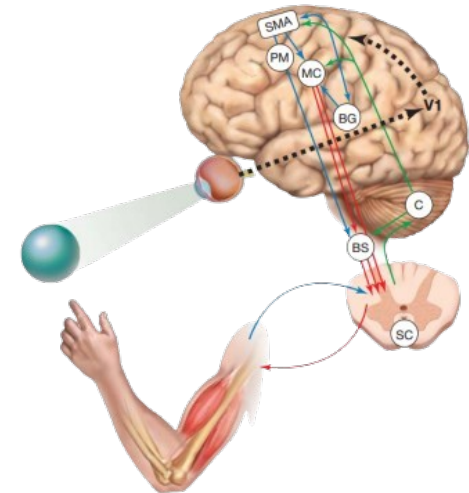
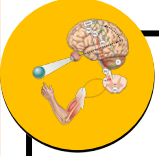


# Controle central dos movimentos



# Circuito aberto

O executivo possui um conjunto de instruções, chamado de "programa", para enviar ao efetuator, e o efetuator as executa sem a possibilidade de modificação caso algo dê errado

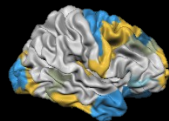


Como o sistema controla os movimentos voluntários de forma central?



As explicações surgem de duas vertentes

NEUROFISIOLOGIA

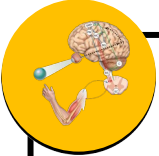


PSICOLOGIA



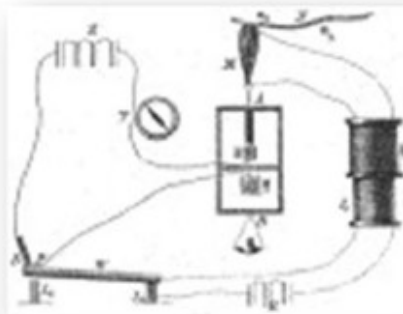


# NEUROFISIOLOGIA



Hermann von Helmholtz (1821-1894), além das imensas contribuições na área da física, os seus trabalhos na fisiologia são pioneiros no estudo da condução nervosa, nos processos relacionados ao calor e energia do corpo e a fisiologia dos olhos.

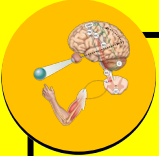
O estudo da velocidade de condução do impulso nervoso permitiu entender o movimento como um fenômeno caracterizado por mecanismos que são ativados em uma sequência temporal.



25-45 m/s



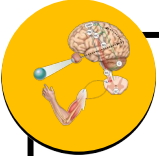
60 m/s



**Em 1870 Eduard Hitzig e Gustav Fritsch descobrem uma área motora cortical em um cachorro através de estimulação elétrica.**

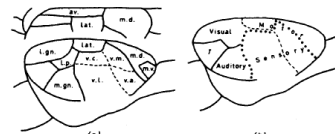


**Em 1906 Sir Charles Scott Sherrington publica “the integrative action of the nervous system” descrevendo a sinapse e o córtex motor.**



# IN SEARCH OF THE ENGRAM\*

**K. S. Lashley**

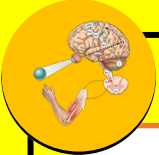


Karl Lashley a procura do engrama

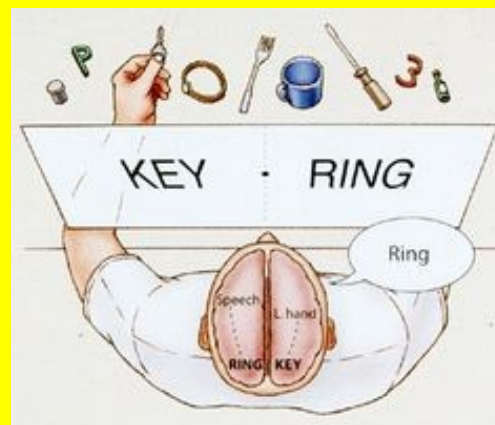
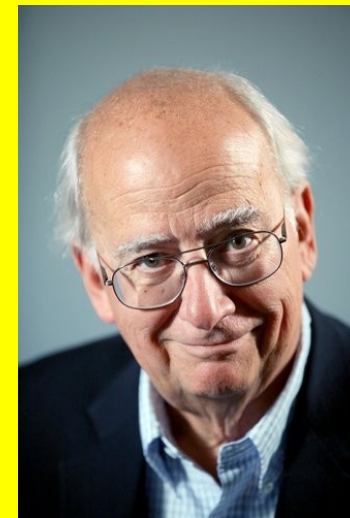
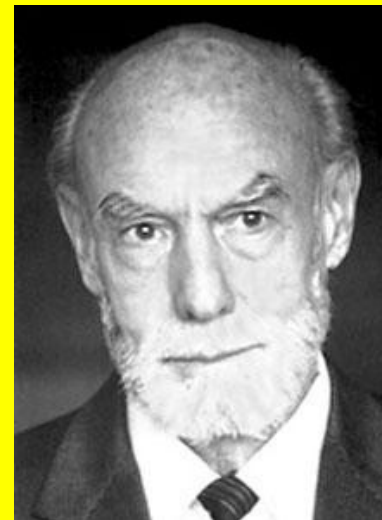
Lesões de diferentes tamanhos em diferentes locais do córtex cerebral na **tentativa de encontrar associações de cada uma destas lesões** com a capacidade dos animais.

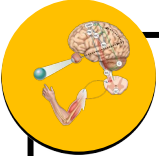
(Lashley, 1950)





Na década de 1950, a pesquisa sobre pessoas com certas lesões cerebrais tornou possível suspeitar que o "centro da linguagem" no cérebro era comumente situado no hemisfério esquerdo.





Split brain behavioral experiments.mp4



*J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 1957, **20**, 11.

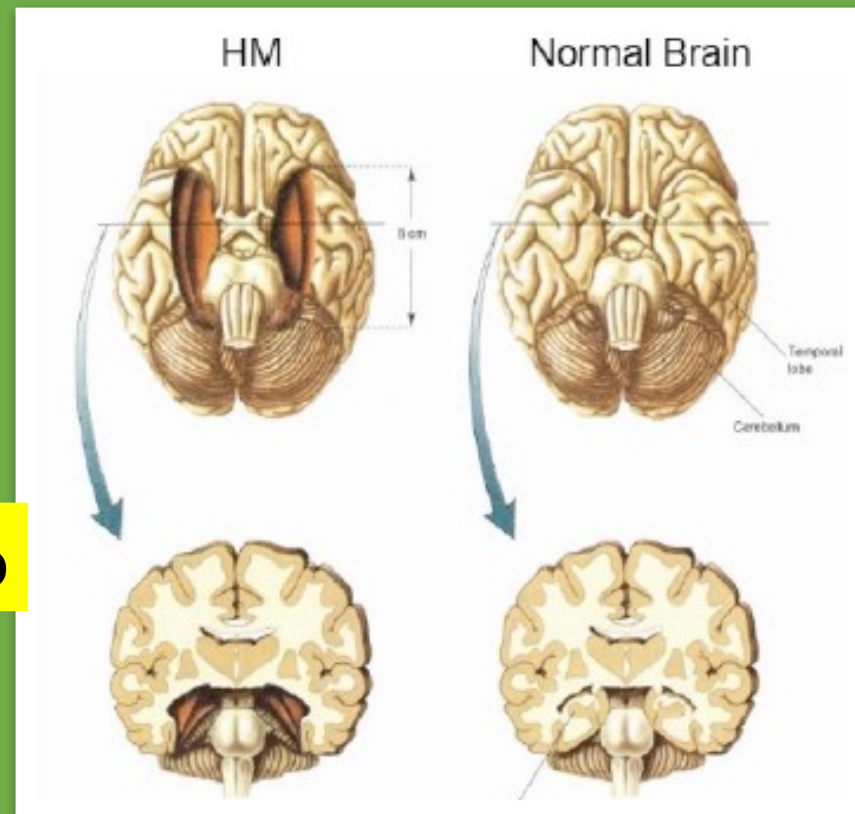
## LOSS OF RECENT MEMORY AFTER BILATERAL HIPPOCAMPAL LESIONS

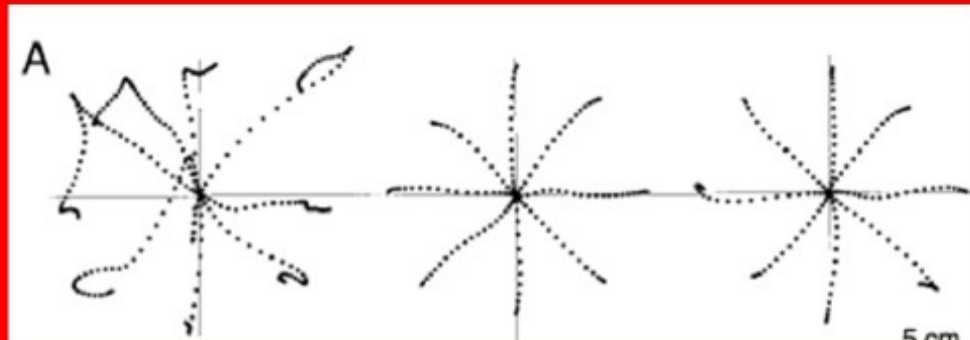
BY

**WILLIAM BEECHER SCOVILLE and BRENDA MILNER**

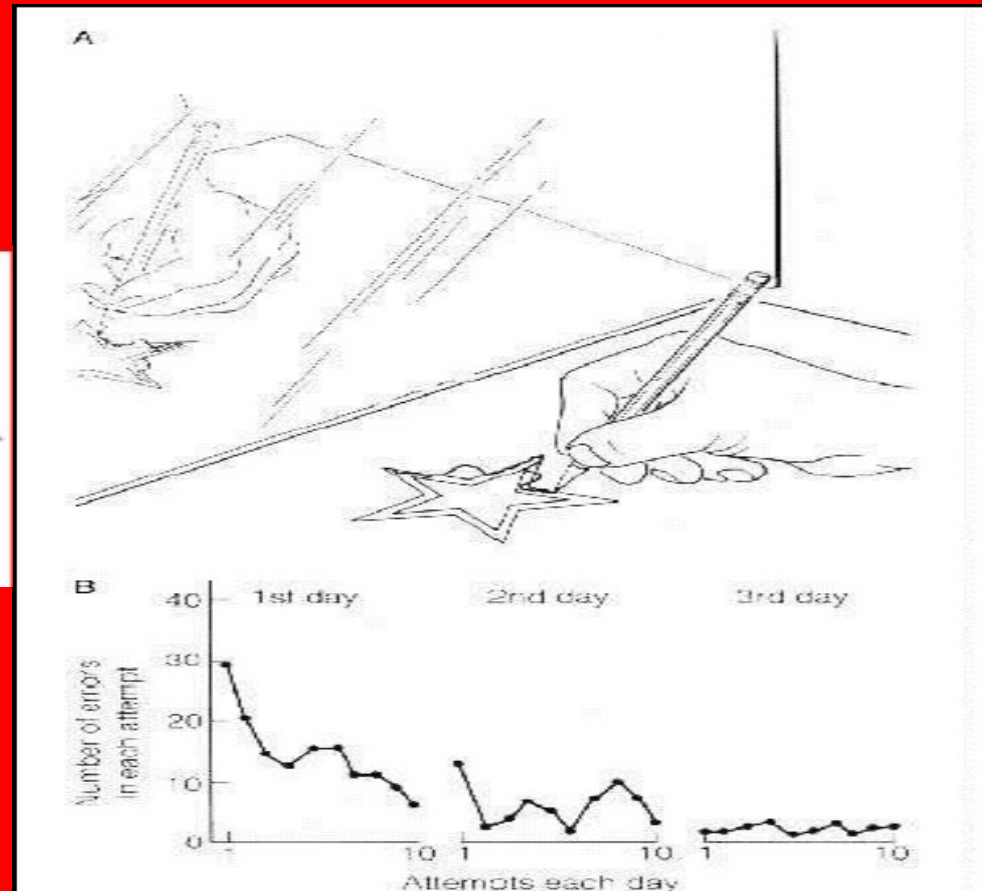
Henry Molaison [paciente **H. M.**]-  
sofia de convulsões causadas por  
um acidente de bicicleta

Cirurgia para retirada do hipocampo





“Memória motora” não  
foi alterada

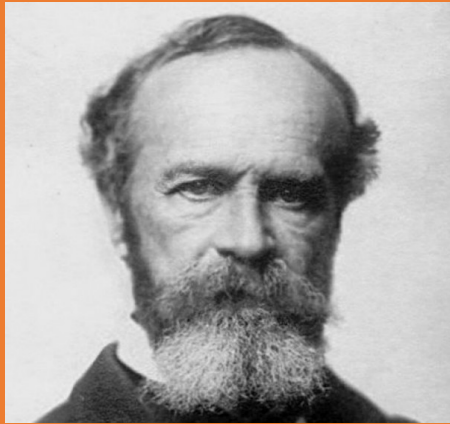




# PSICOLOGIA

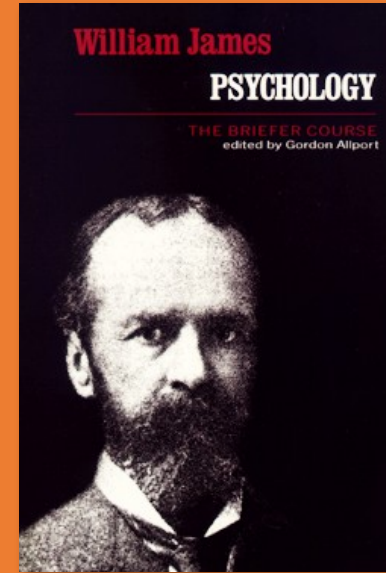


# Estudos iniciais



1842 - 1910

**Termo “ideia motora”**



Capítulo 14, **Consciousness and Movement:**

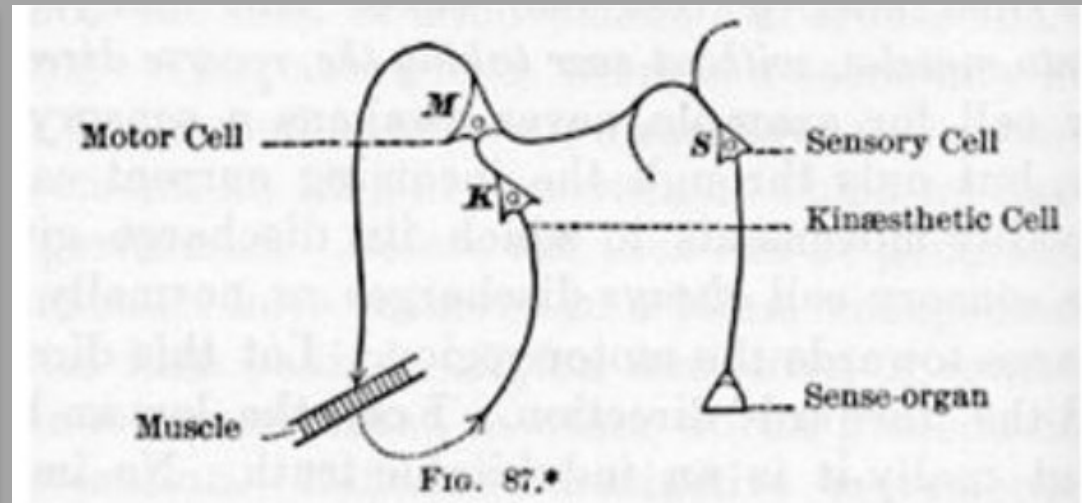


1 - O neurônio (M) move um músculo.

2 - O movimento induz a uma estimulação sensorial (externa ou interna).

3- O movimento produz um feedback sensorial.

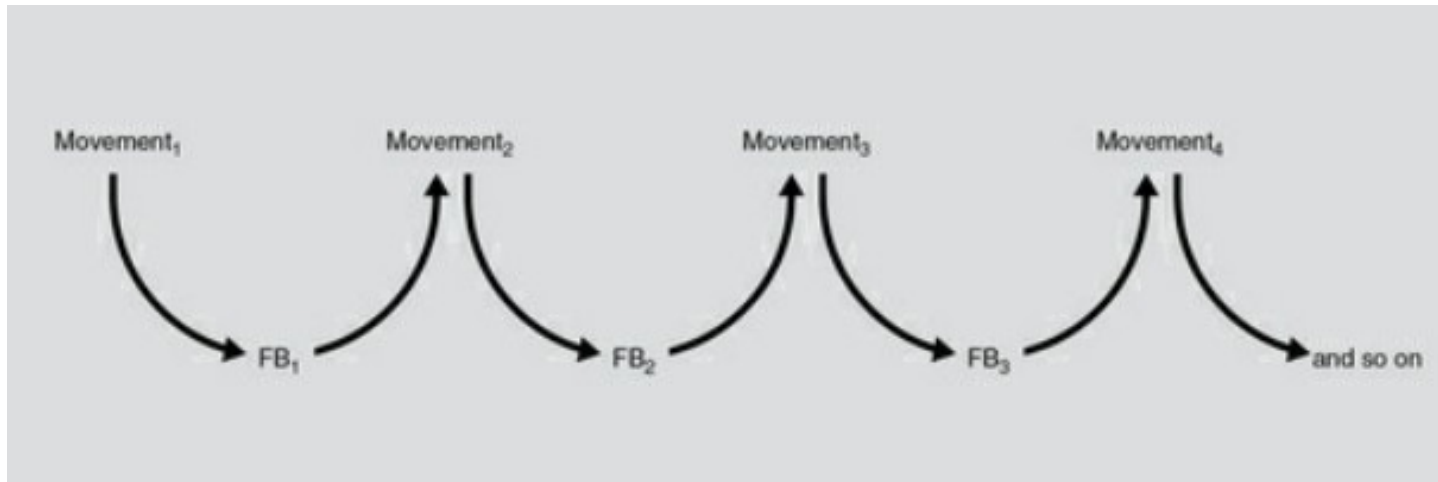
4 - Um outro neurônio (K) armazena essa informação.



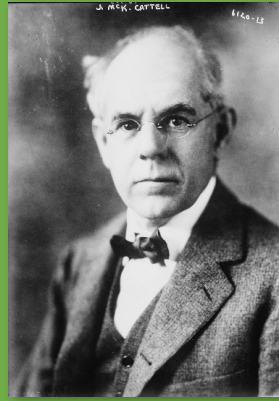
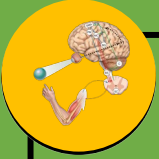
The motor circle underlying ideomotor action as illustrated by William James (1890, p. 582).

# Hipótese da cadeia de reflexos

Uma das primeiras explicações para o controle do movimento foi a hipótese da cadeia de reflexos (ou hipótese do encadeamento de respostas) por William James (1890).







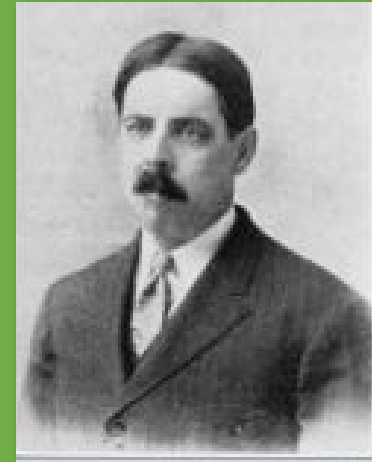
James McKean Cattell



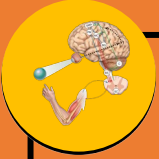
Albert Theodor Poffenberger



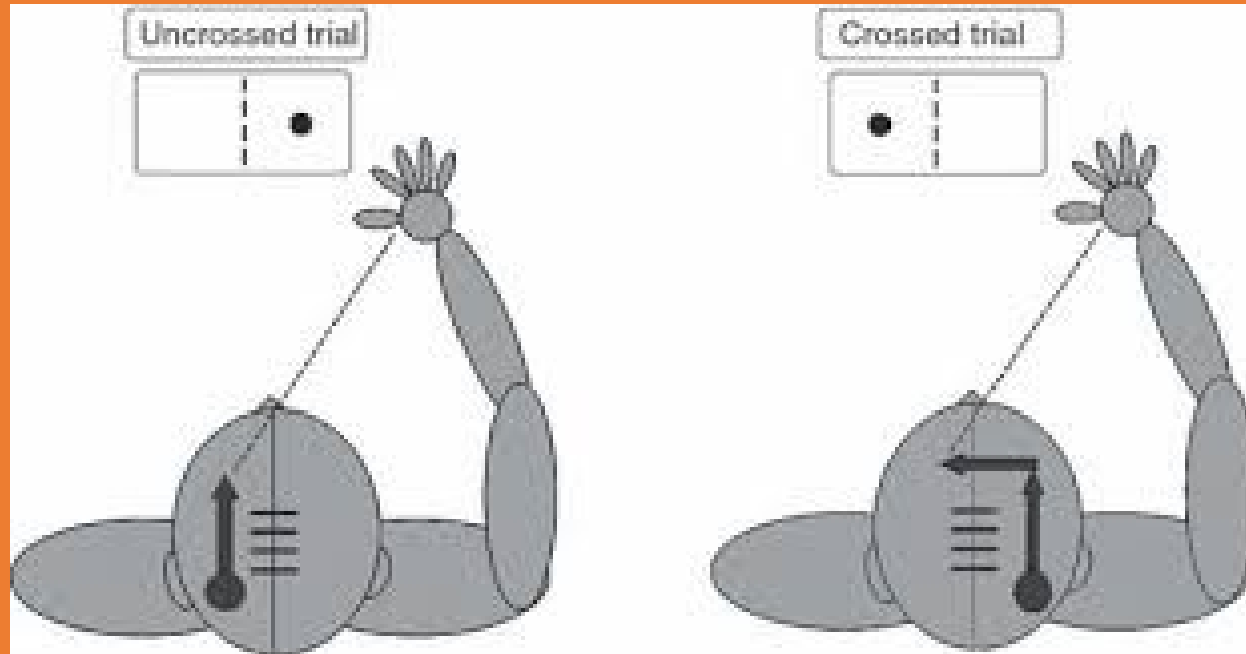
Robert S. Woodworth

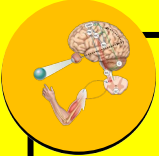


Edward Thorndike

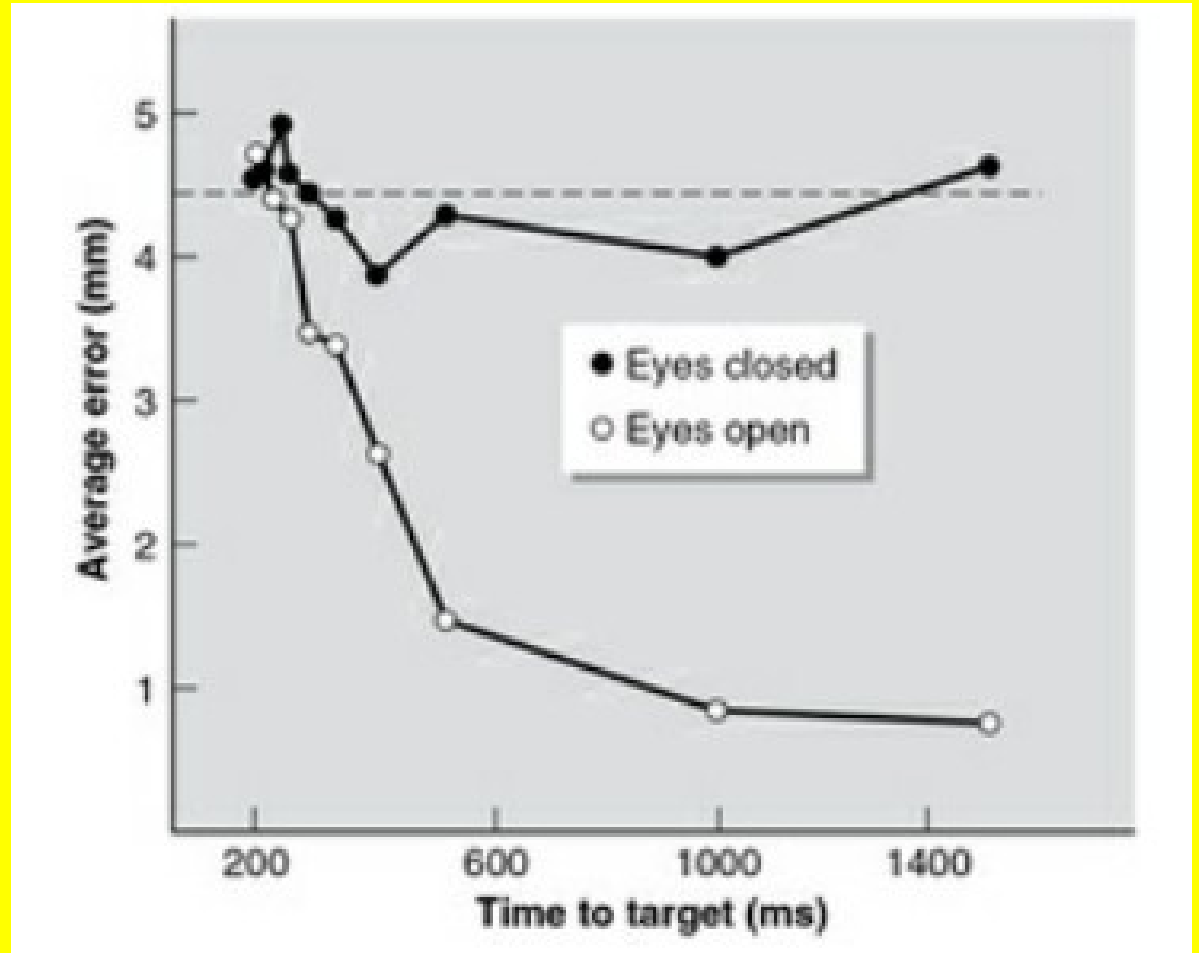


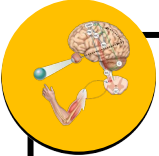
# Paradigma de Poffenberger





Robert S. Woodworth





EDWARD THORNDIKE

# Animal Intelligence

An Experimental Study of the Associative Processes in Animals

BY

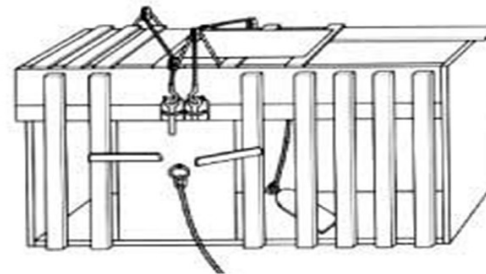
EDWARD L. THORNDIKE A.M.,

*University Fellow in Psychology, Columbia University.*

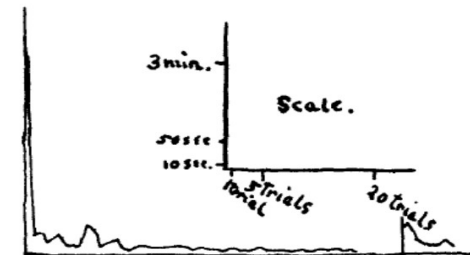
Series of Monograph Supplements,  
Vol. II., No. 4 (Whole No. 8), June, 1898.

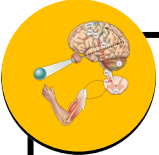
Thorndike observou curvas de aprendizagem em um experimento utilizando animais.

A)



B)





# Computadores e o homem como um processador de informações: Psicologia Cognitiva entra em cena

**Pergunta principal**  
Qual estrutura cognitiva  
está associada ao  
controle das ações  
motora?

## The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement

Paul M. Fitts  
Ohio State University



*Editor's Note.* This article is a reprint of an original work published in 1954 in the *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.

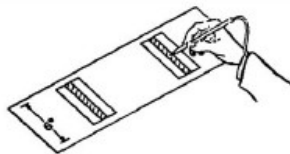


Figure 1. Reciprocal tapping apparatus. The task was to hit the center plate in each group alternately without touching either side (error) plate.

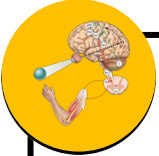
Human Factors



**The New York Times**  
Toyota Sudden  
Acceleration



Richard Schmidt



# Psychological Bulletin

---

## MOVEMENT CONTROL IN SKILLED MOTOR PERFORMANCE<sup>1</sup>

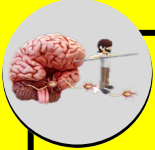
STEVEN W. KEELE

*University of Oregon*



### **Conceito de programa motor**

**Conjunto de comandos motores que é estruturado antes do início da sequência de movimentos e que possibilita toda a sequência ser executada sem a influência do *feedback* periférico**



# Conceitos de programa motor

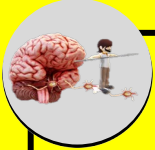
(Keele, 1968)



---

Uma **série de comandos musculares** estruturados **anterior ao movimento** que permite executar a sequência motora **sem a presença de *feedback*** periférico.

(Keele. Psychological Bulletin, 1968)



# Conceitos de programa motor

(Keele, 1968)

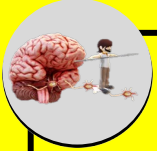
(Keele, 1981)

---

**Representação interna** de uma sequência de ações motoras pré-estruturada, que envolve a interação várias áreas do cérebro.

(Keele. Handbooks of physiology, 1981)



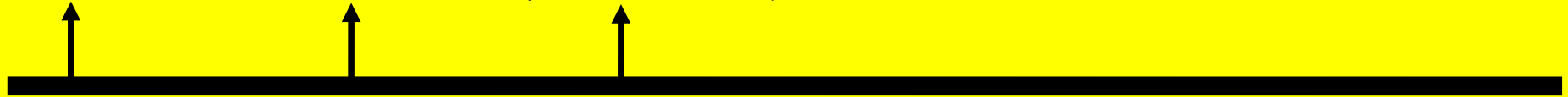


# Conceitos de programa motor

(Keele, 1968)

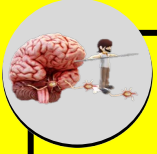
(Keele, 1981)

(Wickens, 1994)

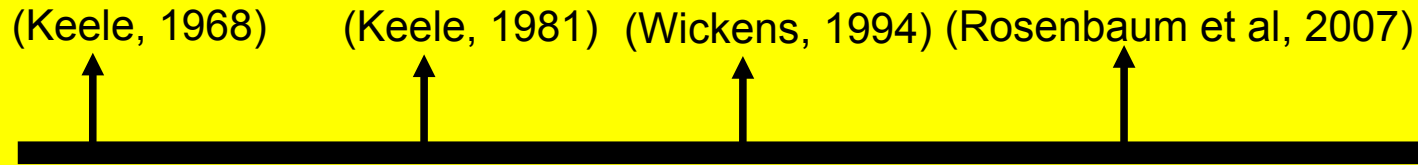


Um **cell assembly** representado nas áreas motoras do córtex por meio de conexões sinápticas entre neurônios piramidais.

(Wickens, Hyland and Anson. Journal of Motor Behavior, 1994)

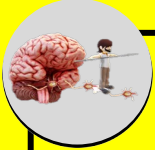


# Conceitos de programa motor

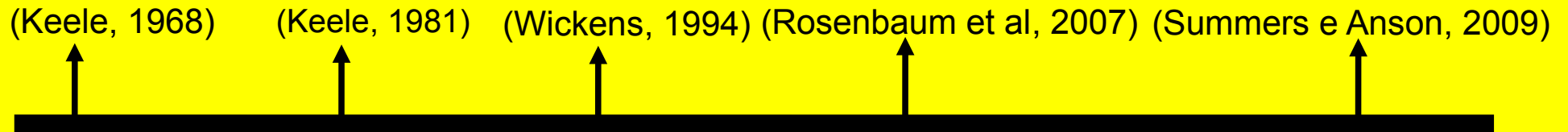


Programa motor como um **assembly hierárquico**.

(Rosenbaum et al. Human Movement Science, 2007)



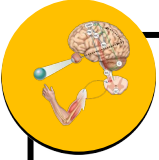
# Conceitos de programa motor



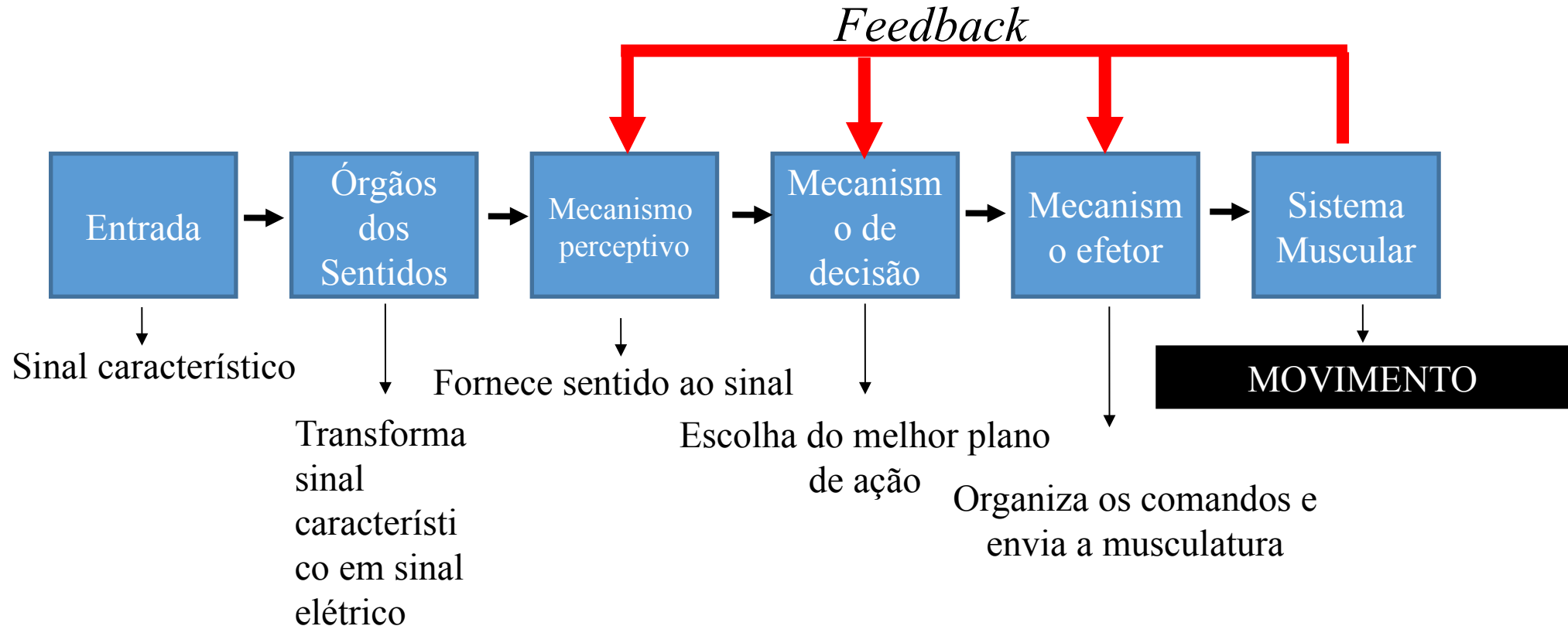
O **cell assembly** como um provável mecanismo do programa motor

Envolve estruturas subcorticais (Valls-Solé et al., Exp Brain Res (2008) 187:497–507)

(Summers and Anson. Human Movement Science, 2009)



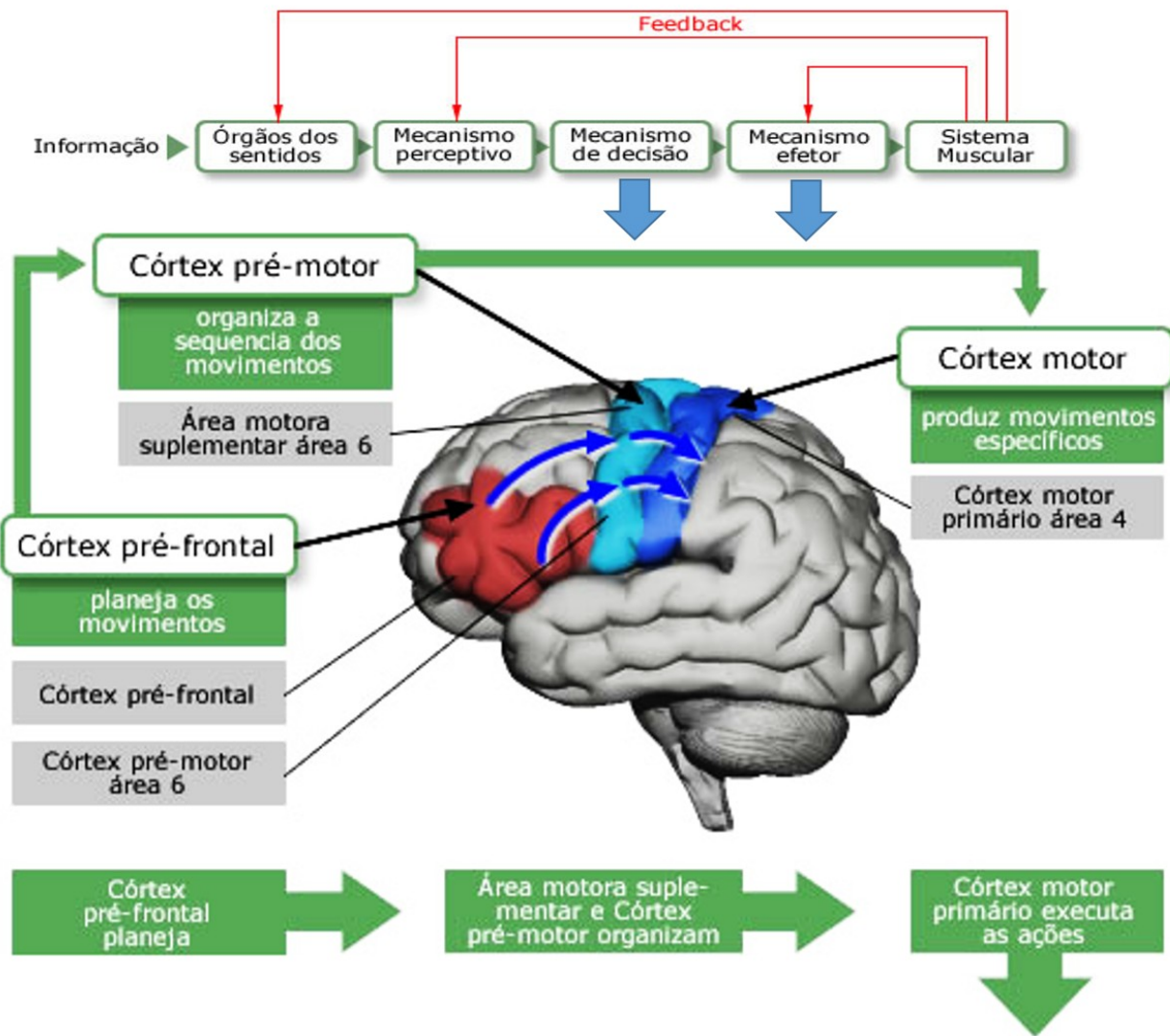
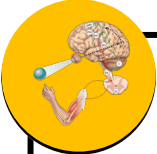
# Modelo de Marteniuk

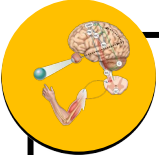


(Adaptado de Marteniuk, 1976; Tani 1989)



# **INTEGRAÇÃO ENTRE O MODELO COMPORTAMENTAL E ESTRUTURAS NEURAIS**





**Estriado**

**Outras áreas (ex. cerebello)**

**Decisão o movimento**

**Pré-frontal**

**Seleção do programa motor**

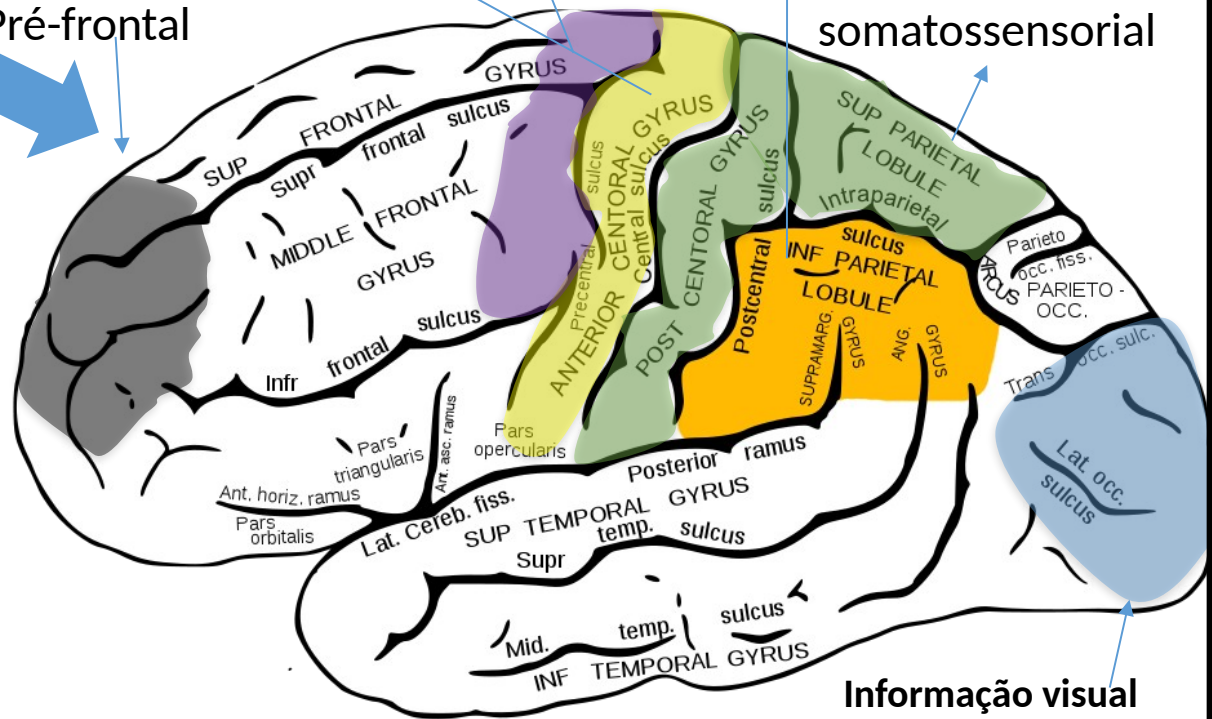
**córtex pré-motor e AMS**

**Output motor**

**M1**

**Integra as informações das regiões  
córtex associativo terciário**

**Proprioceptiva  
somatossensorial**



**Informação visual  
córtex visual  
(primário e secundário)**



# Mecanismo perceptivo

## Detecção dos estímulos

- **Clareza dos estímulos.** refere-se ao grau em que o estímulo visual é bem definido e "nítido" (vs. Desfocado).
- **Intensidade do estímulo.** refere-se ao grau de ativação gera nos órgãos do sentido.
- **Modalidade.** refere-se ao tipo de órgão do sentido que é estimulado (ex., Visual x Tátil).





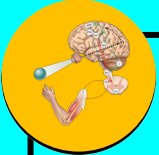
# Mecanismo perceptivo

## Reconhecimento de padrão

Extração de um padrão ou característica dos estímulos apresentados. Esses padrões estão relacionados a coisas como a forma de um rosto — ou, no esporte, com a direção para a qual uma bola de beisebol está indo

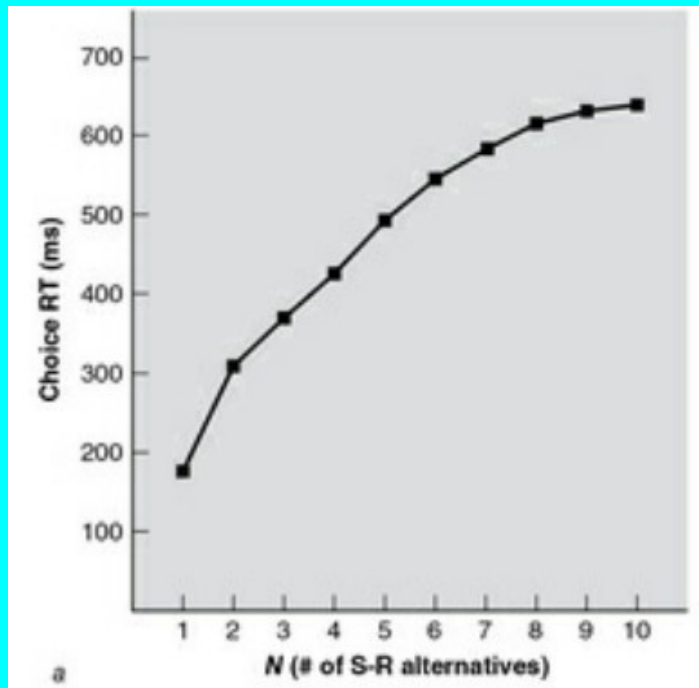
Alguns desses padrões a serem detectados são geneticamente definidos (por exemplo, relacionados à sobrevivência).

Outros podem depender fortemente do aprendizado, como o reconhecimento de uma jogada em desenvolvimento no voleibol.

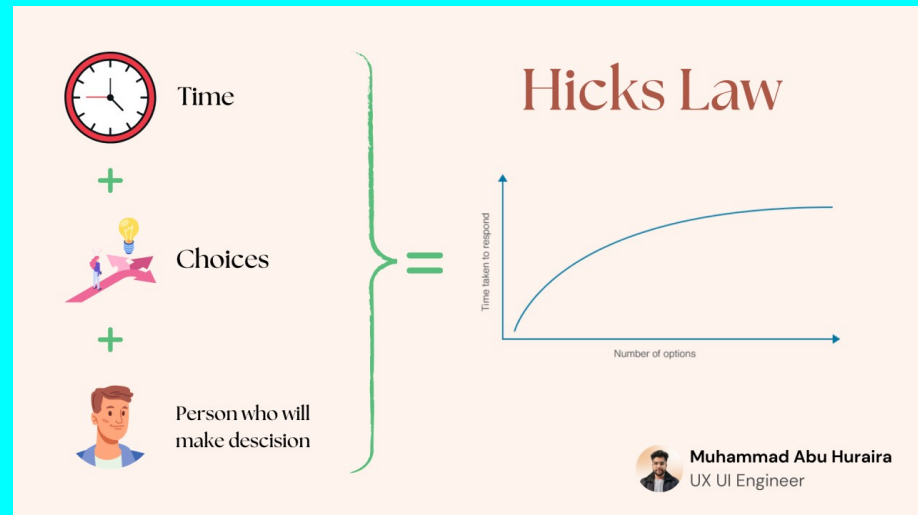


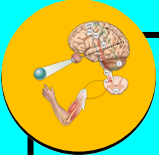
# Mecanismo decisional

## Número de estímulos/alternativas



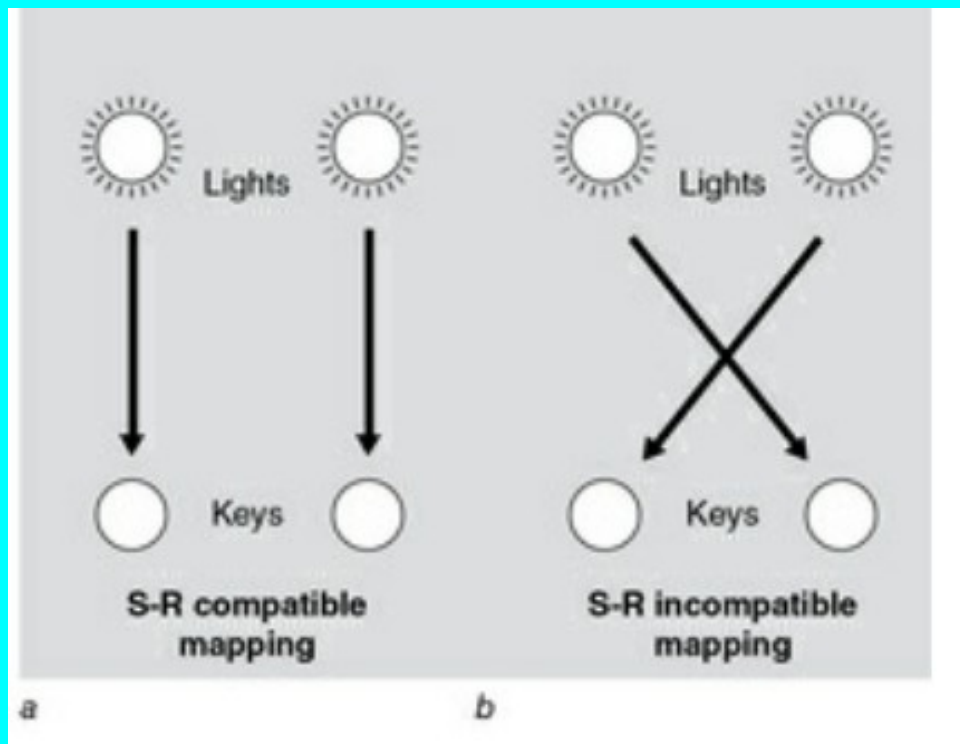
Merkel 1885

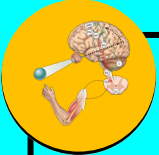




# Mecanismo decisional

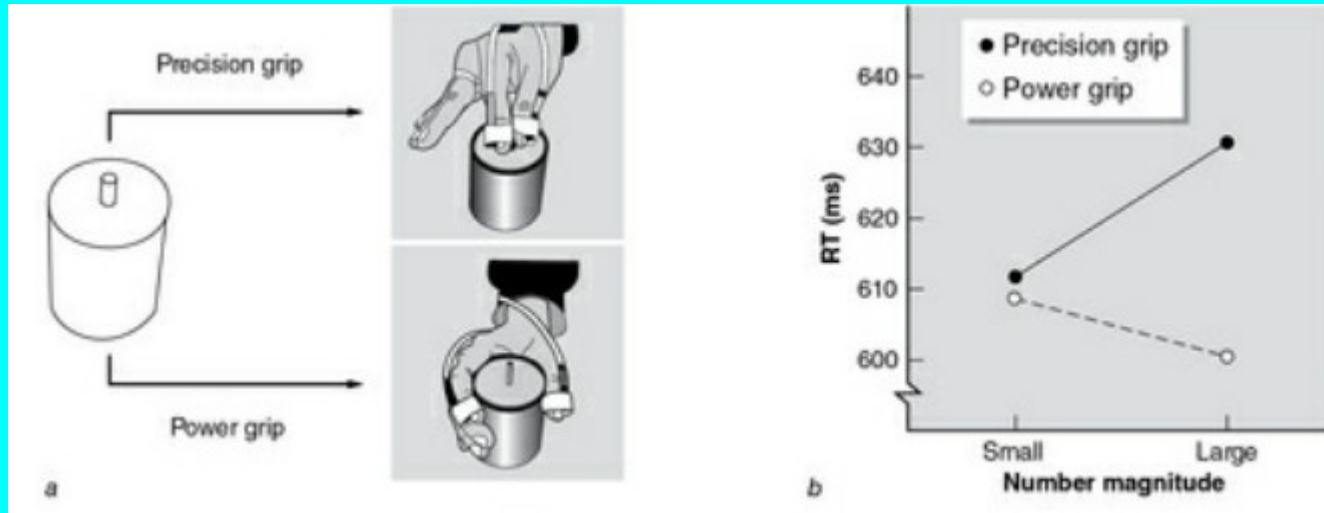
## Compatibilidade entre estímulo e resposta





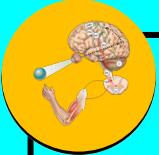
# Mecanismo decisional

## Compatibilidade entre estímulo e resposta



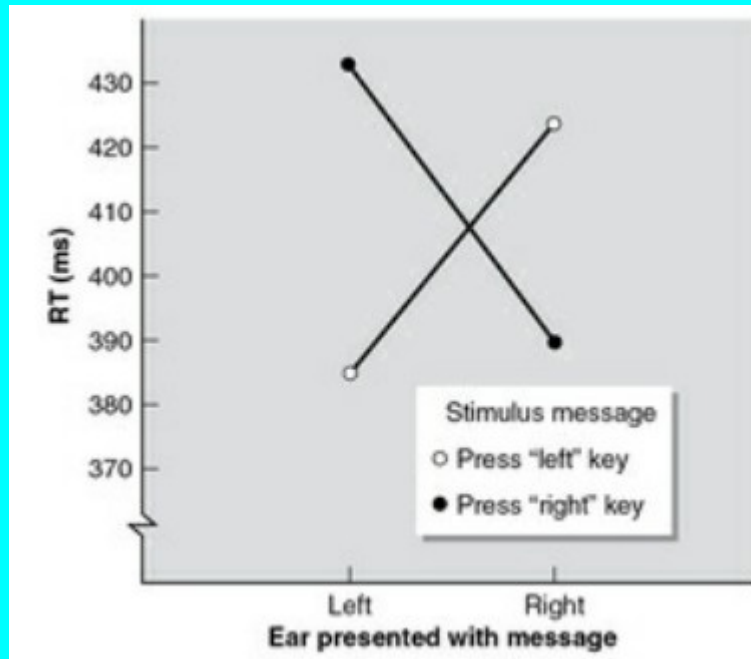
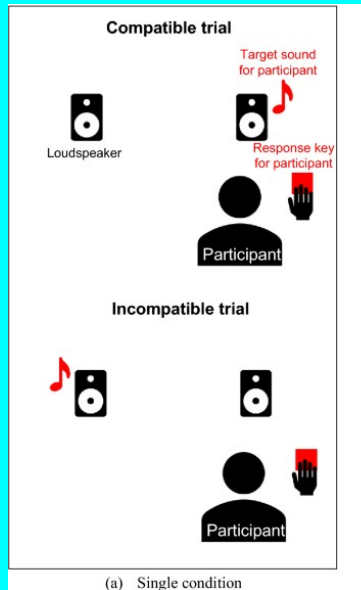
TR foi menor para iniciar na preensão de precisão em resposta a um número baixo (2 ou 3) em comparação a um número alto (8 ou 9).

Inversamente, o TR foi maior para preensão de força em resposta a um número baixo em comparação a um número alto.

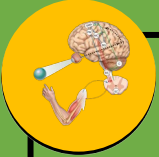


# Mecanismo decisional

## Compatibilidade entre estímulo e resposta

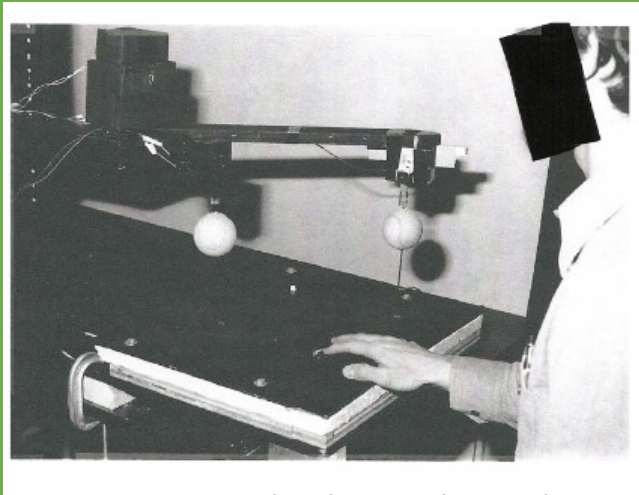


Simon Effects



# Mecanismo efector

## Número de elementos, precisão e duração



Henry, & Rogers, (1960). Research Quarterly.  
American Association for Health, Physical  
Education and Recreation

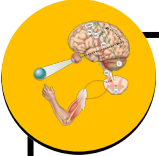
Table 3.3 Experimental Conditions and Results From Henry and Rogers (1960)				
Movement task	Number of movement parts	Movement accuracy requirement	Duration of movement	Latency to begin movement (RT)
A	1	No	Very brief	159 ms
B	2	Yes	95 ms	195 ms
C	4	Yes	465 ms	208 ms

A- levantar o dedo de uma tecla alguns milímetros, sem nenhuma exigência de precisão.

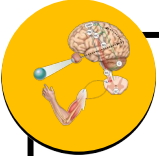
B- levantava o dedo da tecla e movia-o aproximadamente 33 cm para frente e para cima, para pegar uma bola de tênis

C- levantava o dedo da tecla movia-se para cima e para a direita para acertar a primeira bola com a parte de trás da mão, movia-se para frente e para baixo para pressionar um botão, e depois se movia para cima e para a esquerda para pegar a segunda bola suspensa.

Todas as três versões da tarefa, havia um único estímulo e uma alternativa de resposta. Assim, a identificação do estímulo e de seleção da resposta deveria ser sempre a mesma; a única variação estava na natureza do movimento a ser realizado.



**Como explicar a antecipação considerando este modelo?**

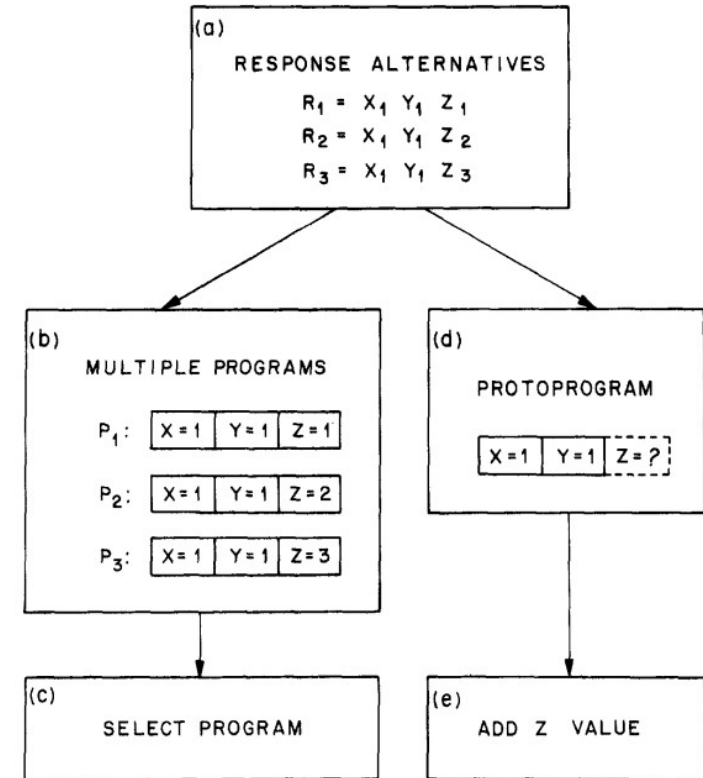
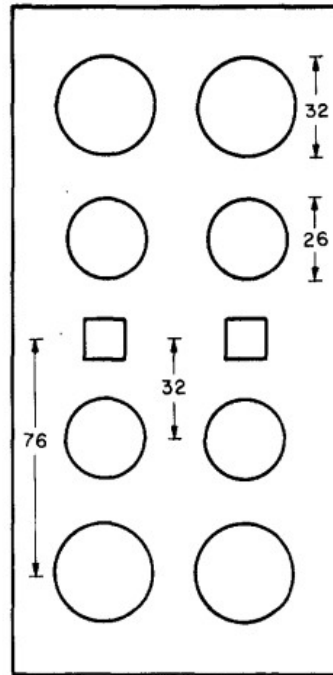


Uma tarefa em que a resposta envolvia até três tipos de escolhas de movimento:

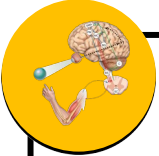
- (a) braço (direito ou esquerdo)
- (b) direção (ao corpo ou afastando)
- (c) extensão (próximo ou distante)

$2 \times 2 \times 2 = 8$  alternativas

Informações antecipadas (pistas) sobre qualquer uma das três características do movimento reduzia o tempo de reação em cerca de 100 a 150 ms.





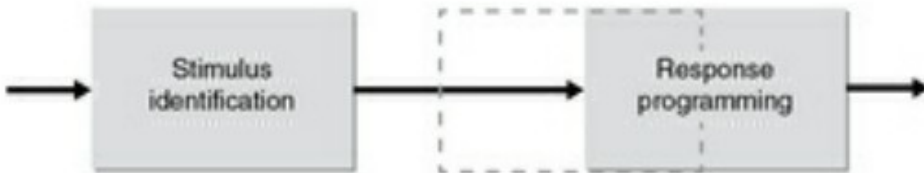


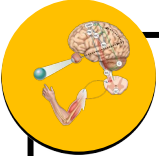
Se o participante recebe informações antecipadas (ex., característica do movimento) algumas das operações de processamento podendo ser "puladas".

**No advance information**



**Advance information available**



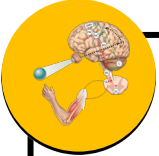


Análises do chute de pênalti no futebol mostram que, se o goleiro esperar até o momento do contato com a bola para decidir, é praticamente impossível interceptá-la.

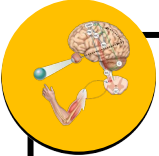
O tempo de percurso da bola até a linha do gol (cerca de 600 ms) é aproximadamente igual ao tempo de movimento do goleiro (500-700 ms) após a decisão de se mover.

Franks, I. M., & Harvey, T. (1997). Cues for goalkeepers: High-tech methods used to measure penalty shot response. *Soccer Journal*, 42, 3038





# **Medidas para inferir sobre os processos no modelo**



# Tempo de reação

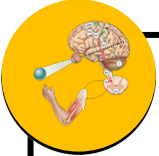


## Conceito

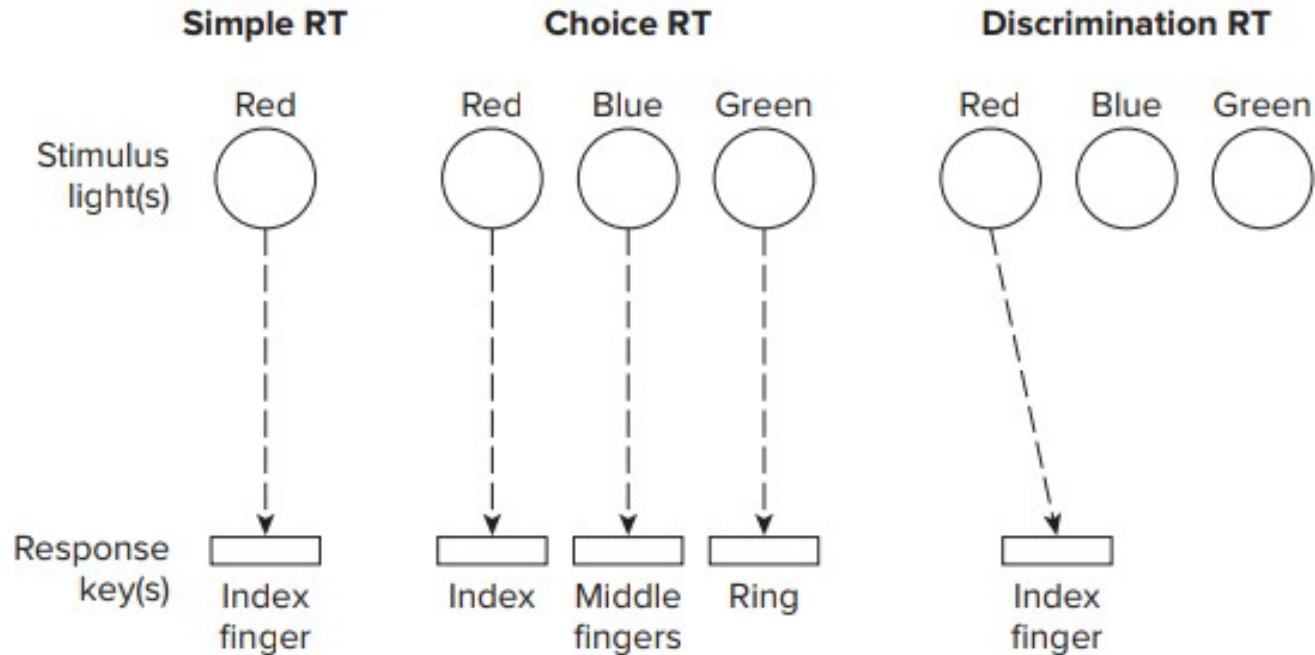
**TR.** Intervalo entre o surgimento do estímulo e início da resposta.

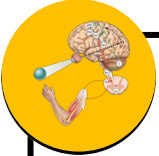
**TM.** Intervalo entre o final do TR até a conclusão do movimento



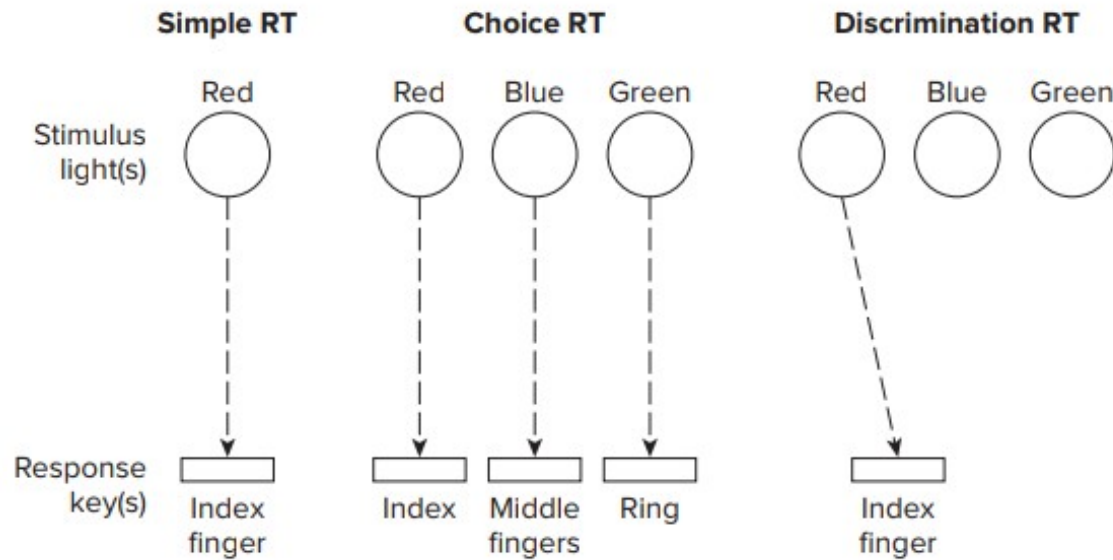


# Tipos de tempo de reação





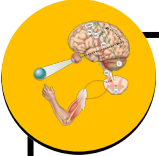
# Qual a relação entre os tipos de tempo de reação e os mecanismos



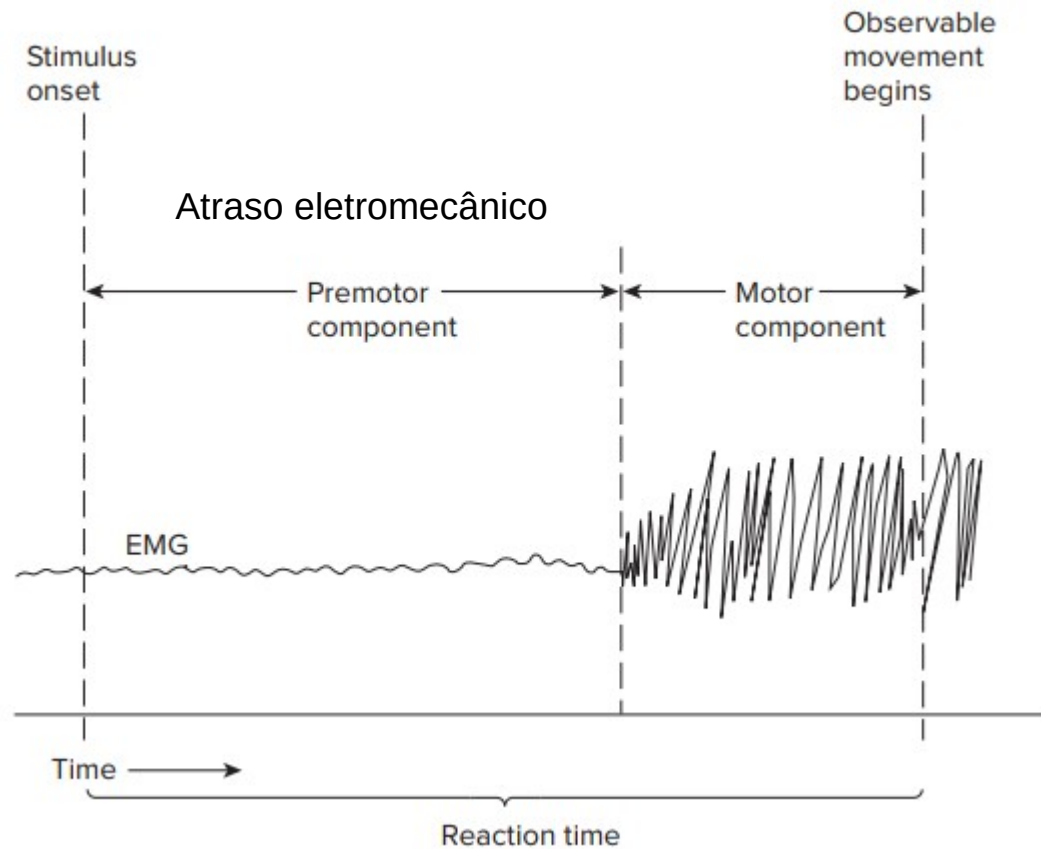
Mecanismo  
perceptivo

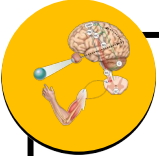
Mecanismo  
de decisão

Mecanismo  
efetor



# Componentes do TR

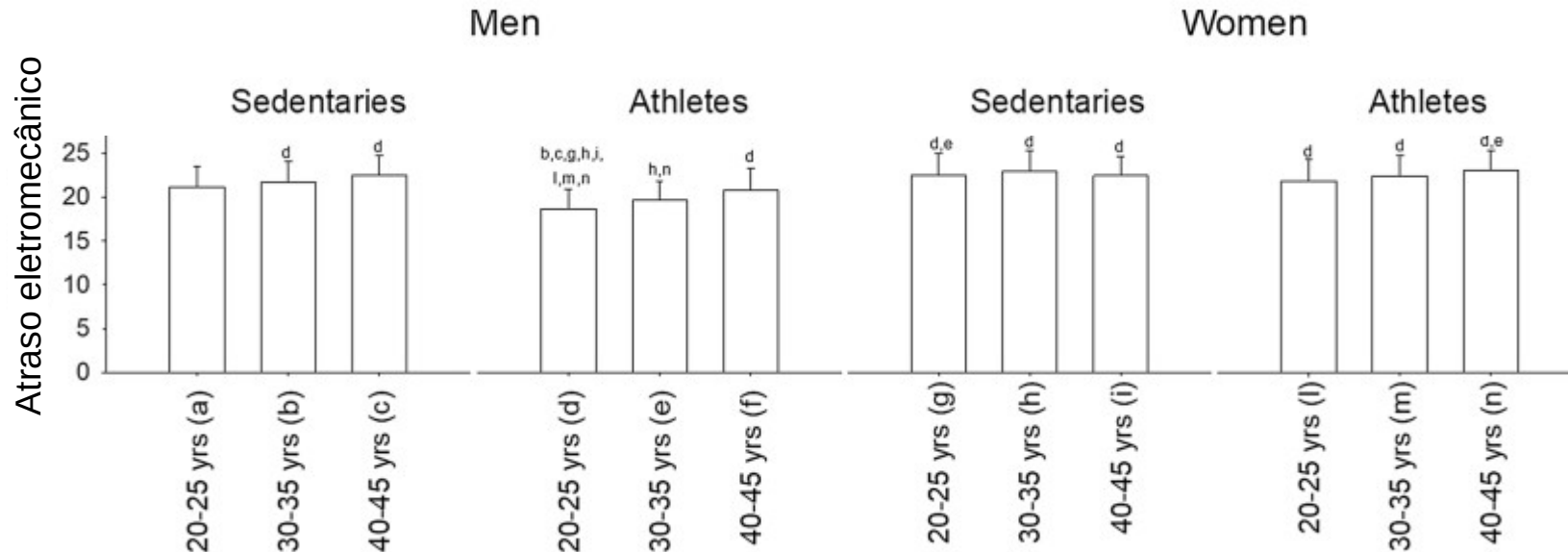




# Componentes do TR

Um aumento no atraso eletromecânico associado a um risco maior de lesão do ligamento cruzado anterior.

Sexo, idade, atividade física, fadiga, temperatura muscular e condições patológicas mostraram influenciam.



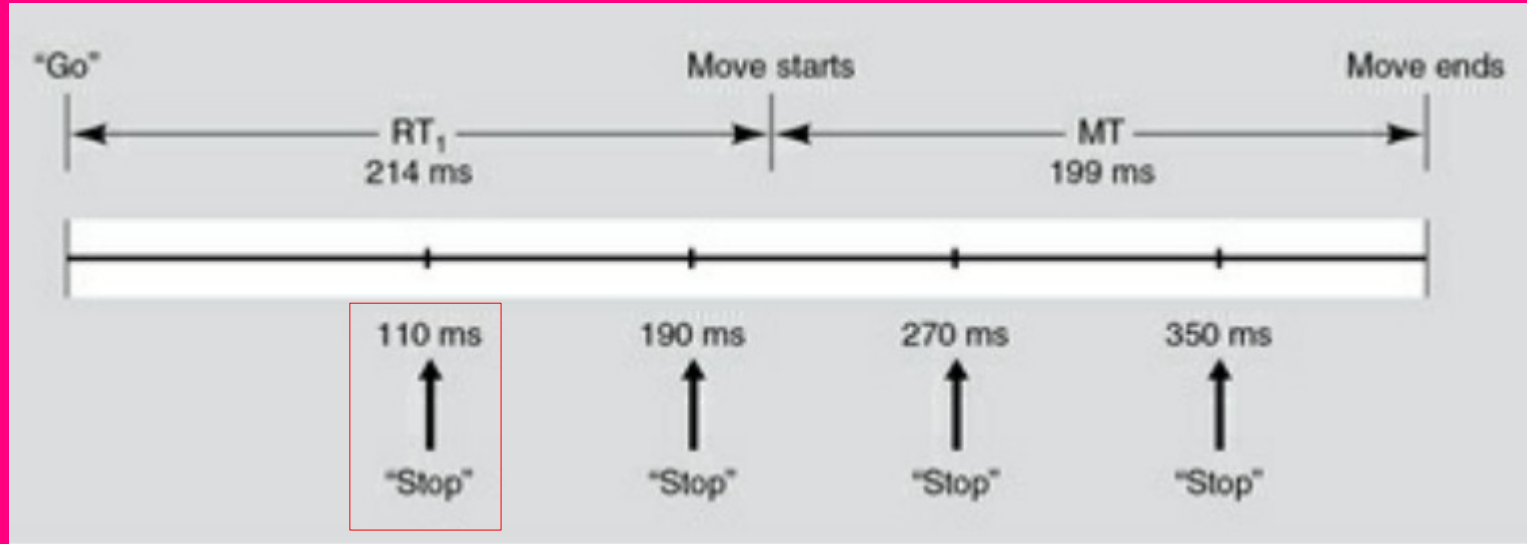


# Ponto de não retorno



Henry and Harrison (1961)

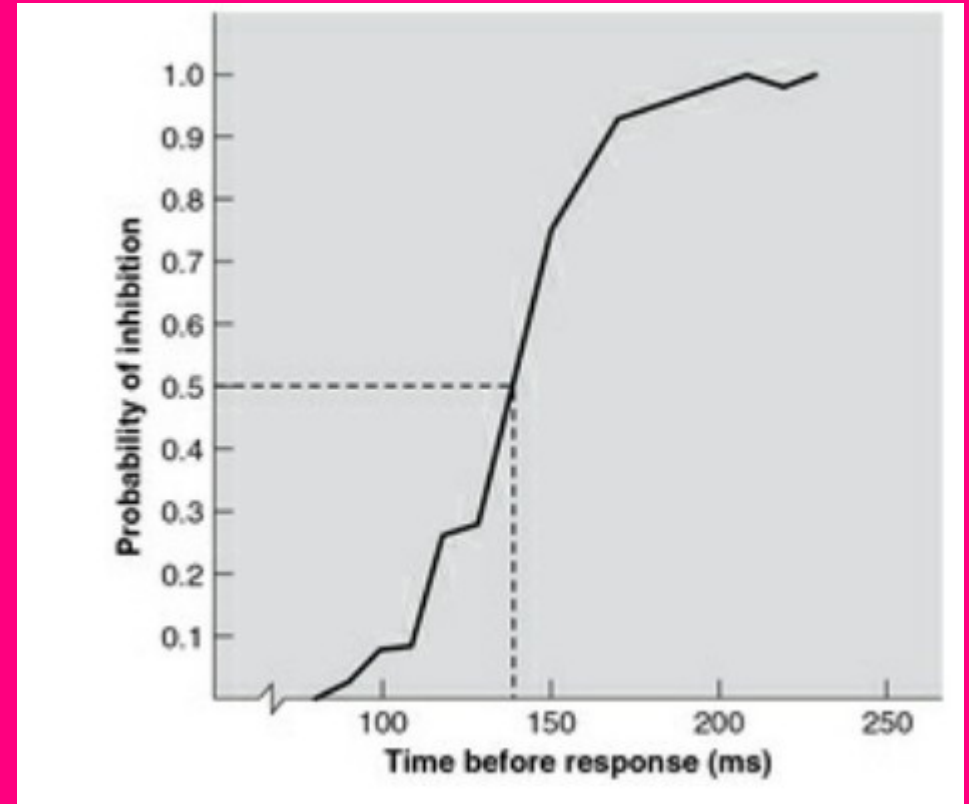
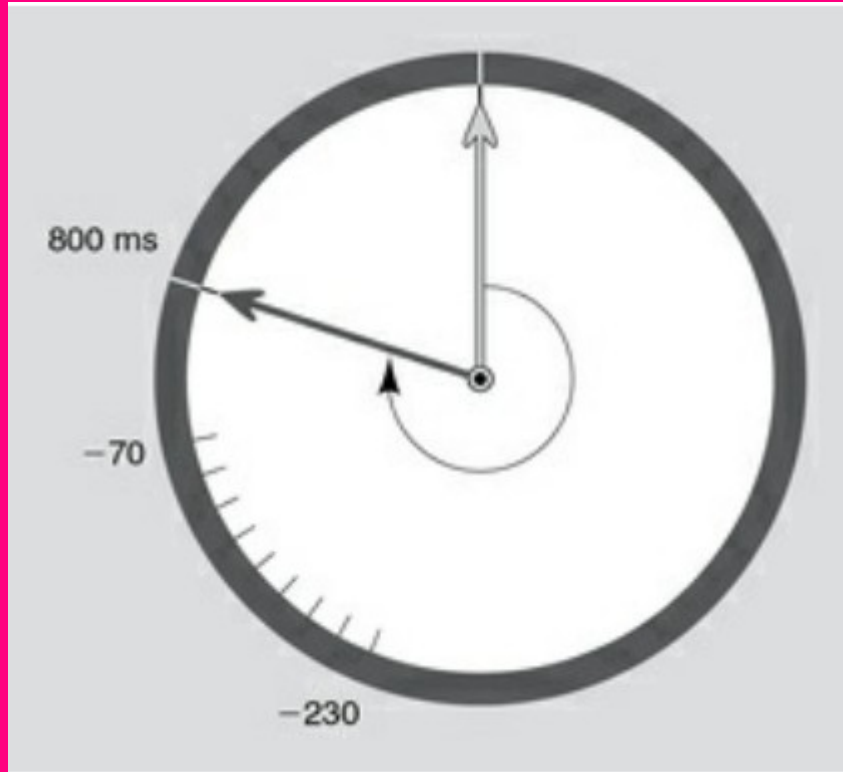
# Ponto de não retorno



Apenas essa condição  
permitiu inibir a ação

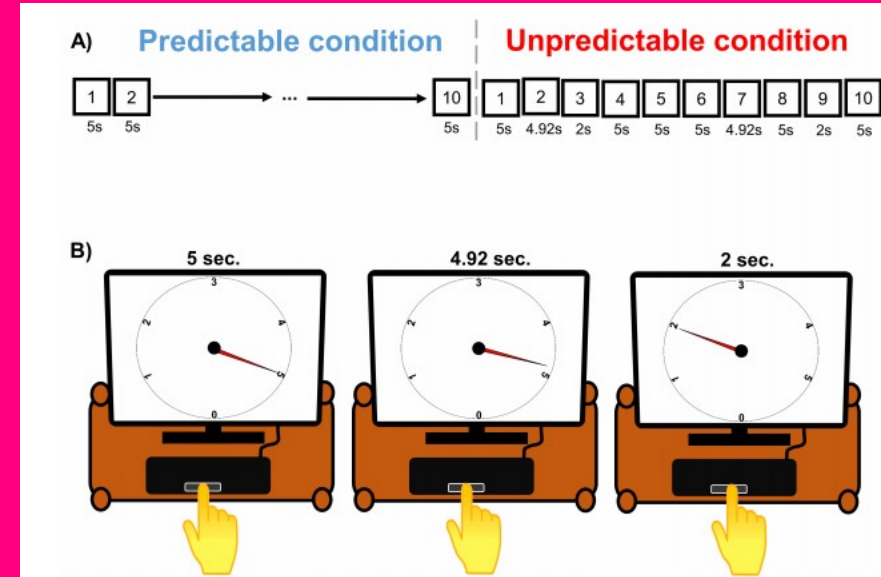
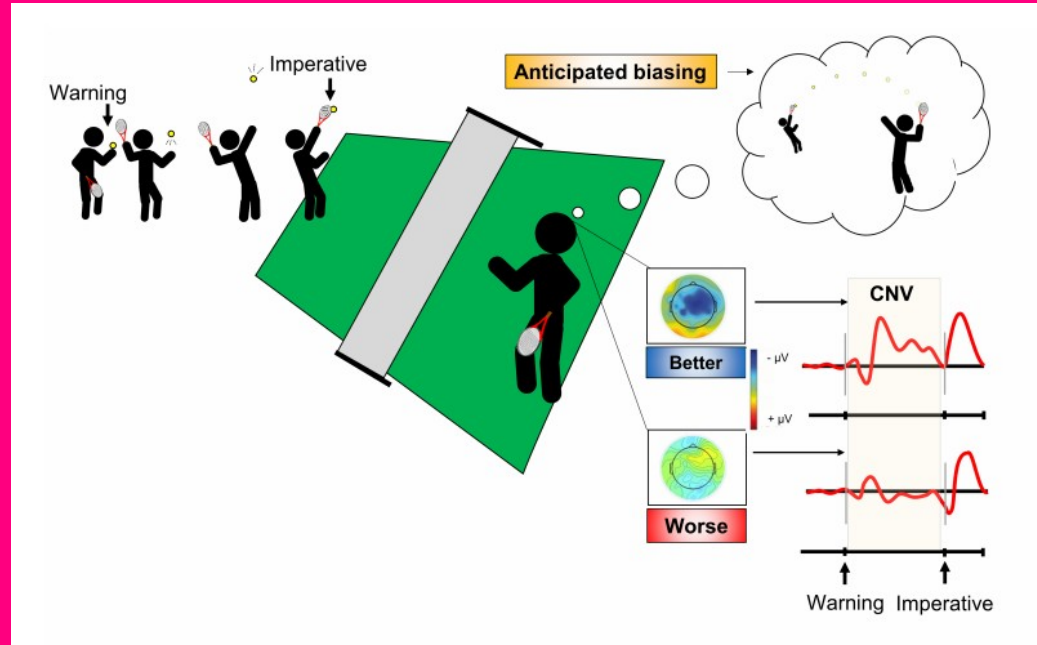
Henry and Harrison (1961)

# Ponto de não retorno



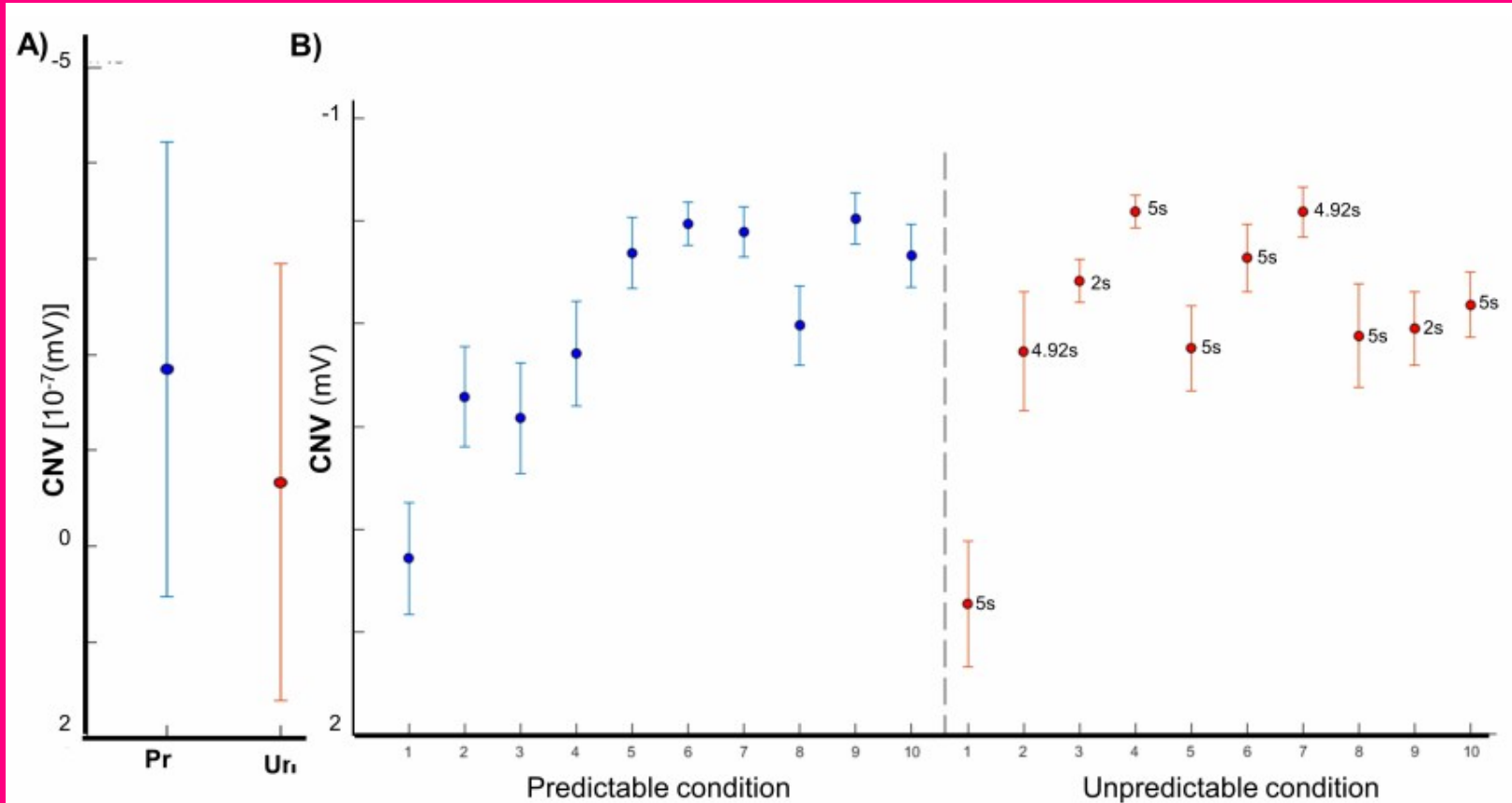
Slater-Hammel (1960)

# Ponto de não retorno

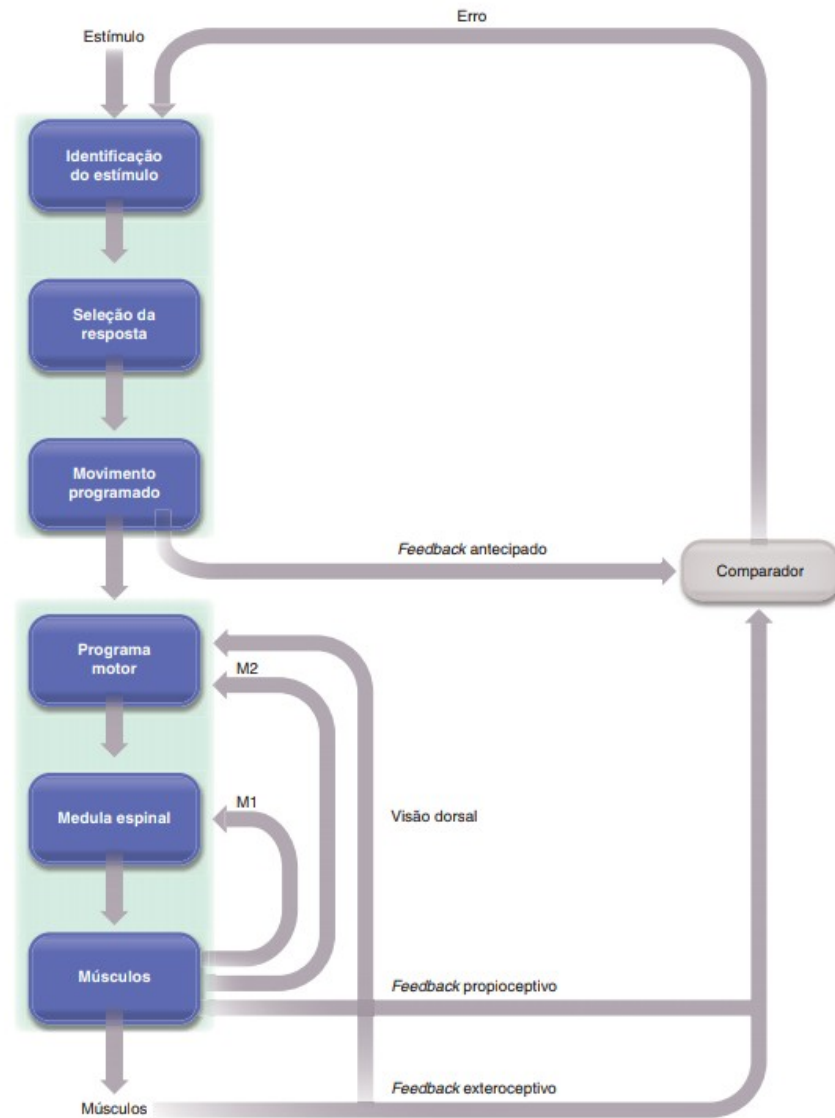


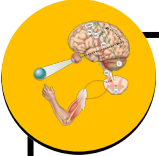
Apolinário-Souza et al. (2022)

# Ponto de não retorno



Apolinário-Souza et al. (2022)





# Lab 3. Tempo de reação

**Organizem em trios**

<https://www.youtube.com/watch?v=Cl0K5mo8y-8&t=5s>