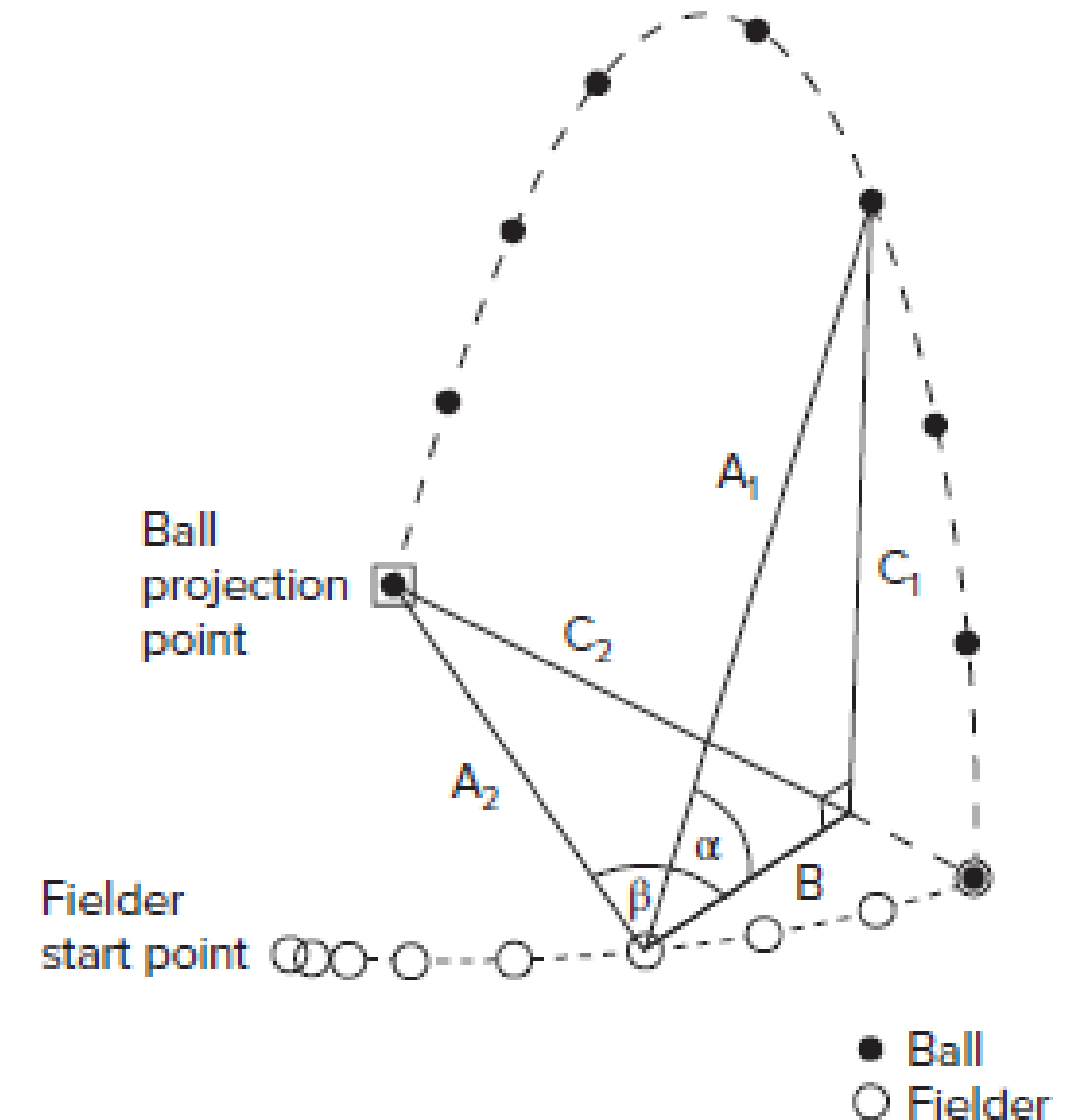
GOLPEAR UM OBJETO EM MOVIMENTO

- Intercepção espacial e temporal de um objeto

Visão na Rebatida de Beisebol

- A rebatida exige sincronizar a visão e o movimento para acertar a bola em movimento.
- Estudo Clássico (Hubbard e Seng, 1954):
 - Jogadores acompanham a bola até certo ponto antes da rebatida.
 - A sincronização do movimento é ajustada pela velocidade da bola.

O momento de iniciar o movimento é crucial para o contato.





REFERÊNCIAS

Magill, R. A. (2000). Aprendizagem motora: conceitos e aplicações. Editora Blucher.

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2003). Controle motor: teoria e aplicações práticas. Manole.