



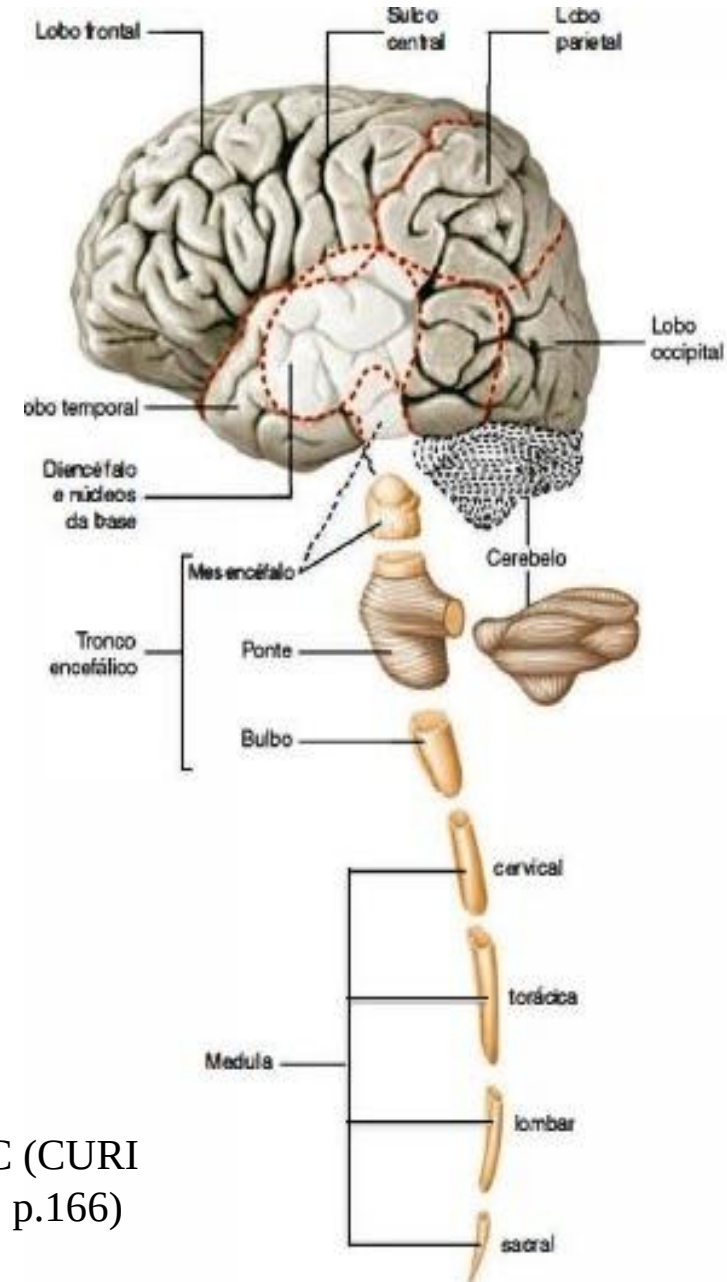
Regulação da postura e dos movimentos pelos núcleos da base, cerebelo e cérebro

Me. Daniel Mendes Filho

Biomédico mestre em Ciências Fisiológicas (Fisiologia, Farmacologia e Bioquímica) e doutorando em Fisiologia (FMRP-USP)

Visão geral do movimento voluntário

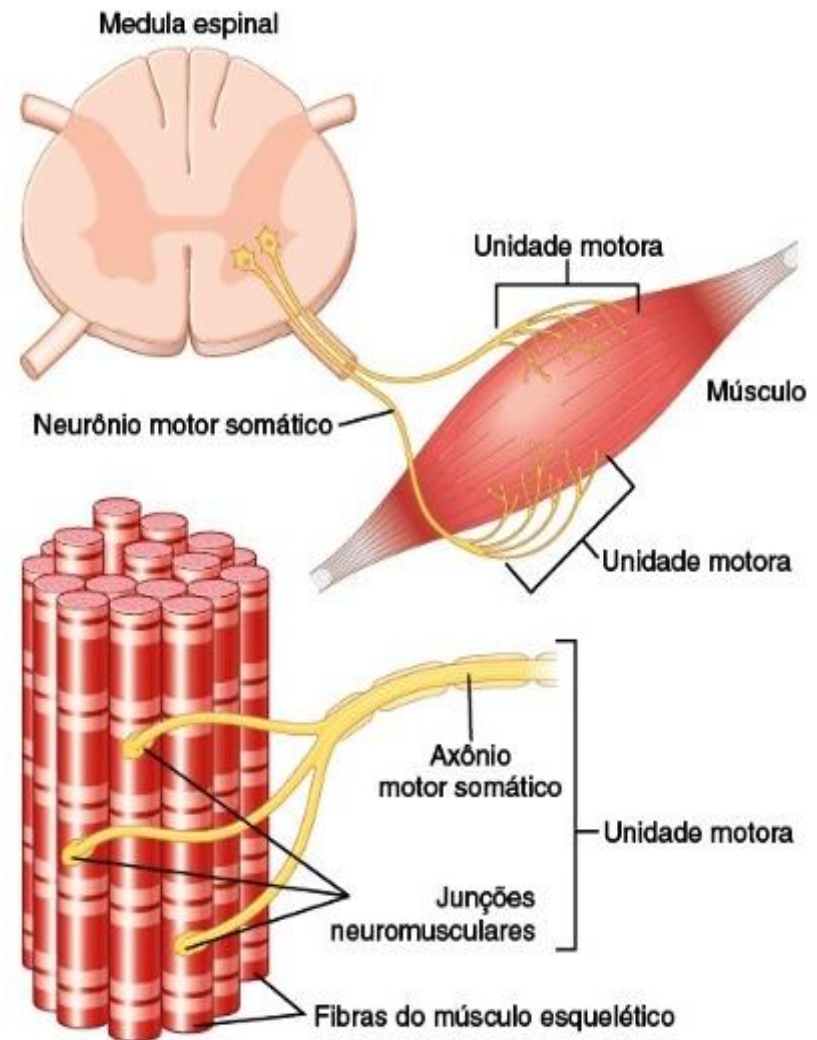
- Movimento voluntário: integração do cérebro com órgãos subcorticais e cerebelo



Subdivisões anatômicas do SNC (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 10.1, p.166)

Visão geral do movimento voluntário

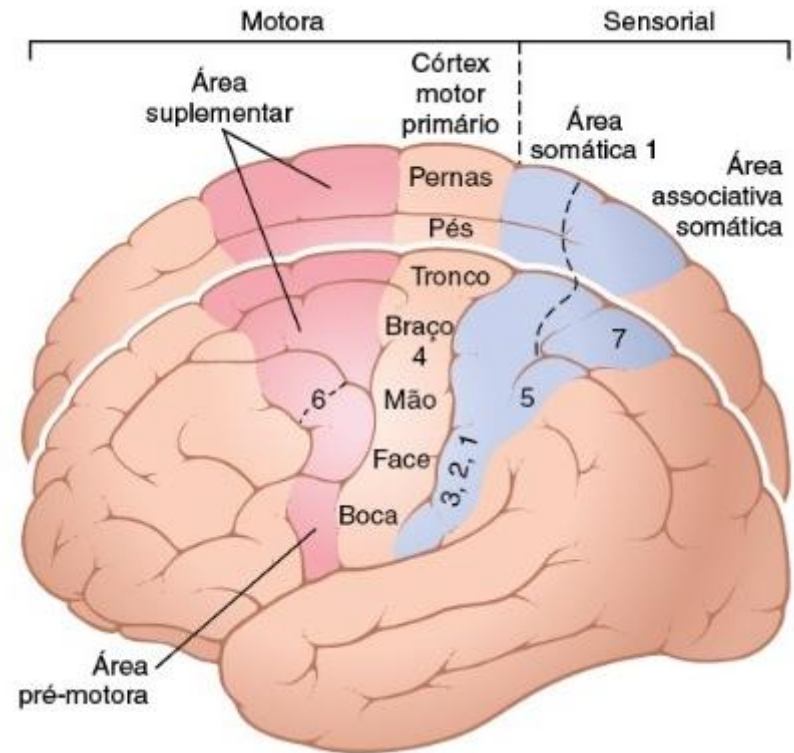
- ▶ Alvo final dessa integração: **unidades motoras**;
- ▶ Unidades motoras → origem no tronco encefálico ou na medula espinhal.



Unidade motora (motoneurônio e fibras musculares por ele inervadas) (GUYTON e HALL, 2013. Fig. 6.14, capítulo 6)

Integração cortical do movimento voluntário

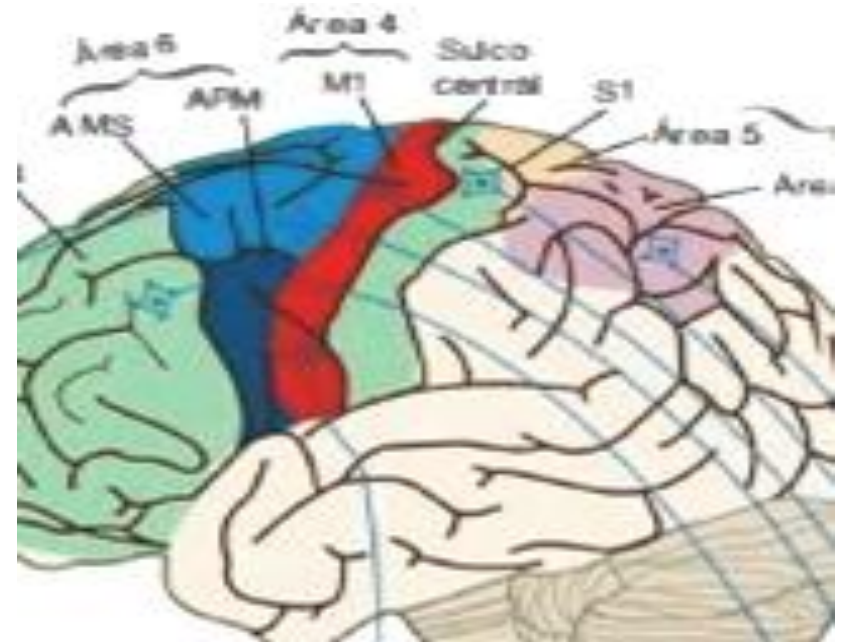
- ▶ O córtex motor e sua somatotopia
- ▶ Controles mais elaborados do movimento voluntário: regiões específicas do córtex cerebral;
- ▶ Participação de quase todo o neocórtex (decisão; planejamento; iniciação).



Áreas funcionais motoras e somatossensoriais do córtex cerebral (GUYTON e HALL, 2013. Fig. 56.1, capítulo 56)

Integração cortical do movimento voluntário

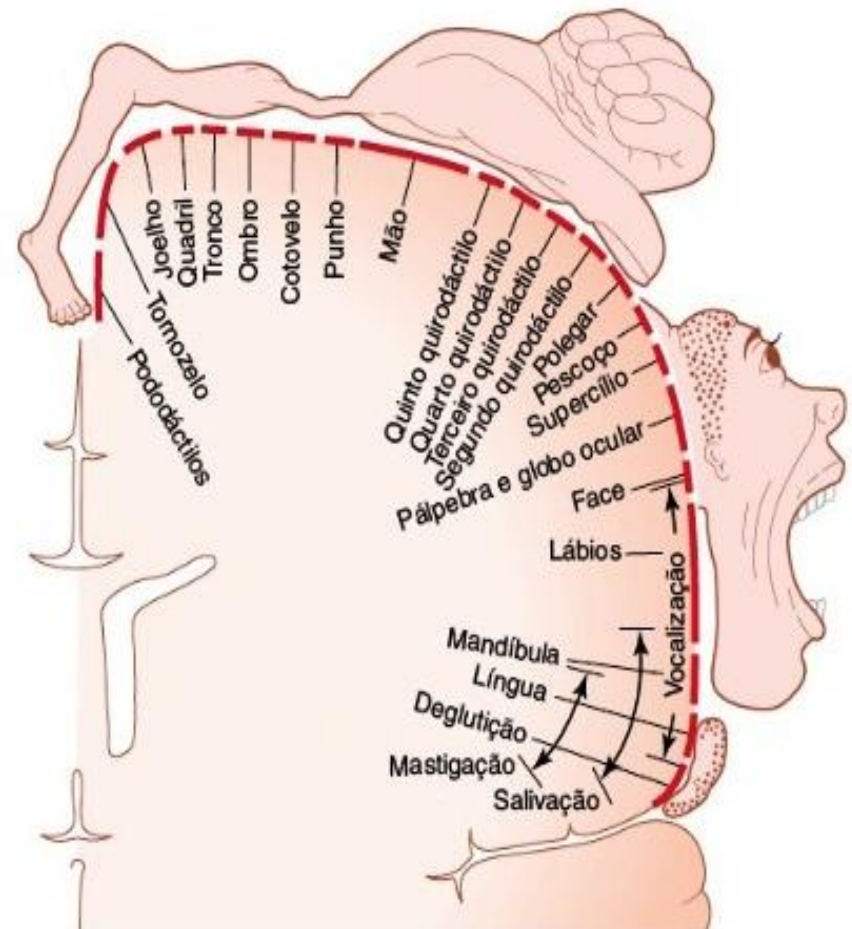
- ▶ O córtex motor e sua somatotopia
- ▶ CÓRTEX MOTOR:
 - ▶ **Córtex motor primário (M1)**
 - ▶ Área pré-motora (APM)
 - ▶ Área motora suplementar (AMS)



Áreas corticais relacionadas ao controle motor (figura modificada de: CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.1, p.298)

Integração cortical do movimento voluntário

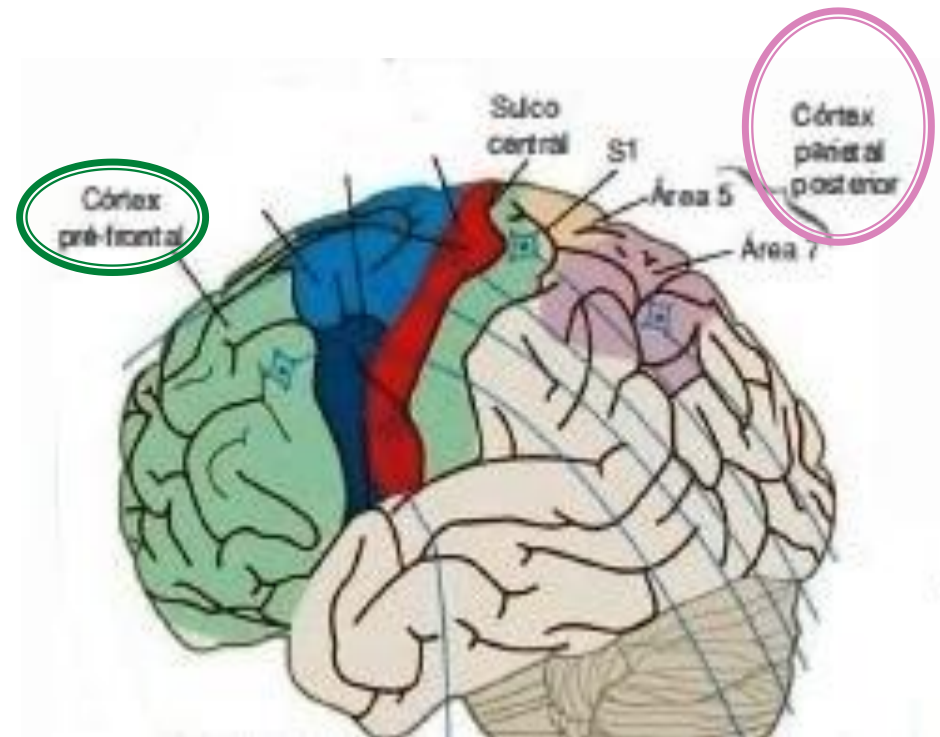
- ▶ O córtex motor e sua somatotopia
- ▶ **CÓRTEX MOTOR:**
 - ▶ **Córtex motor primário (M1)**
 - ▶ Área pré-motora (APM)
 - ▶ Área motora suplementar (AMS)
- ▶ Plasticidade do “homúnculo motor” do M1.



Grau de representação dos diferentes músculos do corpo no M1 (“homúnculo motor”) (GUYTON e HALL, 2013. Fig. 56.2, capítulo 56)

Integração cortical do movimento voluntário

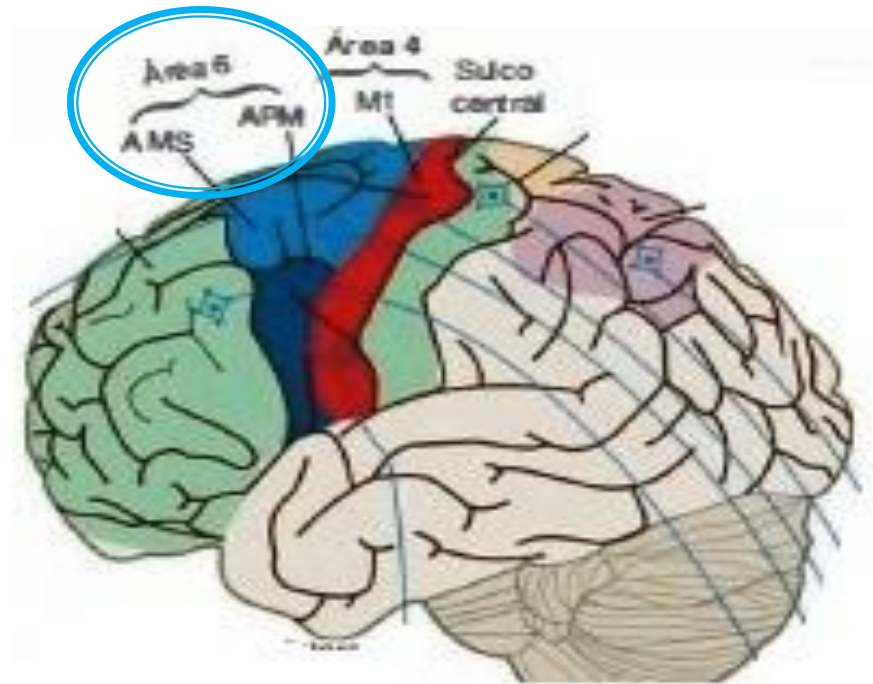
- ▶ A decisão de realizar o movimento
- ▶ Antes da execução -> decisão;
- ▶ **Córtex parietal posterior**
- ▶ **Córtex pré-frontal**
- ▶ A decisão de realizar um movimento e o tipo de movimento que queremos realizar estão diretamente relacionadas ao córtex parietal posterior e ao pré-frontal.



Áreas corticais relacionadas ao controle motor
(figura modificada de: CURI e PROCÓPIO,
2011. Fig. 18.1, p.298)

Integração cortical do movimento voluntário

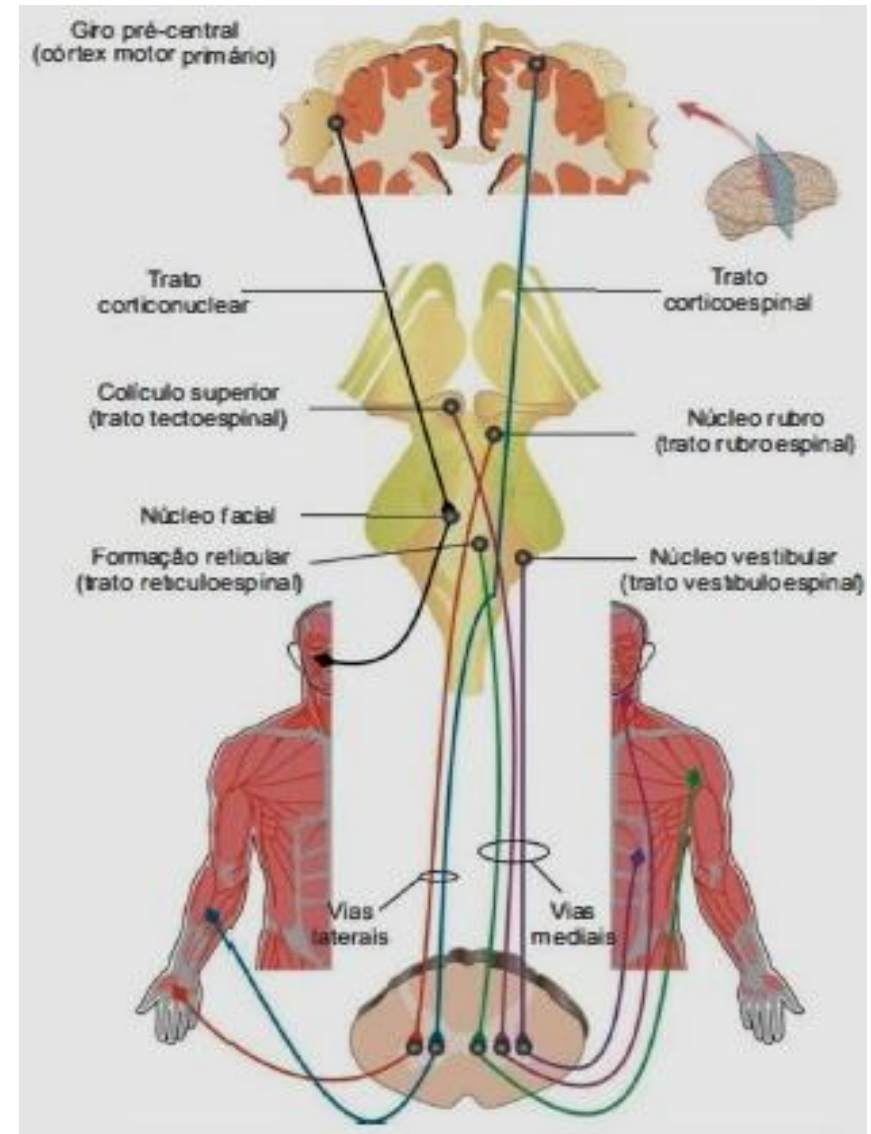
- ▶ O planejamento do movimento
- ▶ Após a tomada de decisão -> planejamento motor (AMS e APM);
- ▶ **Lesões que atingem AMS e APM : apraxias.**



Áreas corticais relacionadas ao controle motor
(figura modificada de: CURI e PROCÓPIO,
2011. Fig. 18.1, p.298)

Integração cortical do movimento voluntário

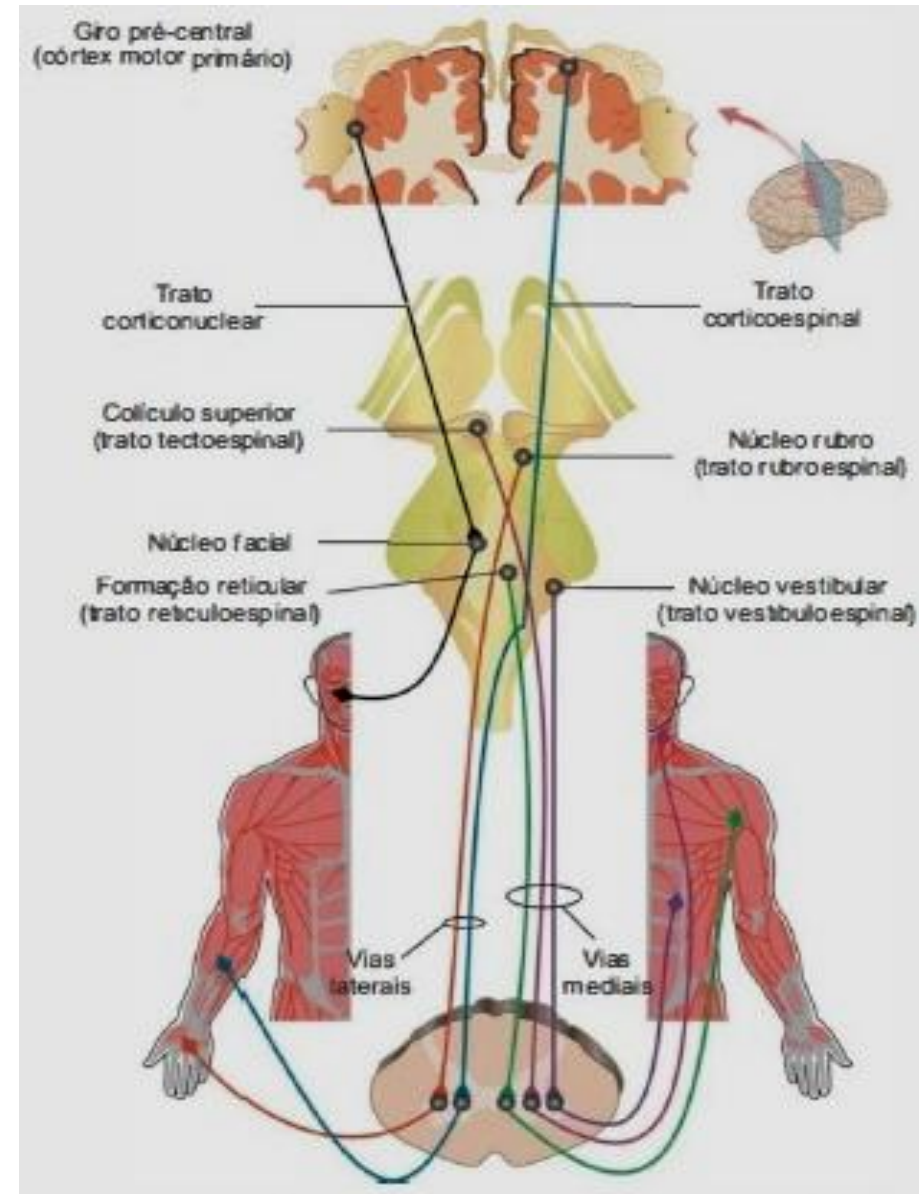
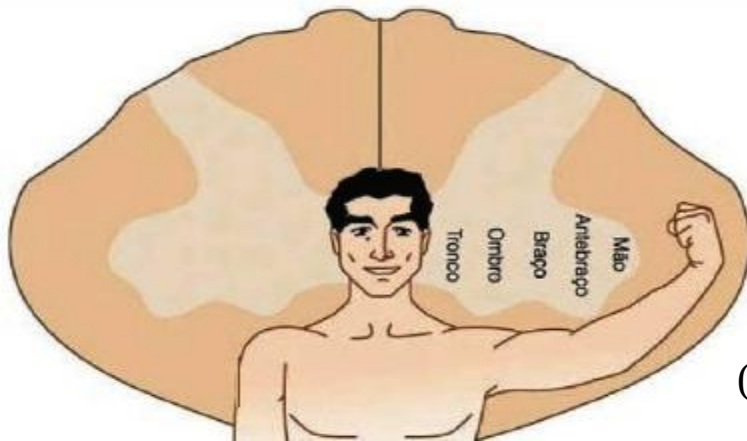
- ▶ A execução do ato motor
- ▶ Após a decisão de realizar o movimento (córtices pré-frontal e parietal) e elaboração do plano motor (AMS e APM) -> seleção de grupos neuronais específicos (M1)



Eferências de M1 e do tronco cerebral formam tratos e vias que fazem sinapses com motoneurônios (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.4, p.301)

Integração cortical do movimento voluntário

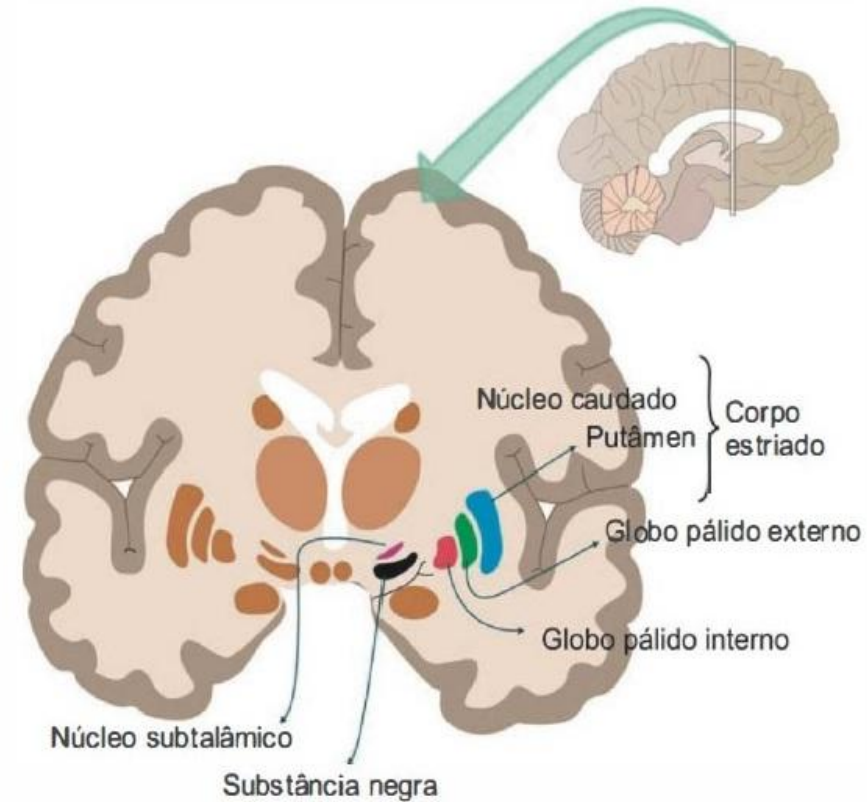
- ▶ A execução do ato motor
- ▶ Vias laterais: musculatura distal dos membros;
- ▶ Vias Mediais: m.m. axiais do tronco e proximais dos membros.
- ▶ **SOMATOTOPIA NA MEDULA:**



(CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.4, p.301 e . Fig. 17.8, p.292)

Núcleos da base e o controle dos movimentos voluntários

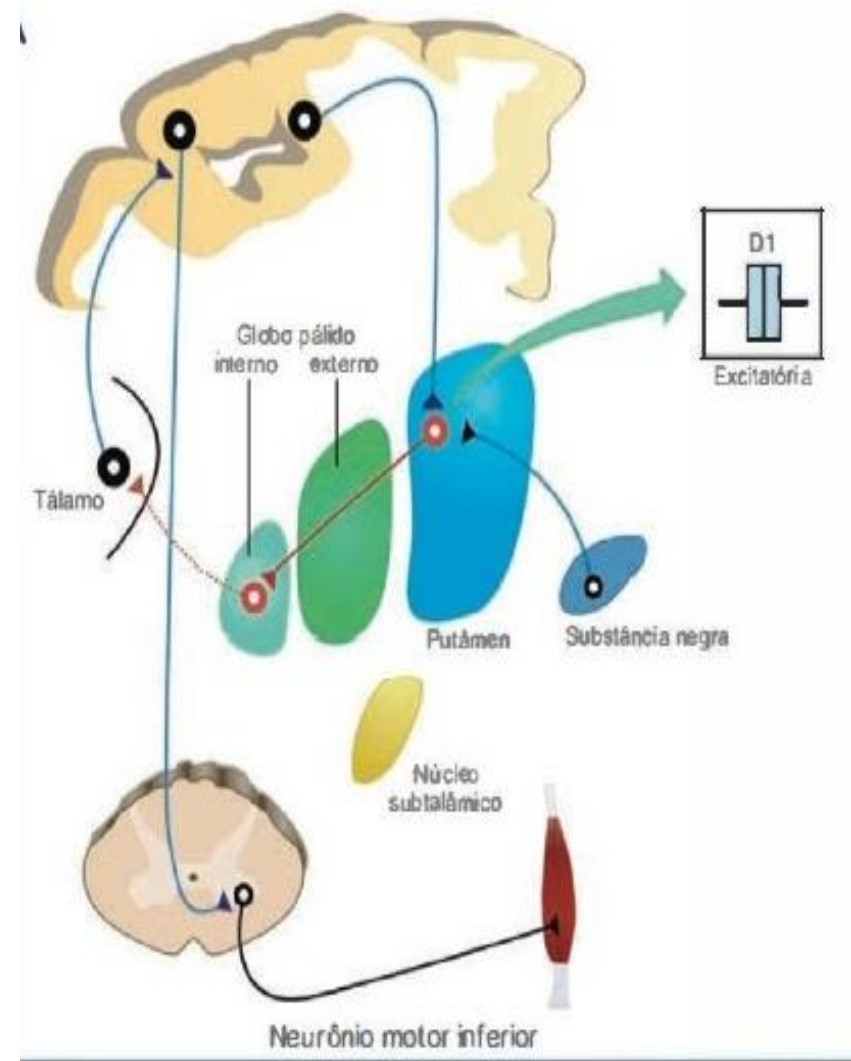
- ▶ Núcleos da base;
- ▶ Moderadores do movimento (iniciação e término).
- ▶ Moderação: via direta ou via indireta



Núcleos da base (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.5, p.302)

Núcleos da base e o controle dos movimentos voluntários

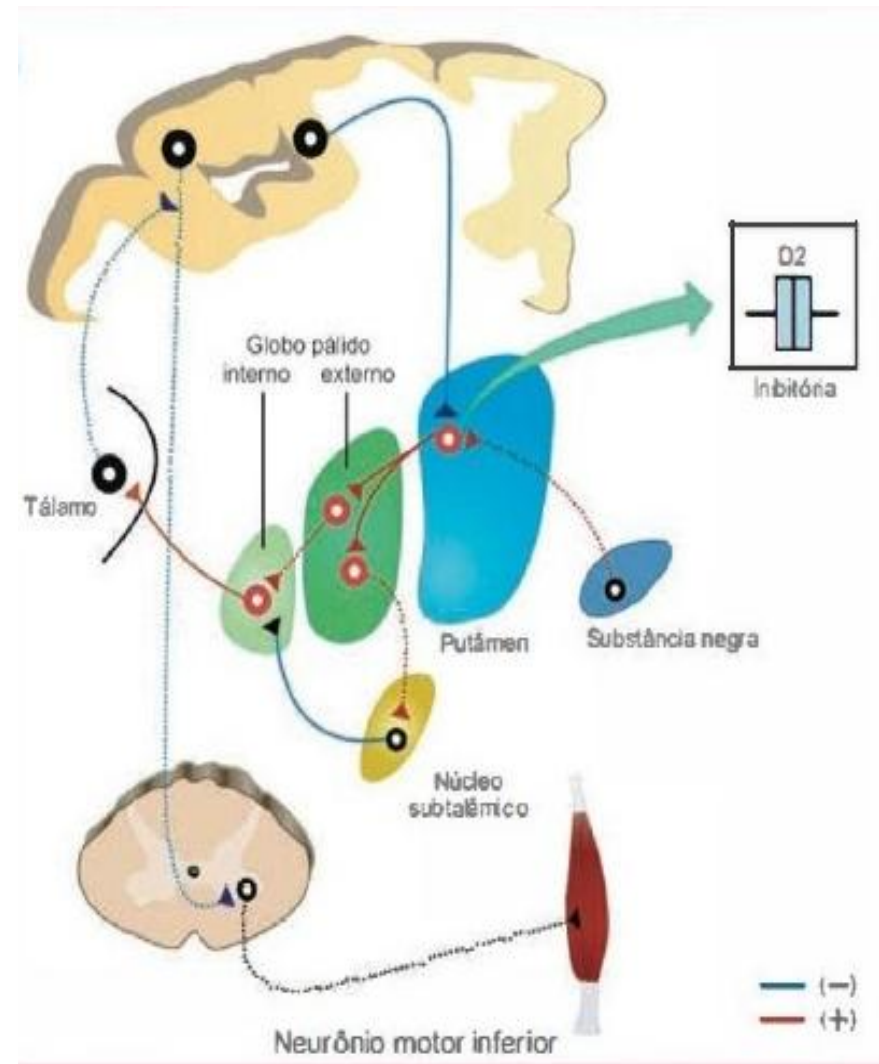
- ▶ Via direta dos núcleos da base:
- ▶ INICIAÇÃO do movimento voluntário:
- ▶ 1)Córtex (pré-frontal e parietal)
- ▶ 2)Corpo estriado (putâmen)
- ▶ 3)Globo pálido interno
- ▶ 4)Tálamo
- ▶ 5)Córtex motor
- ▶ 6) Motoneurônio



Via DIRETA dos núcleos da base (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.6 modificada, p.303)

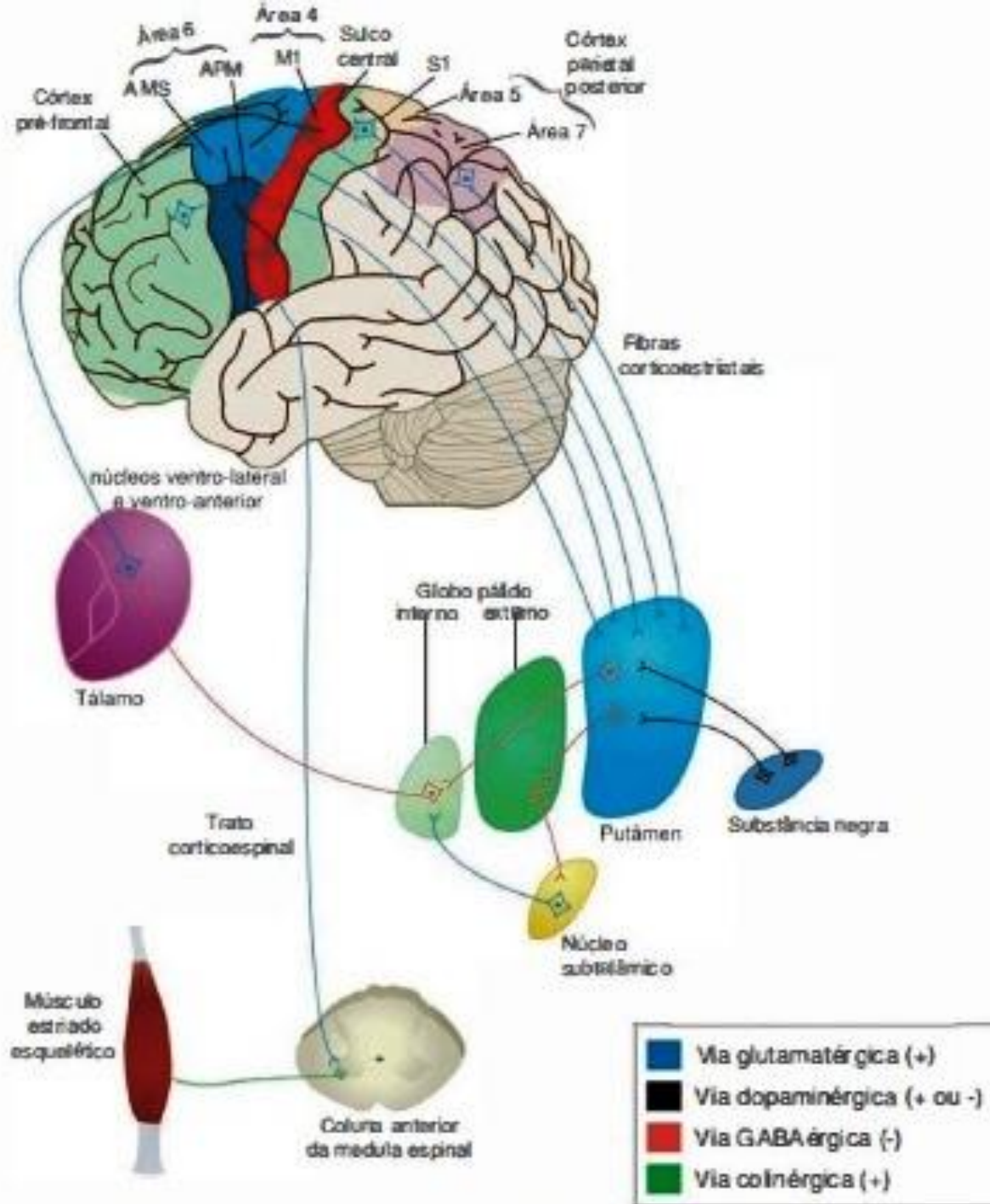
Núcleos da base e o controle dos movimentos voluntários

- ▶ Via indireta dos núcleos da base:
- ▶ **TÉRMINO** do movimento voluntário e **INIBIÇÃO** de movimentos indesejados:
- ▶ 1) **Córtex** (pré-frontal e parietal)
- ▶ 2) **Corpo estriado (putâmen)**
- ▶ 3) **Globo pálido externo**
- ▶ 4) **Núcleo subtalâmico**
- ▶ 5) **Globo pálido interno**
- ▶ 4) **Tálamo**
- ▶ 5) **Córtex motor**
- ▶ 6) **Motoneurônio**



Via INDIRETA dos núcleos da base (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.6 modificada, p.303)

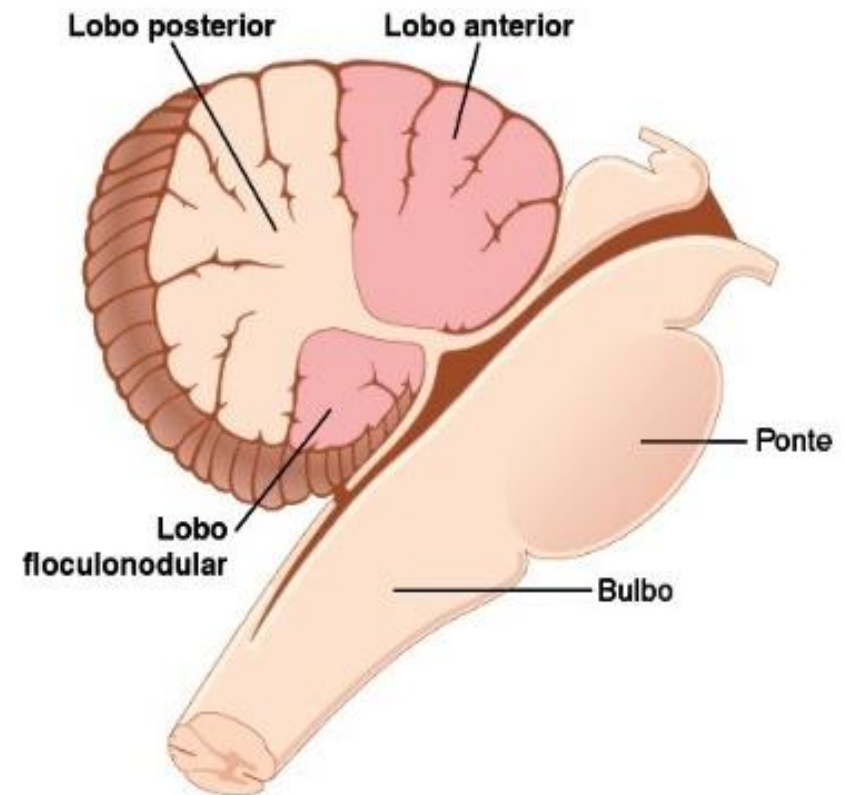
RESUMINDO O ATO MOTOR VOLUNTÁRIO...



Circuitaria do ato motor voluntário (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.1, p.298)

Cerebelo e o controle dos movimentos voluntários

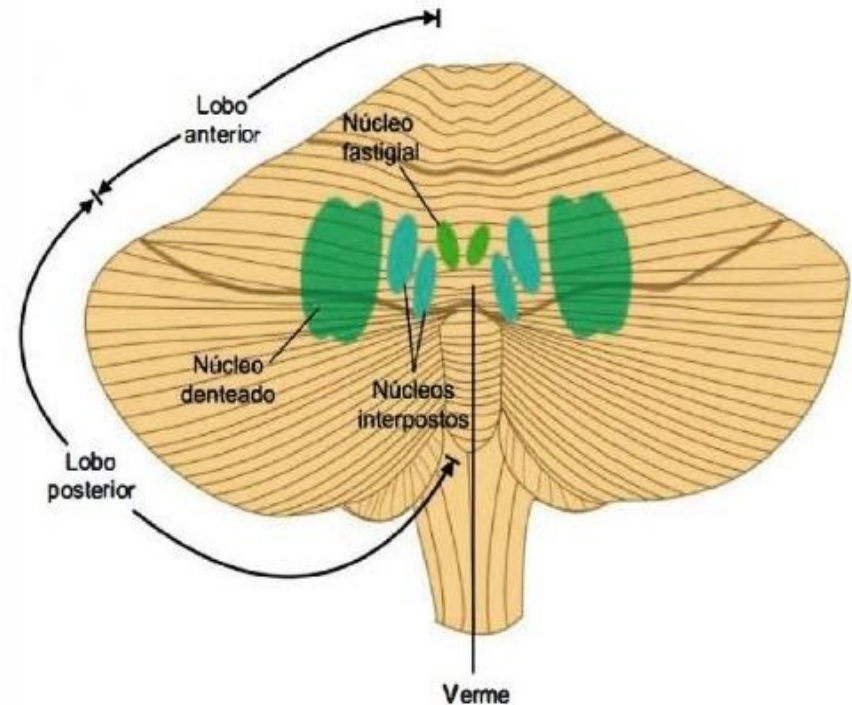
- ▶ Cerebelo órgão moderador do movimento voluntário;
- ▶ Conexões: conexões com córtex cerebral, tronco encefálico e tálamo;
- ▶ Controle do equilíbrio, da postura, do tônus muscular e coordenação dos movimentos voluntários.



Lobos anatômicos do cerebelo vistos da parte lateral (GUYTON e HALL, 2013. Fig. 57.1, capítulo 57)

Cerebelo e o controle dos movimentos voluntários

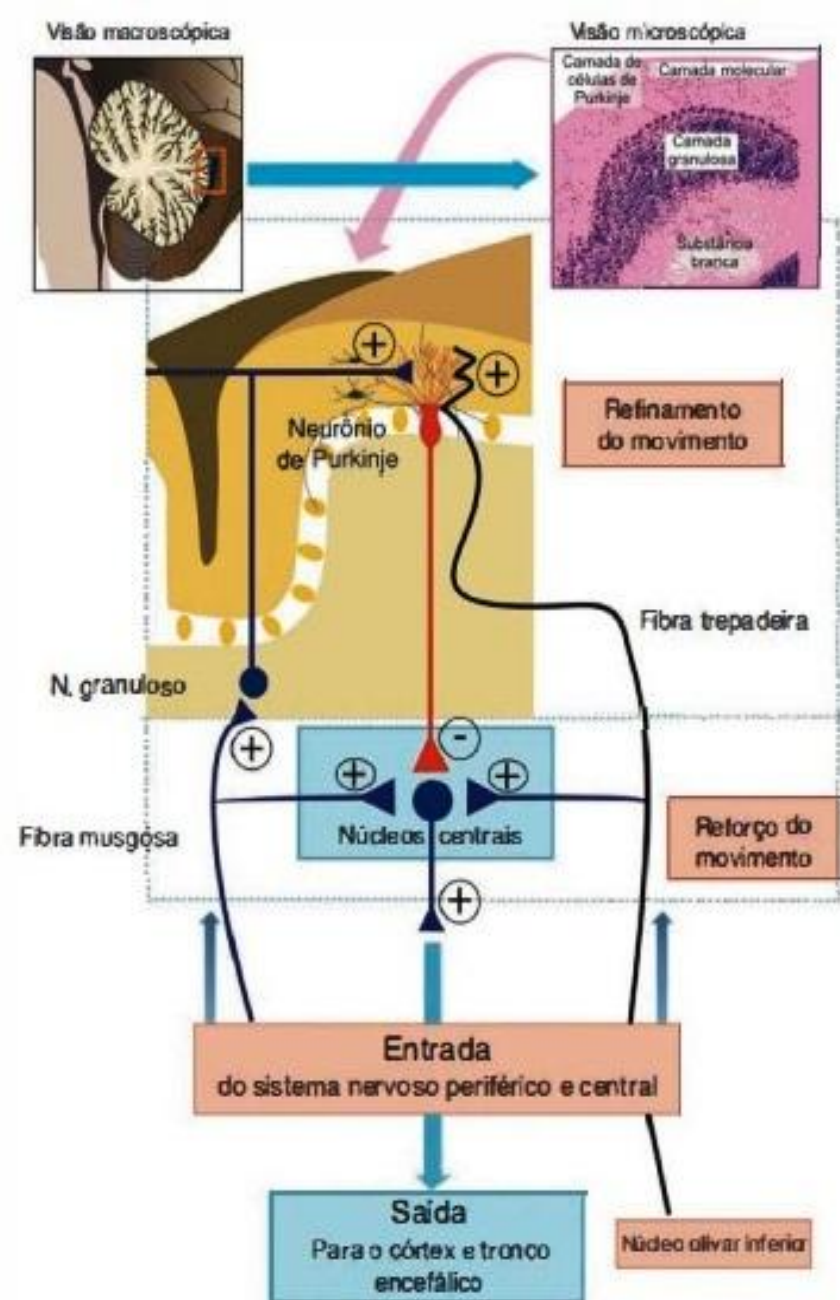
- ▶ Funções principais do cerebelo:
- ▶ Comparar o movimento realizado com o planejado;
- ▶ Corrigir o movimento;
- ▶ Aquisição de habilidades motoras;
- ▶ Coordenar movimentos multiarticulares.



Vista posterior do cerebelo com os núcleos profundos em destaque por transparência (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.7, p. 305)

Cerebelo e o controle dos movimentos voluntários

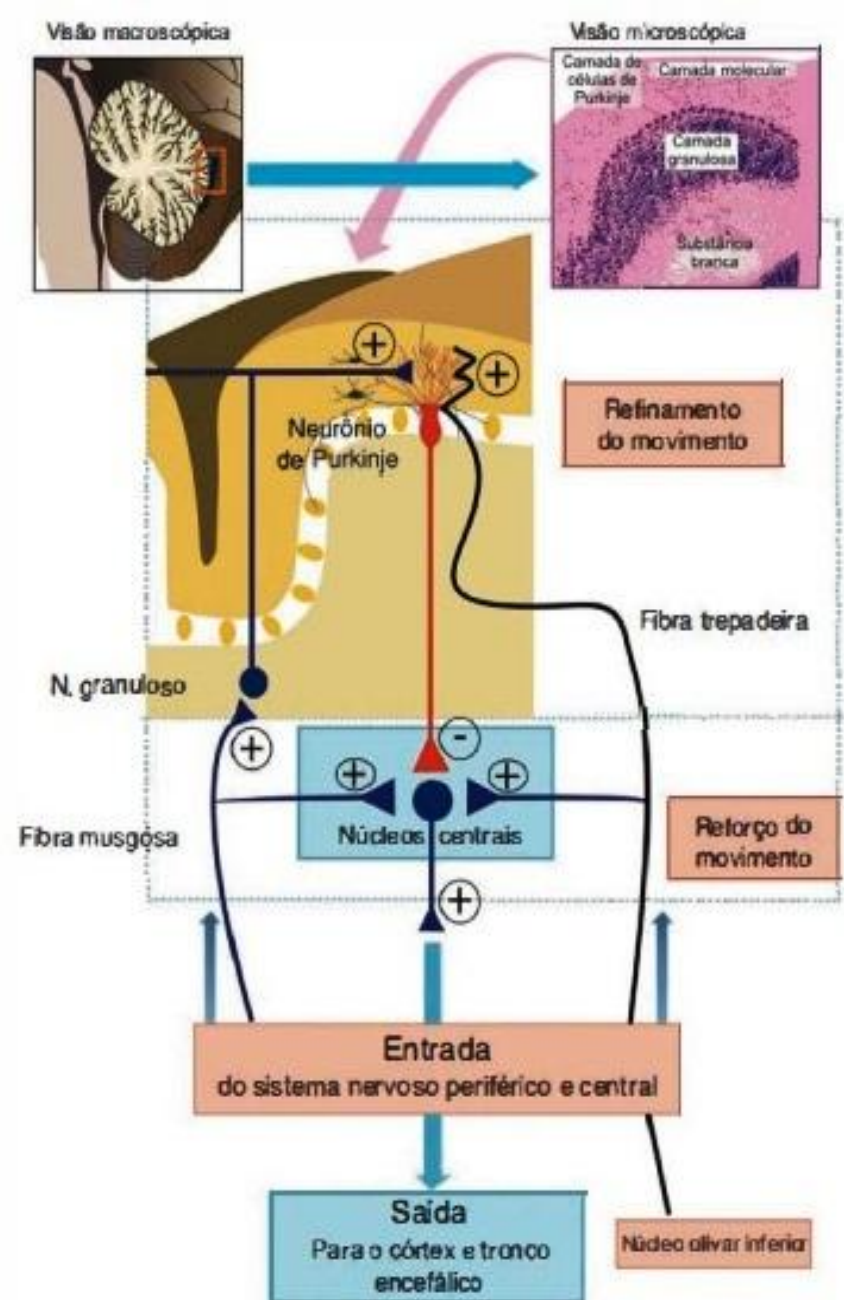
- ▶ Aferências ao cerebelo:
 - ▶ fibras trepadeiras (núcleo olivar inferior);
- ▶ fibras musgosas (SNC e SNP)
 - sinapse com neurônios granulosos;



Circuitos dos neurônios que chegam e saem do córtex cerebelar (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.8, p. 306)

Cerebelo e o controle dos movimentos voluntários

- ▶ Eferências do cerebelo:
 - ▶ Neurônios de Purkinje (inibitórios)



Circuitos dos neurônios que chegam e saem do córtex cerebelar (CURI e PROCÓPIO, 2011. Fig. 18.8, p. 306)

ATENÇÃO: Conteúdo a seguir é extremamente importante para futuros fisioterapeutas!!!



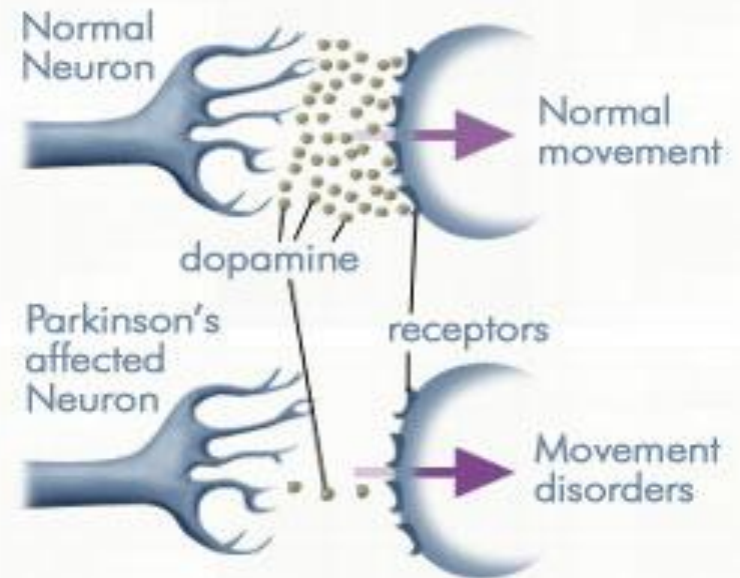
(<https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/147235-ilustra-o-do-fisioterapeuta>)

Principal doença que afeta os núcleos da base: Doença de Parkinson



James Parkinson
(commons.wikimedia.org)

Dopamine levels in a normal and a Parkinson's affected neuron.



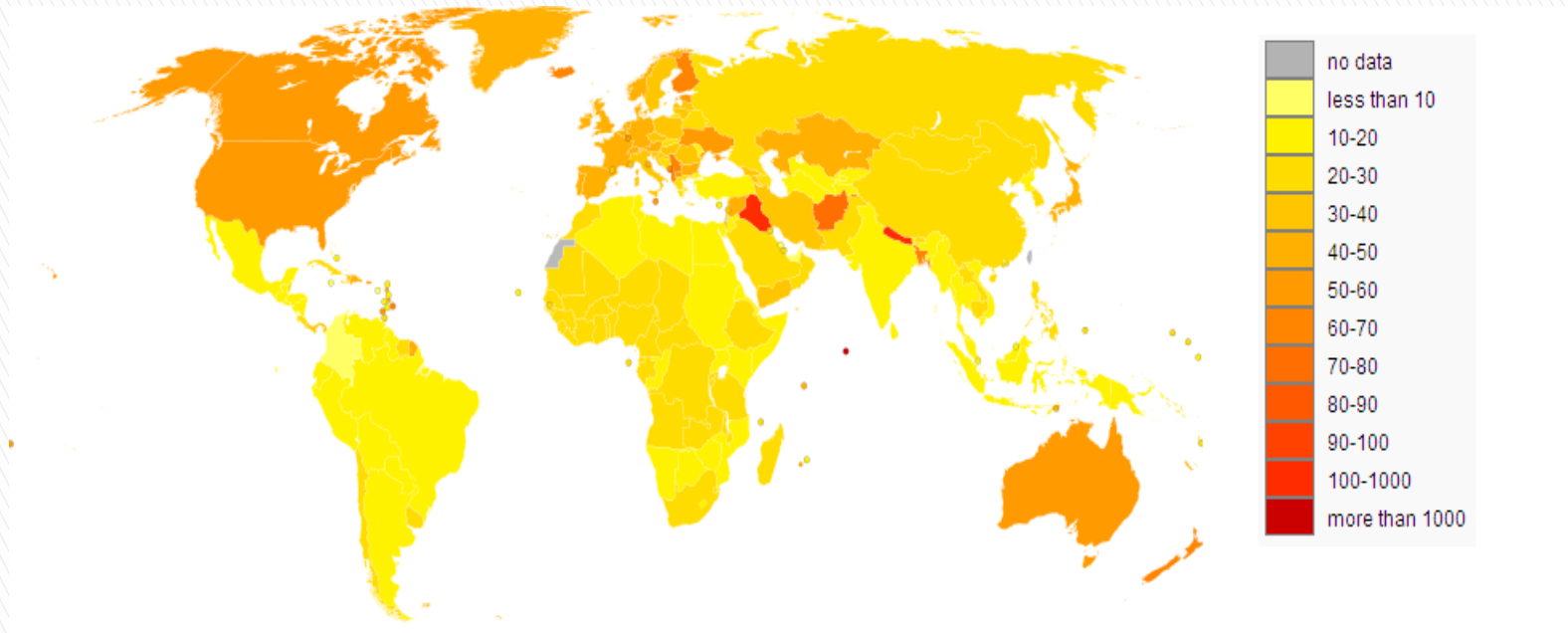
(med.swu.ac.th)

Doença de Parkinson:

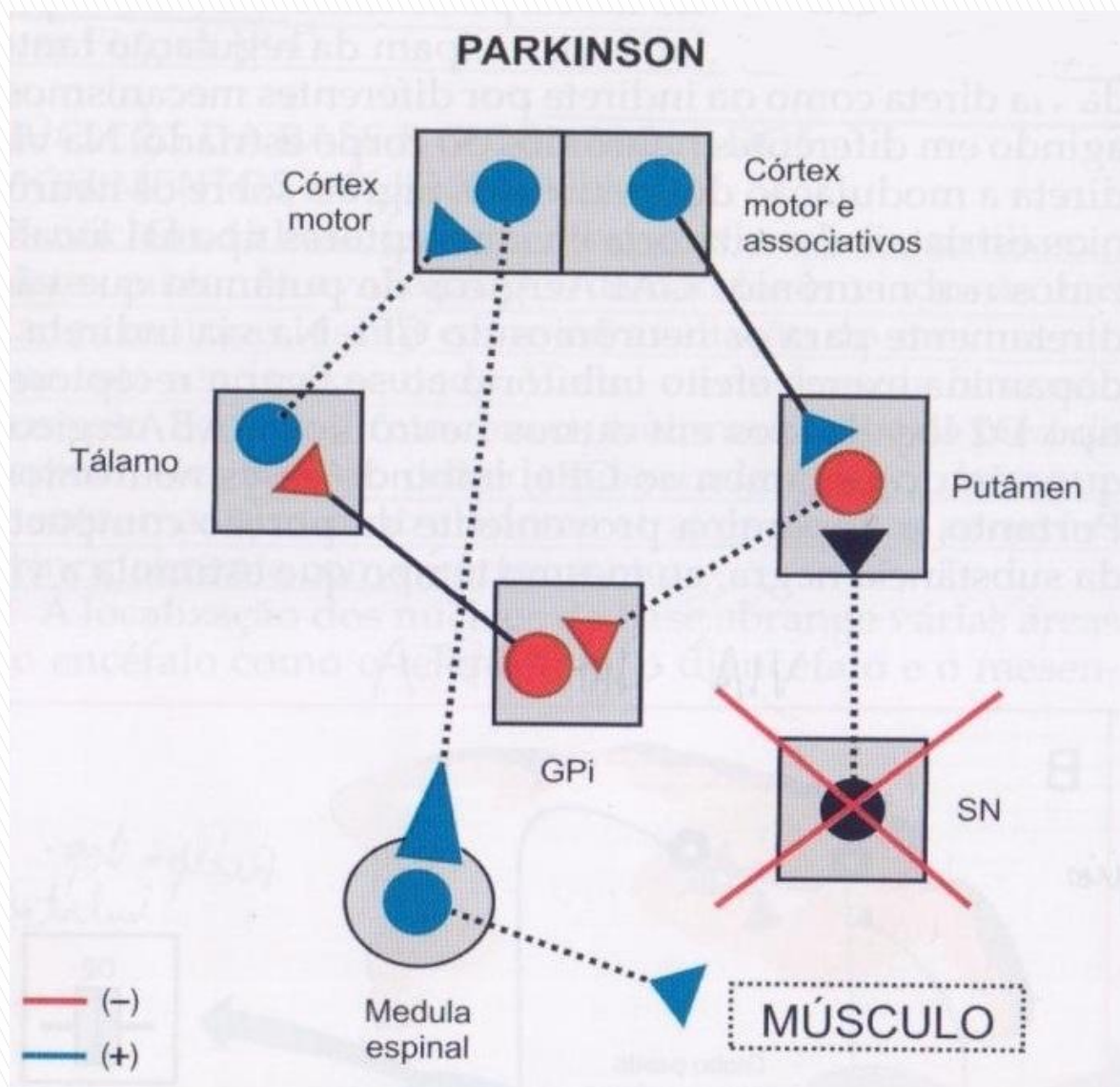
- Características básicas:
- Crônica
- Neurodegenerativa
- Ligada à senilidade (maior incidência a partir dos 60 anos de idade).

Doença de Parkinson: Epidemiologia

- A Doença de Parkinson (DP) é a segunda doença neurodegenerativa mais comum no mundo (CAMPEAU *et al*, 2013).

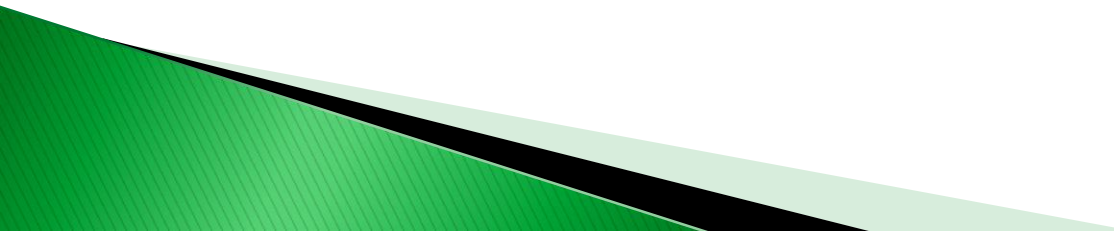


Parkinson's Disease world map
(php.med.unsw.edu.au/cellbiology/images/c/cb/Parkinsons_2.PNG)



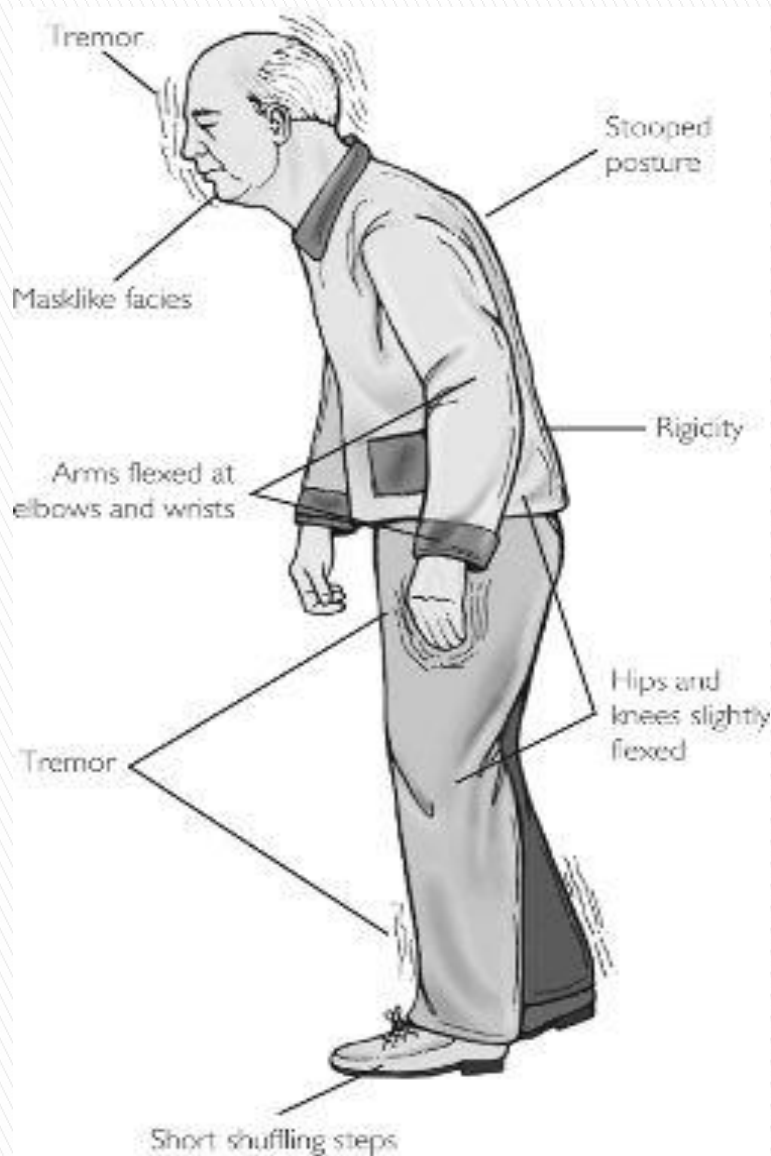
Circuitaria dos núcleos da base na Doença de Parkinson (CURI e PROCÓPIO, 2011. Quadro 18.1 modificado, p.304)

Patogênese da Doença de Parkinson

- ▶ Gatilhos ambientais e/ou genéticos;
 - ▶ Aumento de ROS (estresse oxidativo) nos neurônios dopaminérgicos;
 - ▶ Degeneração ou morte desses neurônios (apoptose e necroptose);
 - ▶ Inflamação local (microglia e infiltrado leucocitário).
- 

Sinais e sintomas da Doença de Parkinson

- Motores
- Não-motores



Sinais e sintomas motores da Doença de Parkinson (elderlydriver.org)

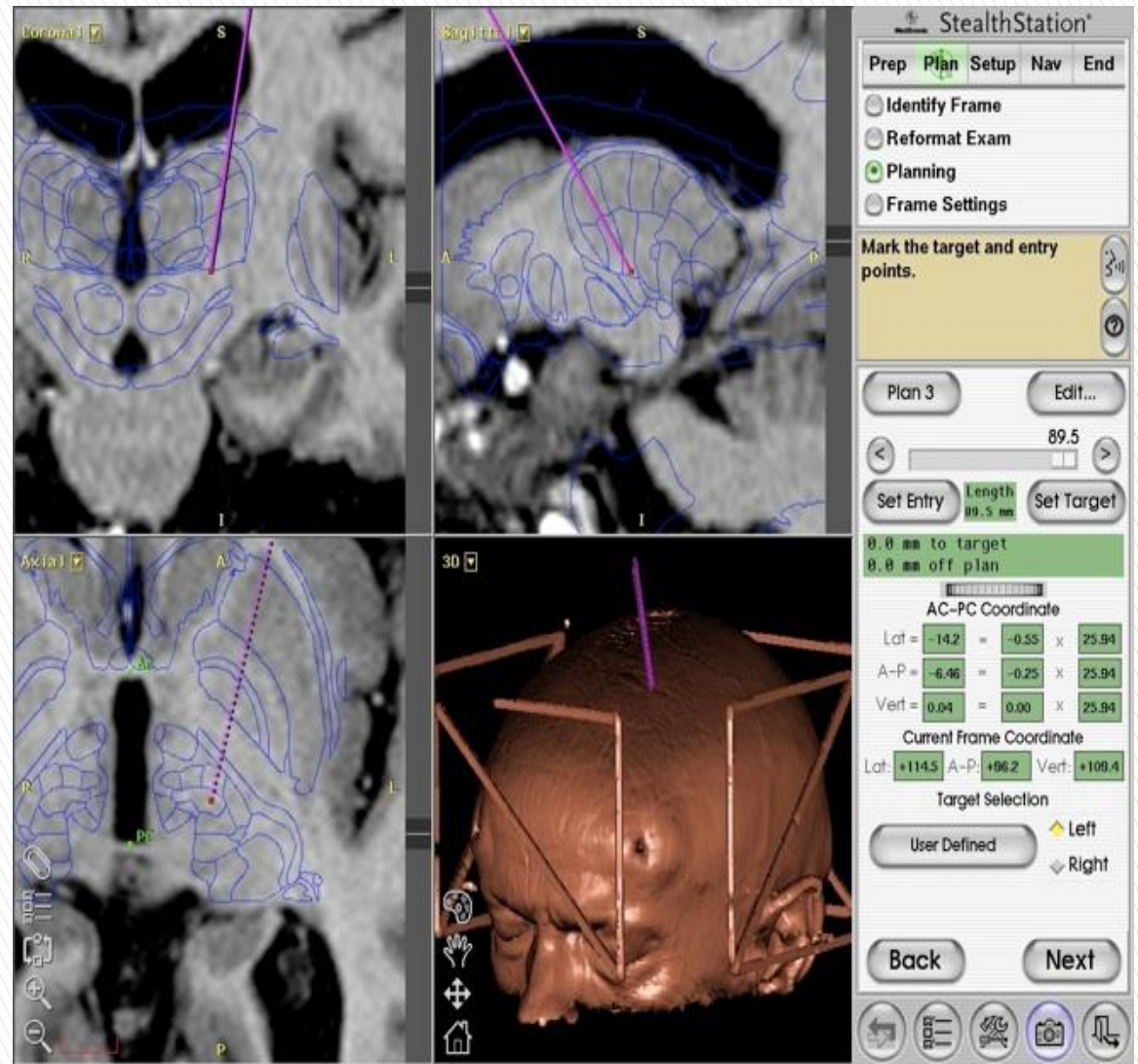
Tratamentos atuais

- Estimulação cerebral profunda (deep brain stimulation – DBS);
- Inibidores enzimáticos (inibidor de MAO-B e inibidor de COMT);
- Levodopa.



• Tratamentos atuais:

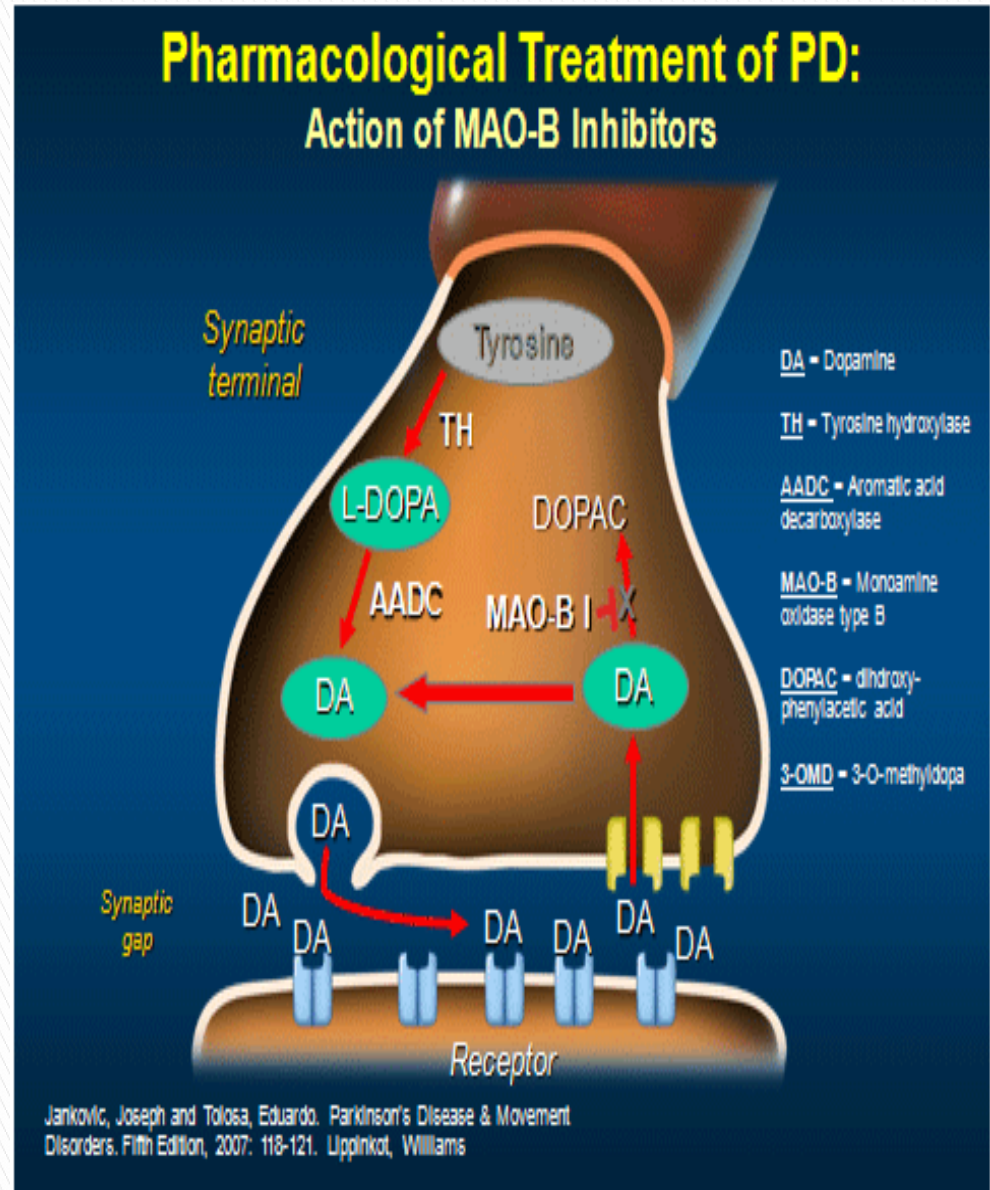
- Estimulação cerebral profunda (DBS – Deep Brain Stimulation).



Estimulação cerebral profunda (people.virginia.edu)

• Tratamentos atuais:

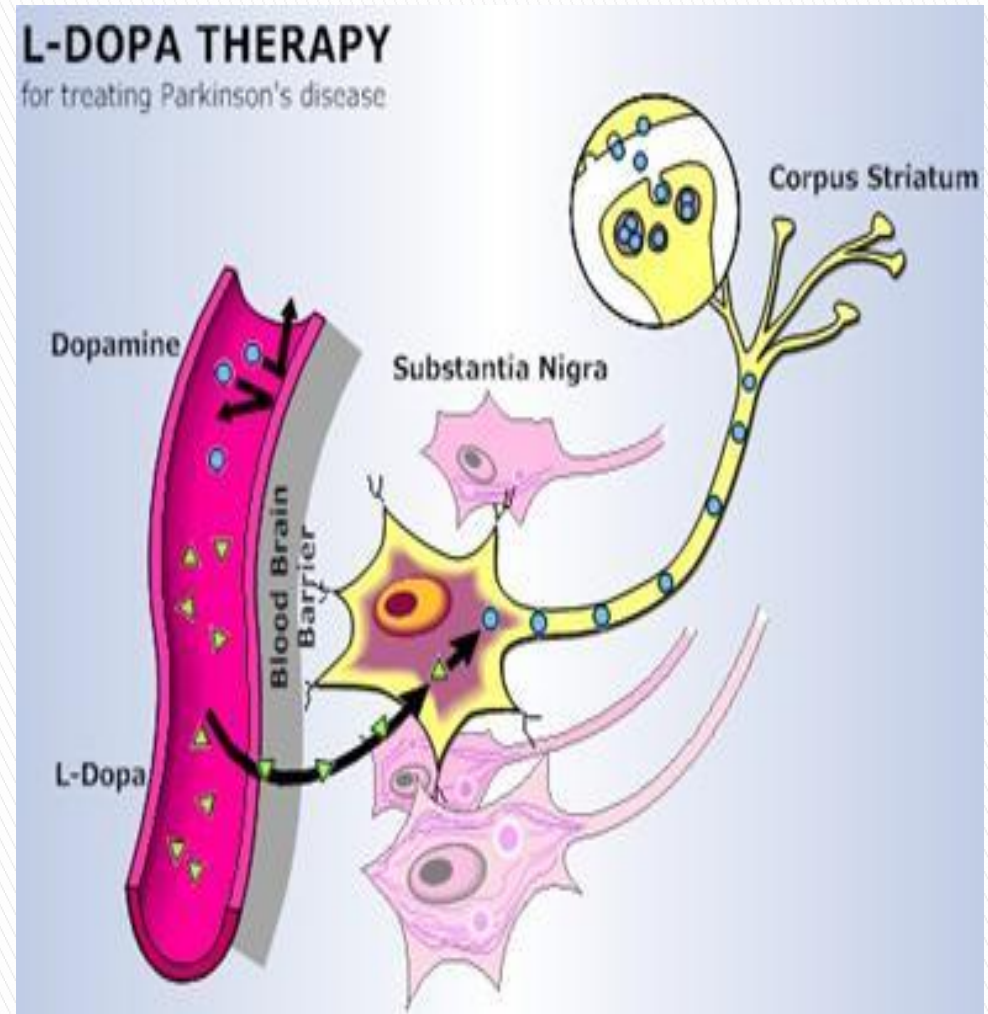
• Inibidores
enzimáticos: iCOMT e
iMAO-B.



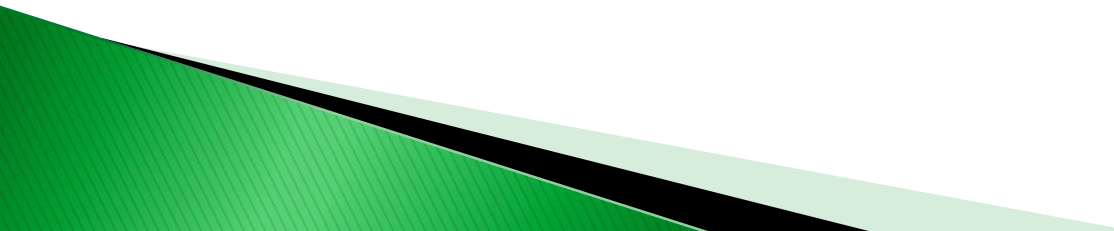
• Tratamentos atuais:

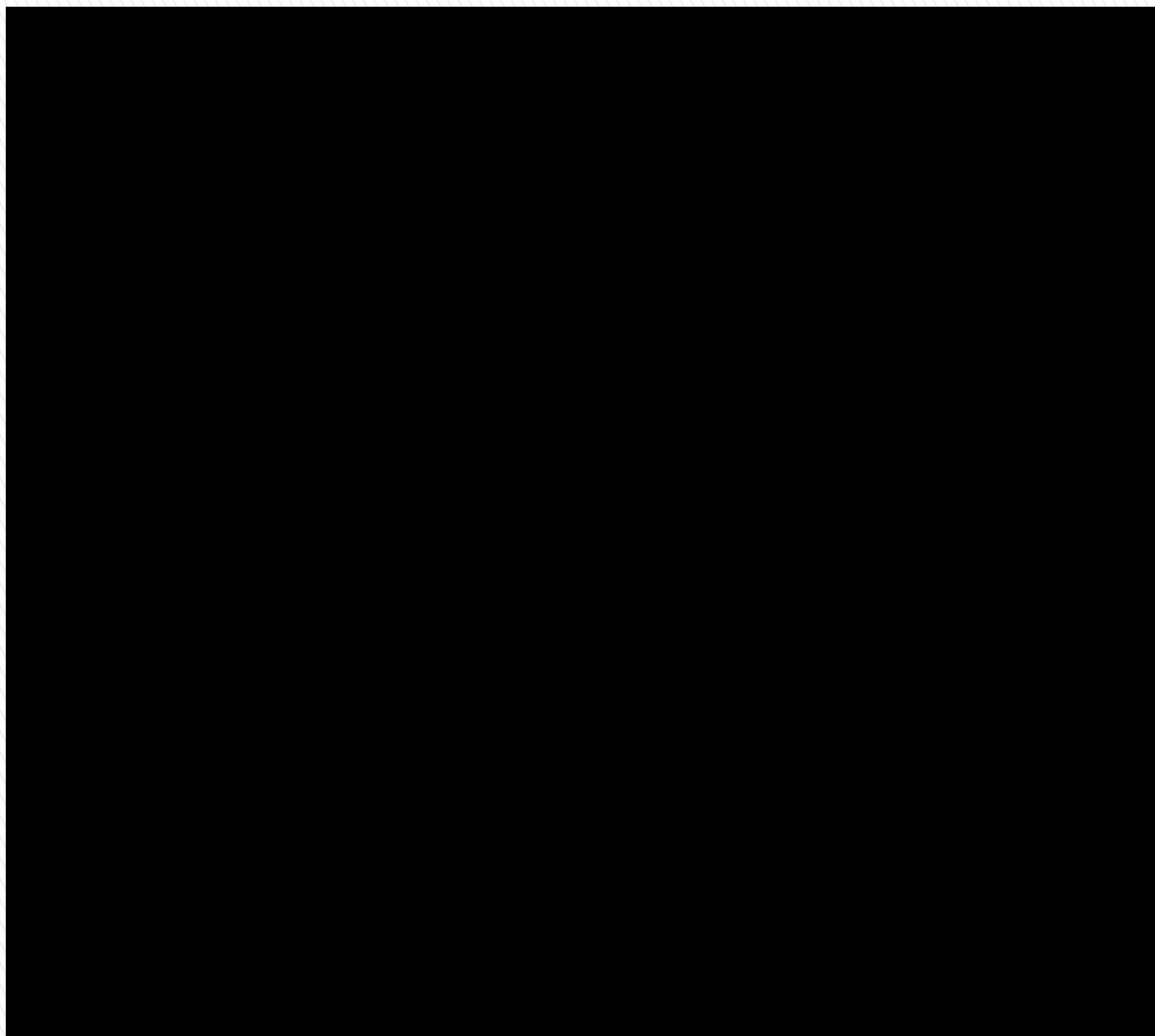
• Levodopa : descoberta como fármaco para DP em 1962 (HORNYKIEWICZ, 1962).

• Principal tratamento para DP (PORRAS *et al*, 2014) .



(pharmainfo.net)

- Desvantagens dos tratamentos atuais:
 - Provém apenas alívio sintomático , não revertendo a progressão da doença (LINDVALL e KOKAIA, 2009).
 - Pouco atuam sobre os sinais e sintomas não-motores.
 - Efeitos adversos: discinesia (HEUMANN *et al.*, 2014; PORRAS *et al.*, 2014) e comportamentos impulsivos-compulsivos (ZHANG *et al.*, 2014).
- 



Discinesia em uma paciente com Doença de Parkinson tratada com levodopa.

Vídeo recomendado:

- ▶ FISIOTERAPIA NA DOENÇA DE PARKINSON – Dra. Suhaila Smaili Santos”
(<https://www.youtube.com/watch?v=F2QbVmeUKP8>)

- ▶ Dúvidas e sugestões: mendesfilhod@usp.br

REFERÊNCIAS

- CURI, R.; PROCÓPIO, J. Fisiologia Básica. Rio de Janeiro, Guanabara Coogan, 2011. 857p.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. Tratado de Fisiologia Médica. "3. ed. – Rio de Janeiro : Elsevier, 2017. 1176 p.
- CAMPEAU, L. *et al.* Effects of Allogenic Bone Marrow Derived Mesenchymal Stromal Cell Therapy on voiding Function in a Rat Model of Parkinson's Disease. **J Urol**, New York, v.191, n.3, p. 850–859, Mar 2014.
- HEUMANN, R. *et al.* Dyskinesia in Parkinson's disease: mechanisms and current non-pharmacological interventions. **J Neurochem**, Oxford, v.130, n.4, p.472–489, Aug 2014.
- HORNYKIEWICZ, O. Dopamine (3-hydroxytyramine) in the central nervous system and its relation to the Parkinson syndrome in man. **Dtsch Med Wochenschr**, Stuttgart , v.7, n.1, p.1807–10, Sep 1962.
- LINDVALL, O.; KOKAIA, Z. Prospects of stem cell therapy for replacing dopamine neurons in Parkinson's disease. **Trends Farmacol Sci**, London, v.30, n.5, p.260–267, May 2009.
- PORRAS, G. *et al.* L-dopa-induced dyskinesia: beyond an excessive dopamine tone in the striatum. **Sci Rep**, London, v.4, p.1–5, Jan 2014.