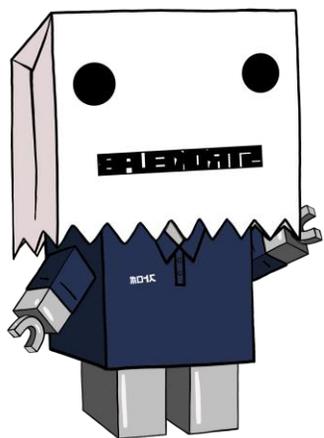
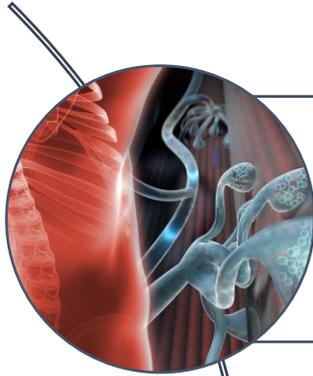


神経筋システム (Neuromuscular System)

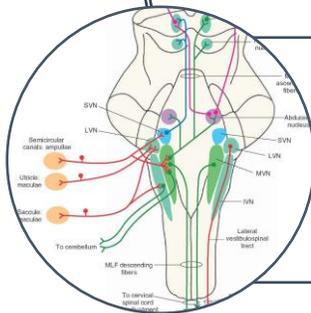


Contents

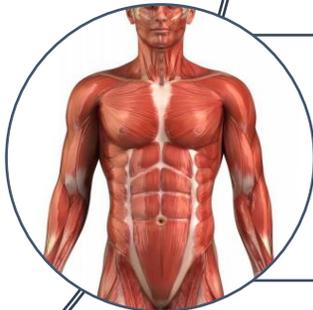
- ✓ 神経筋システムとは、皮質から筋に至るすべての構成要素から成る
- ✓ 運動の発現や姿勢調整, 呼吸などに必須のシステムである.



① 神経筋システムとは？



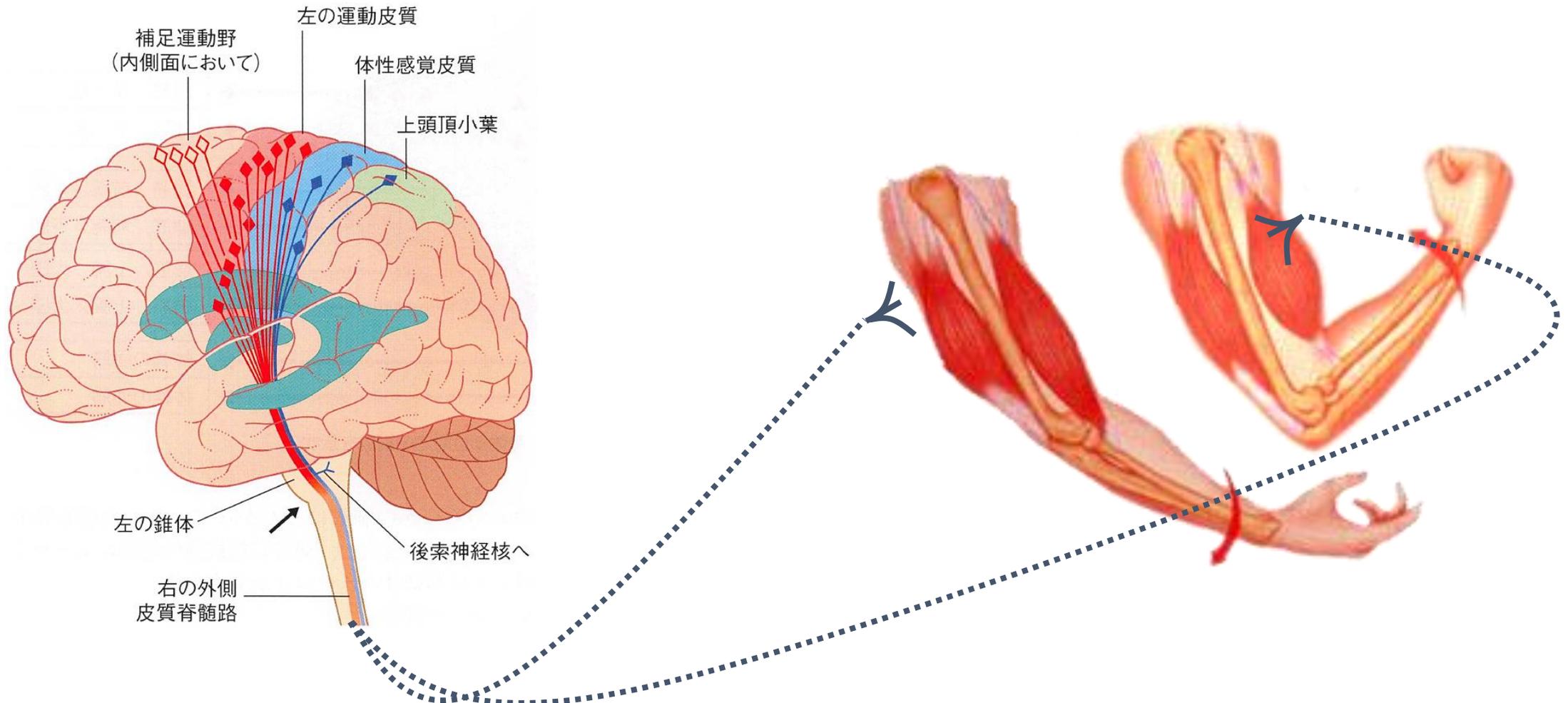
② 下行性神経路のシステム



③ 骨格筋の構造と機能

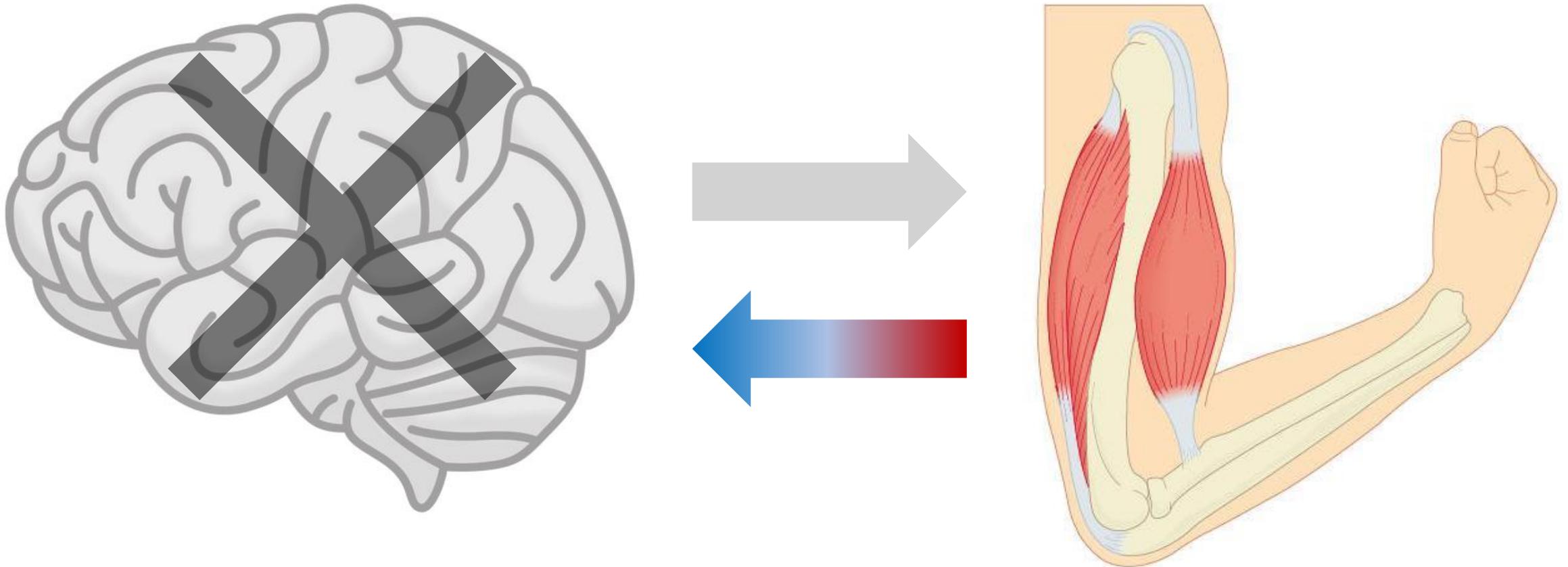
骨格筋の収縮 = 一次運動野だけの活動ではない

- ✓ 運動(大脳皮質からの出力)は、中枢神経系プロセスの結果として効果器である骨格筋に終結し、表現される
- ✓ 運動発現に至るまでの脳内プロセスは多様に存在する。
- ✓ 皮質脊髄路はM1(30~60%)のみならず、運動前野/補足運動野/一次感覚野/帯状皮質からの複数の下行性線維(40~70%)によって構成されている。



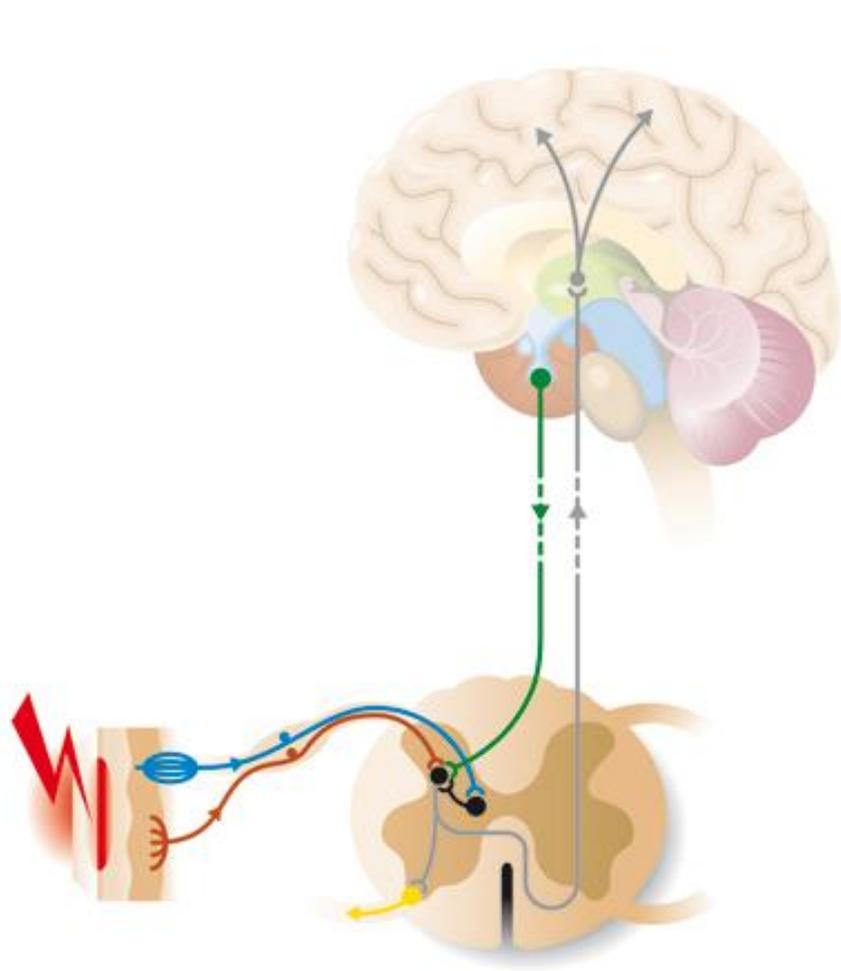
神経筋 ⇔ 運動

- ✓ 運動時, 中枢神経系・筋系が共に神経シグナルを入出力し合いながら多様な活動状況に適応している。
- ✓ どちらか一方の障害はもう一方にも影響を与え, ヒトの柔軟性に富んだ動作パフォーマンスを低下させる。

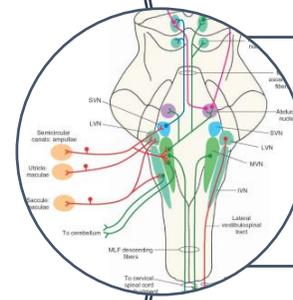


Contents

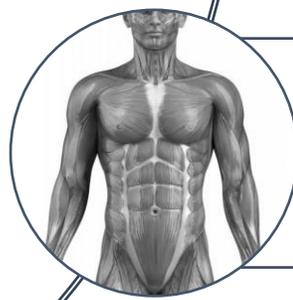
- ✓ ① 運動をつかさどる経路には何があったか？
- ✓ ② その経路はどこを下降するか？



① 神経筋システムとは？



② 下行性神経路のシステム

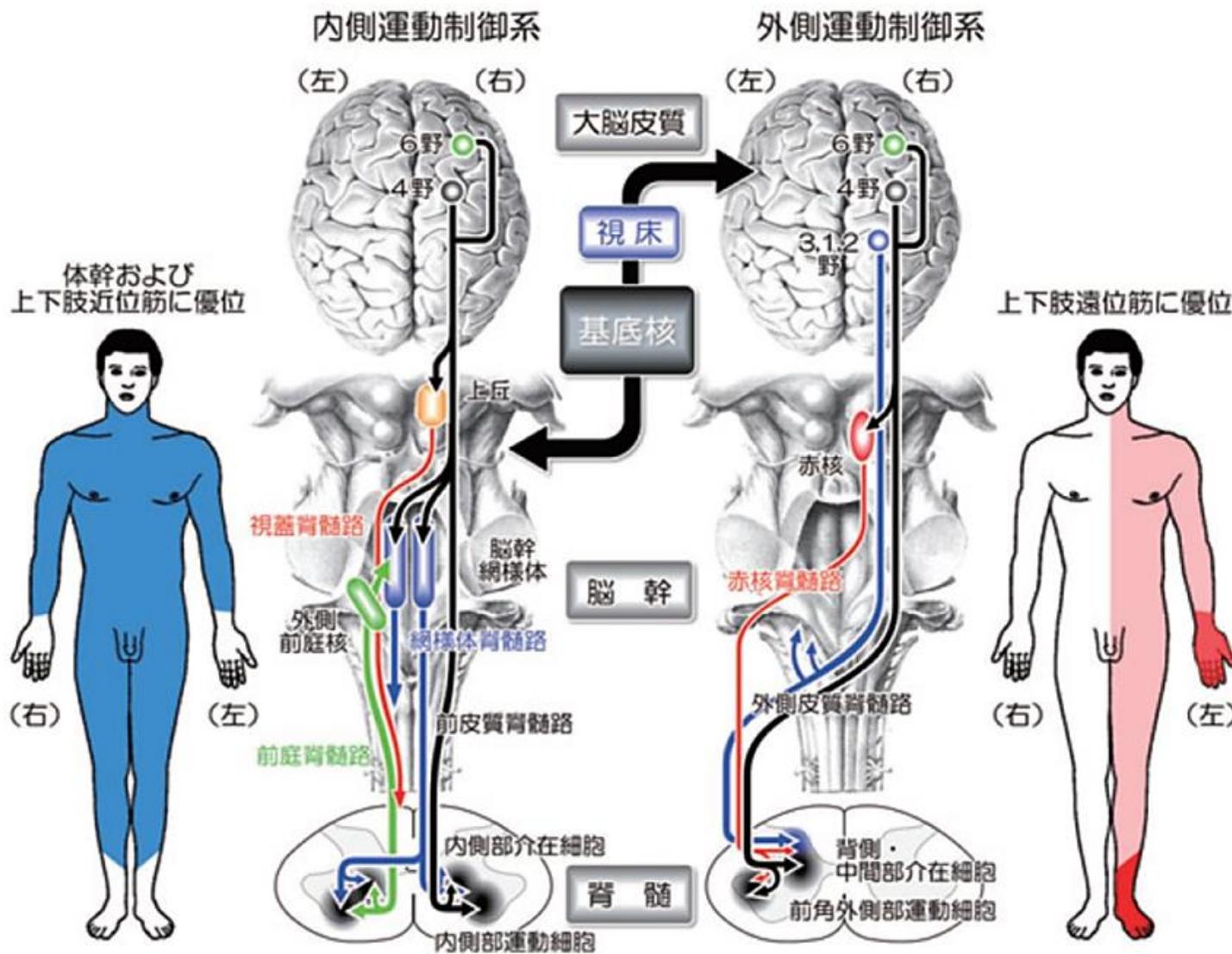


③ 骨格筋の構造と機能

下降性神経路の分類

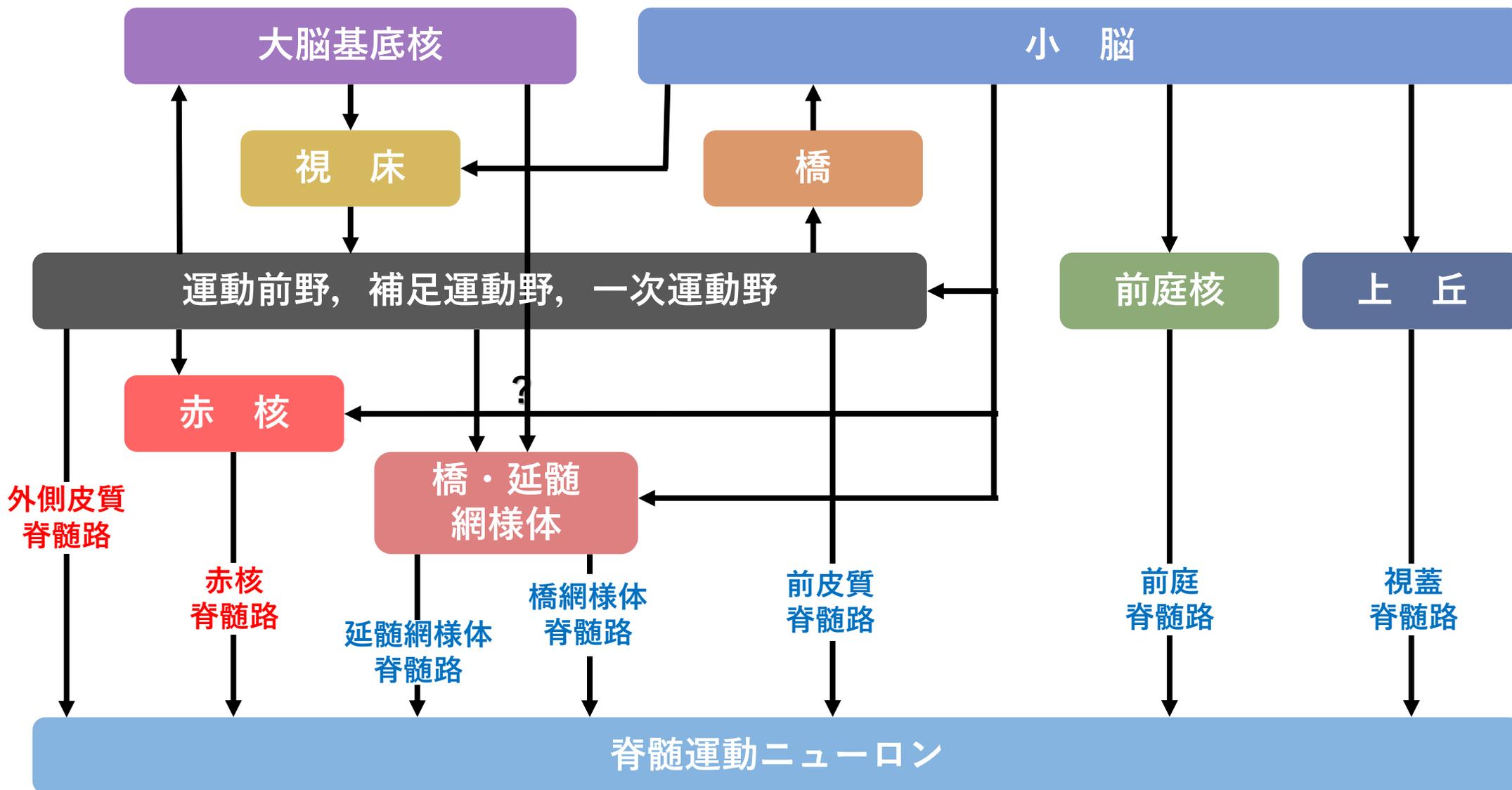
✓ 下降路は機能的神経解剖において、

① 随意運動に関する背外側運動制御系, ② 姿勢制御に関する腹内側運動制御系に分類される。

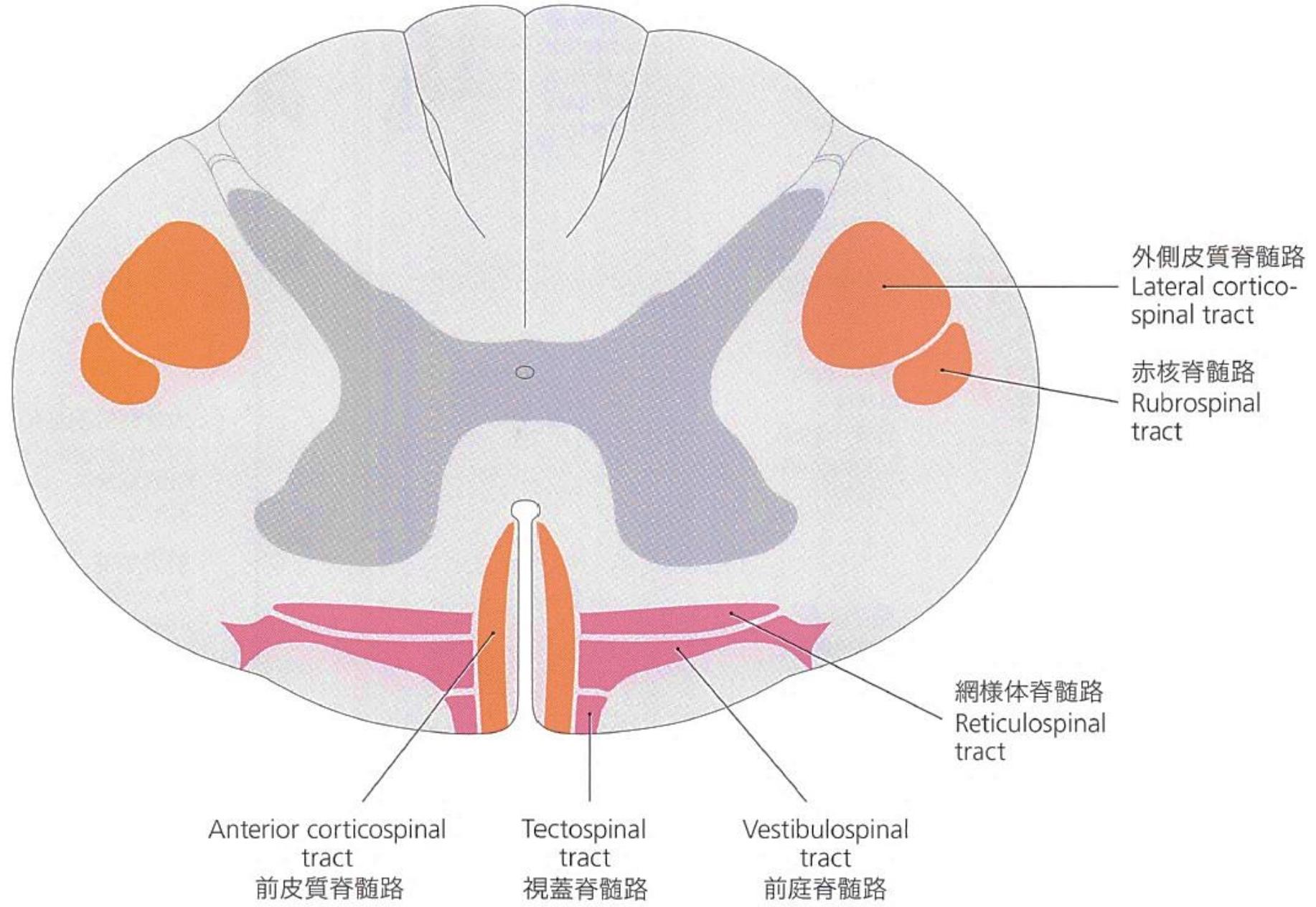


下降性神経路の分類

- ✓ **背外側運動制御系** : 外側皮質脊髓路, 皮質赤核脊髓路
- ✓ **腹内側運動制御系** : 前皮質脊髓路, 皮質網様体脊髓路(橋・延髄), 前庭脊髓路, 視蓋脊髓路

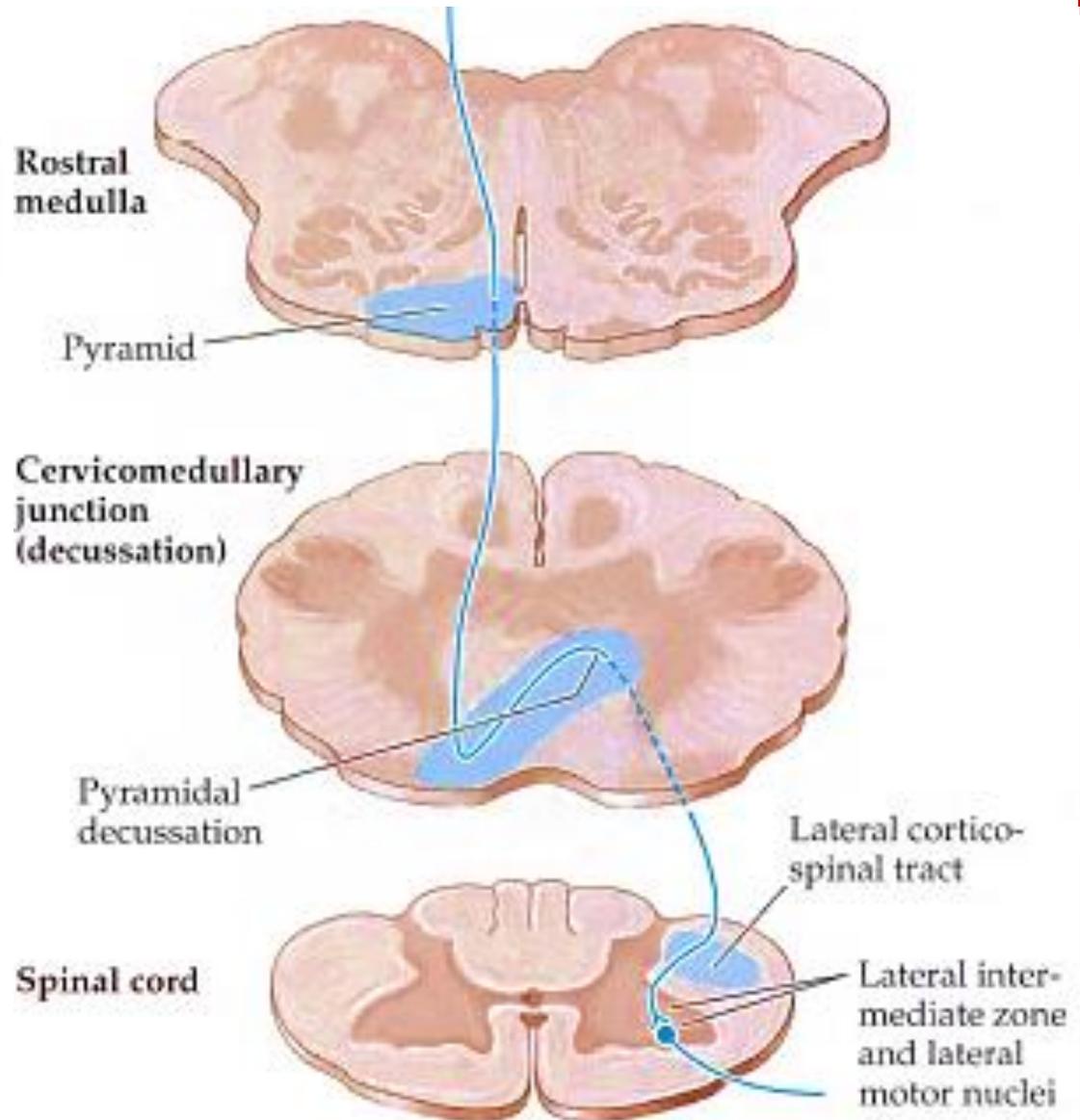
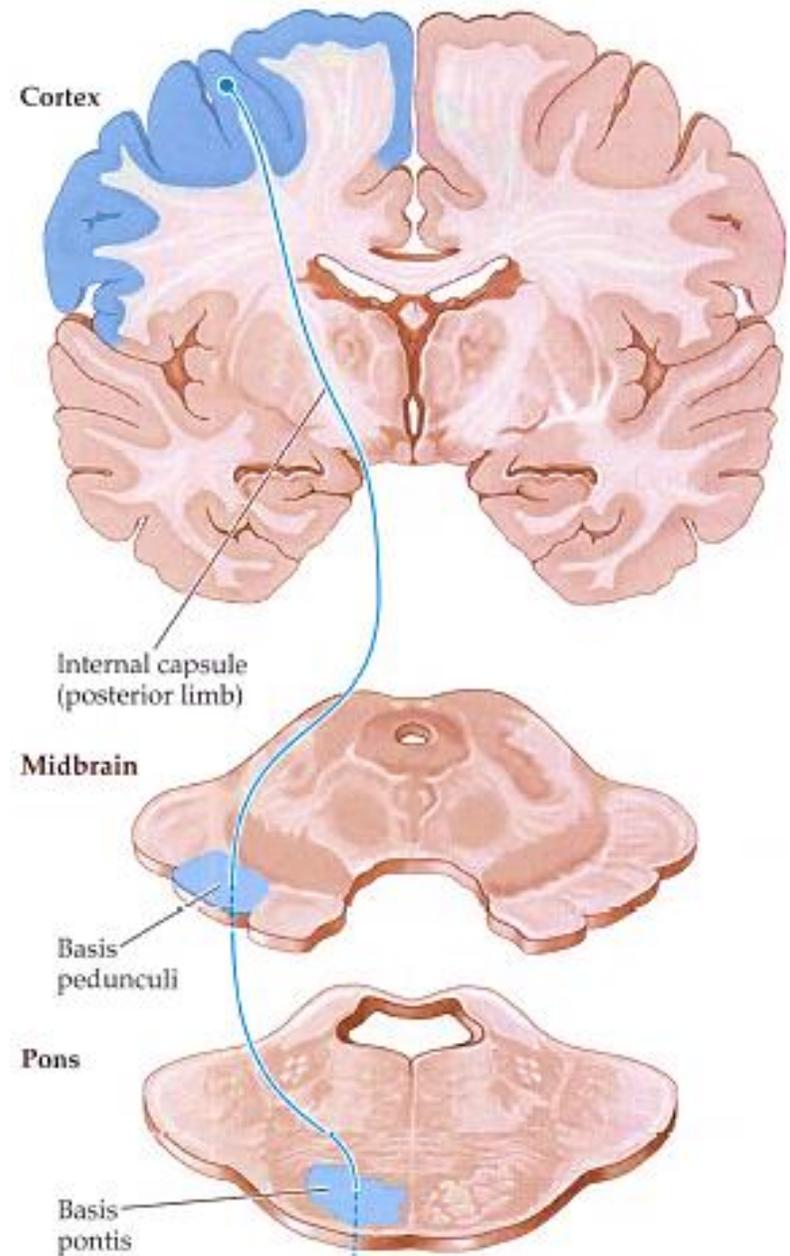


下降性神経路の位置を把握する



外側皮質脊髓路

✓ 主に随意運動に関与



運動関連皮質

↓
内包後脚

↓
大脳脚

↓
橋底部

↓
錐体

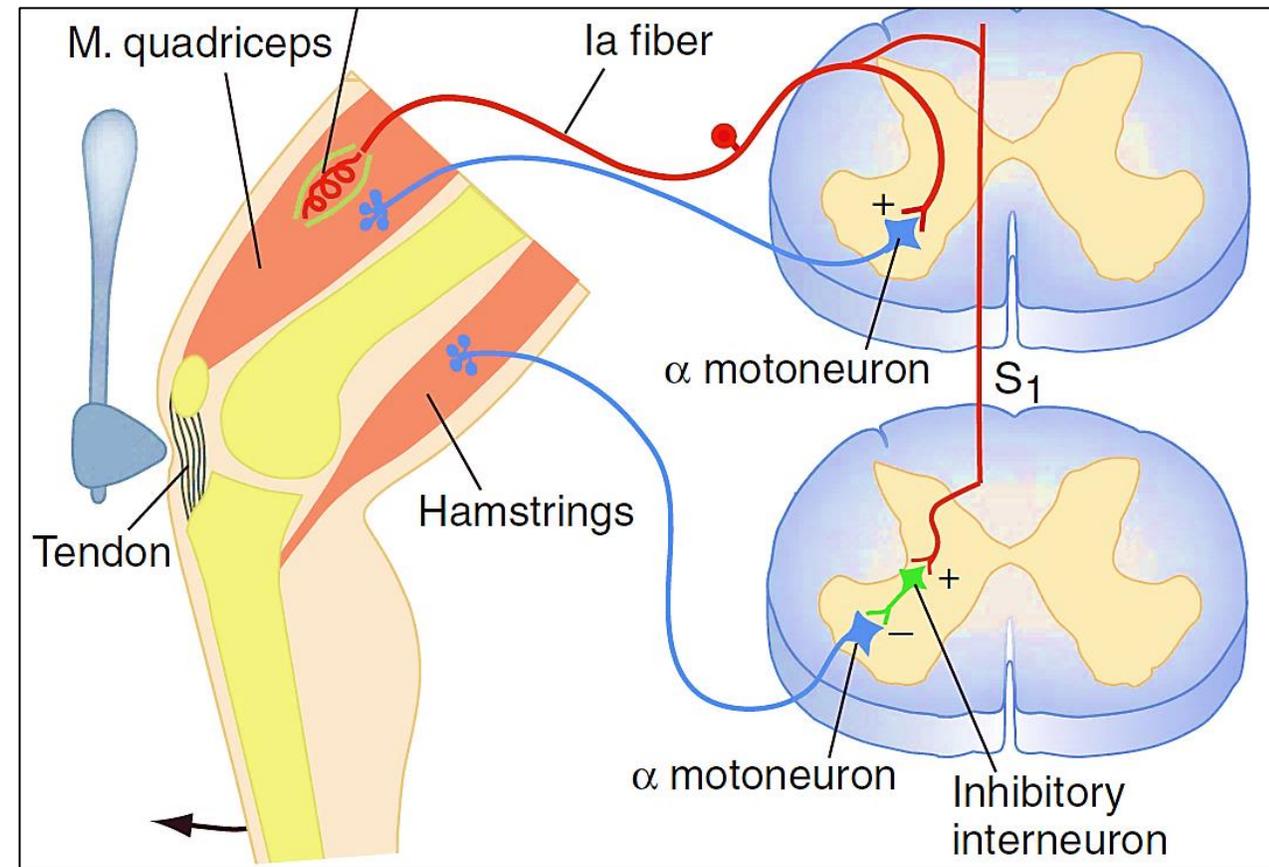
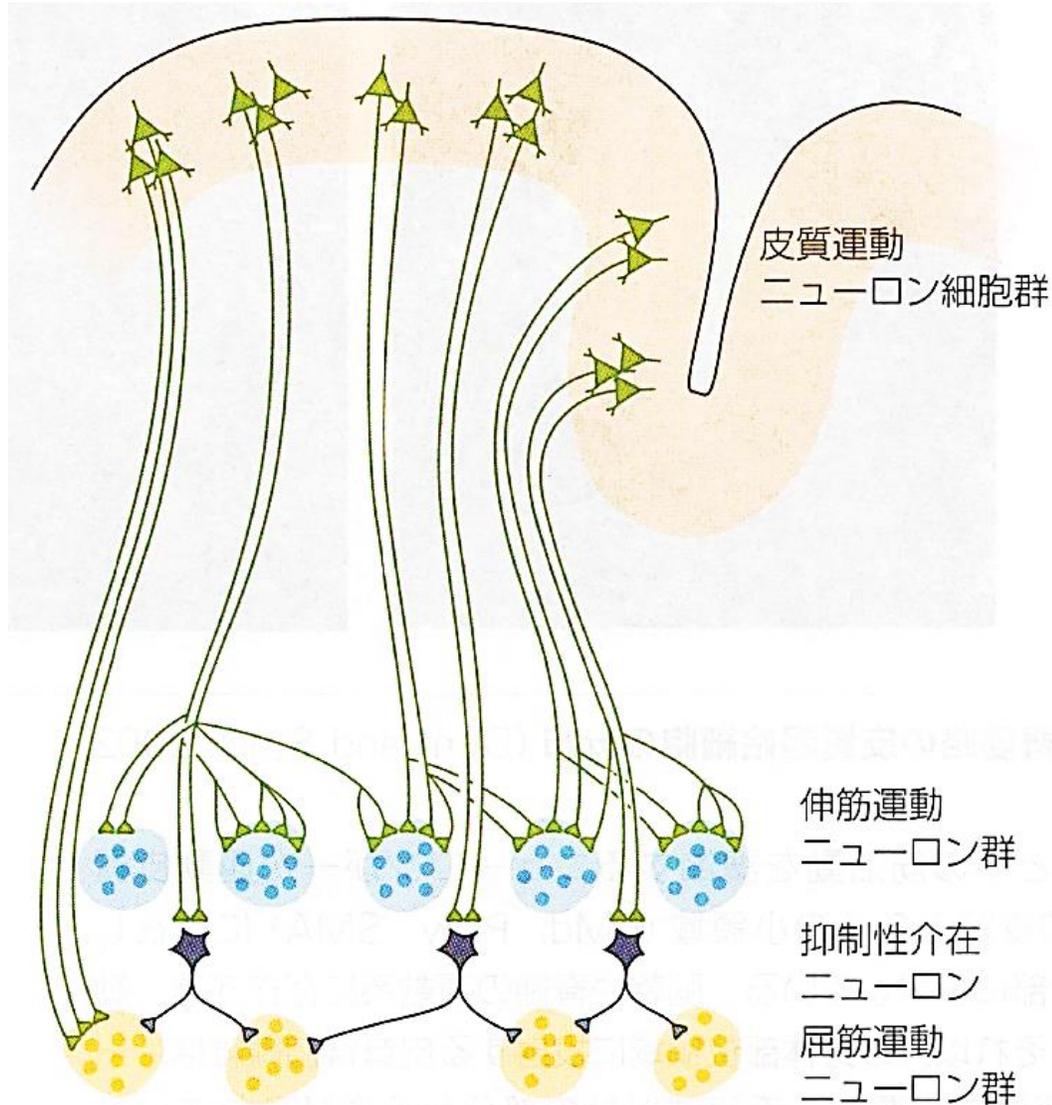
↓
錐体交叉(延髄下部)

↓
脊髓

↓
骨格筋

脊髓への発散した投射

- ✓ 単一の皮質脊髄路線維は**複数の筋を支配する**ように分岐する。
- ✓ **脊髄前角細胞とともに、介在ニューロンにもシナプス**を送る線維も多く存在する。



前皮質脊髄路

✓ 胸髄のレベルで終わり, 主に四肢の近位筋・体幹の随意運動に関与.

一次運動野

内包後脚

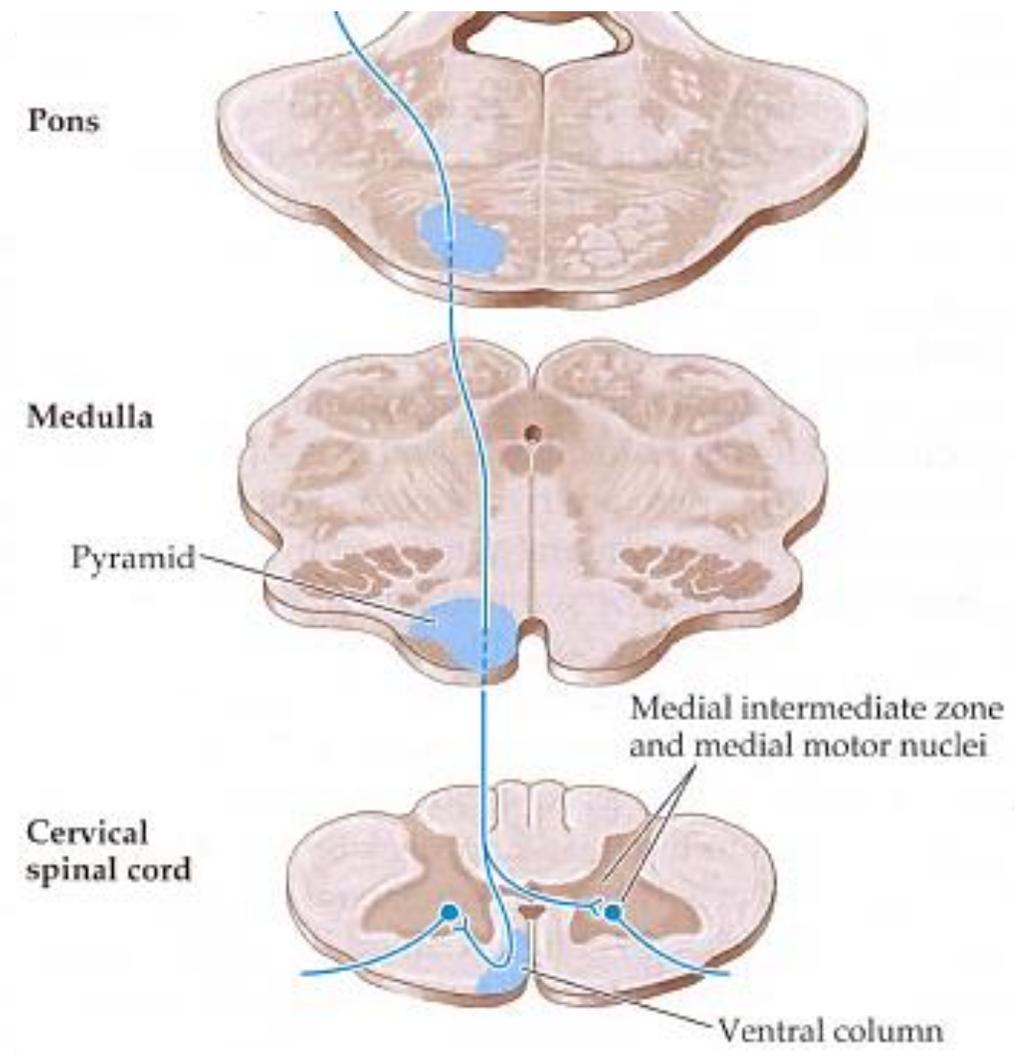
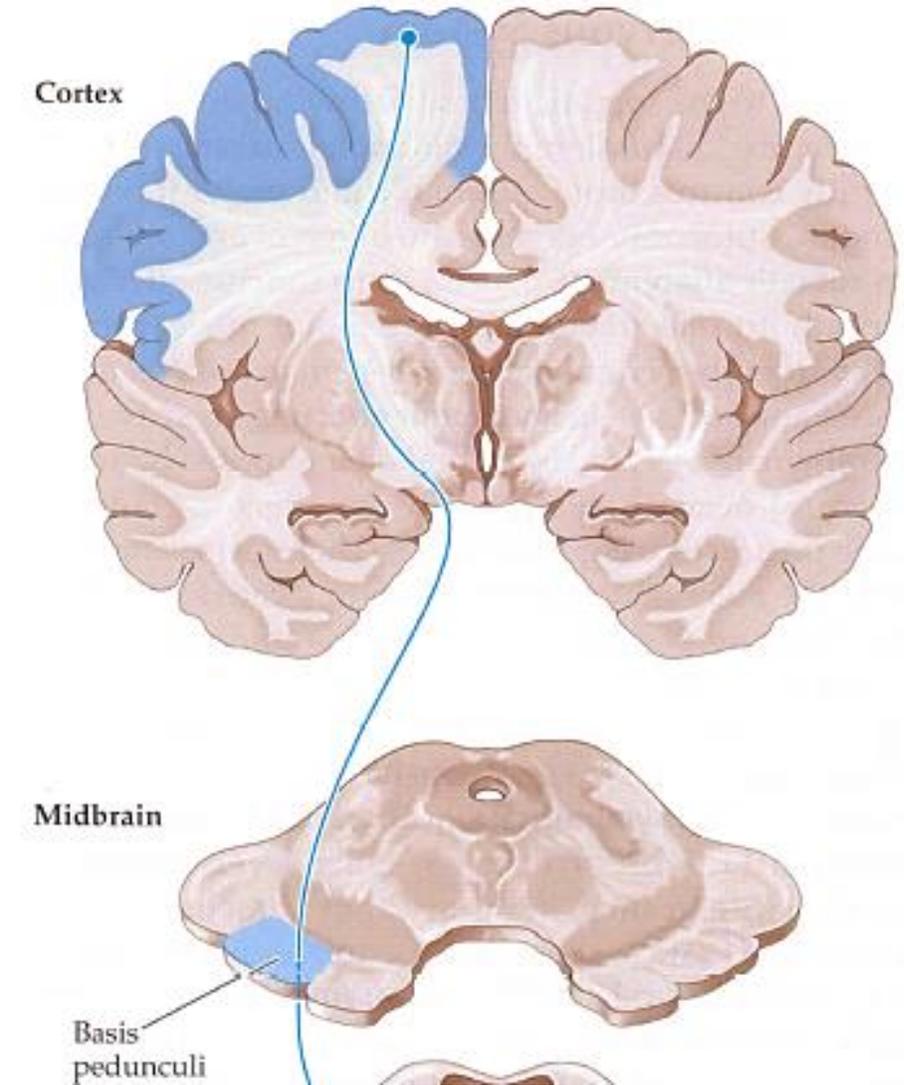
大脳脚

橋底部

錐体(非交叉)

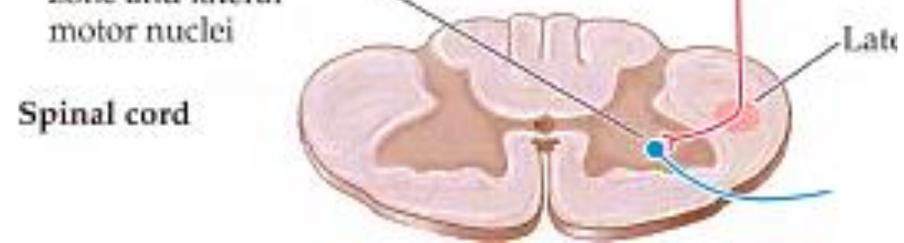
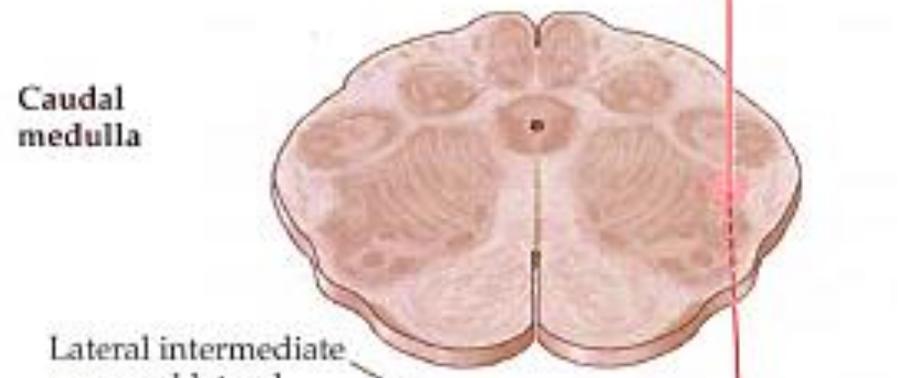
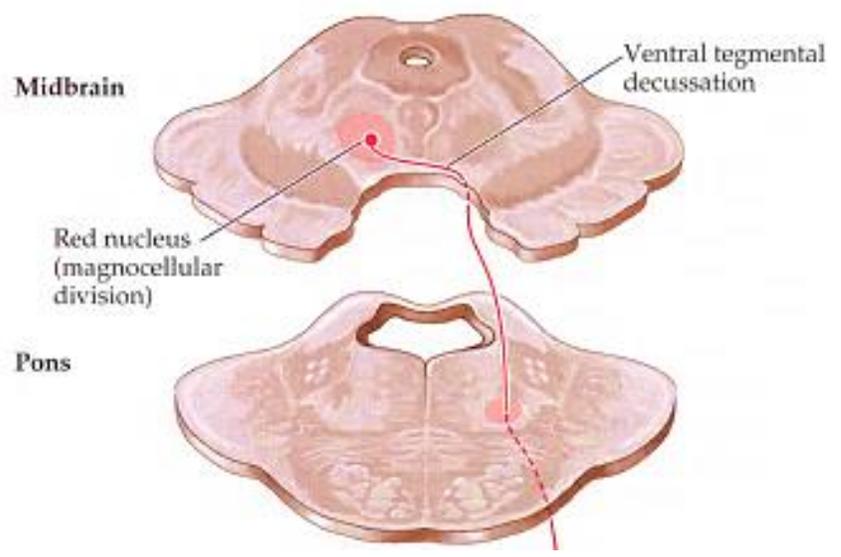
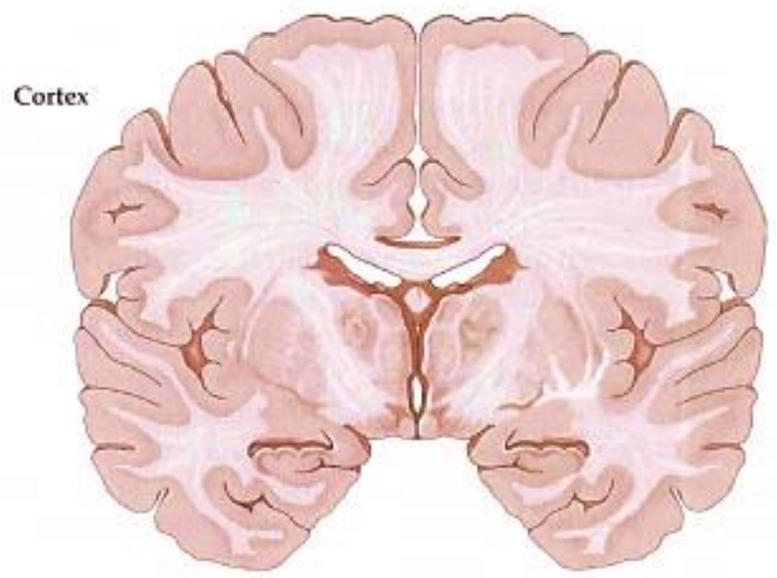
脊髄(胸髄まで)

骨格筋



赤核脊髓路

- ✓ 主に **上肢の随意運動** に関与.
- ✓ 皮質脊髓路の働きを補助する.



中位核 運動関連野

中脳赤核 (大細胞部)

腹側被蓋交叉 (中脳)

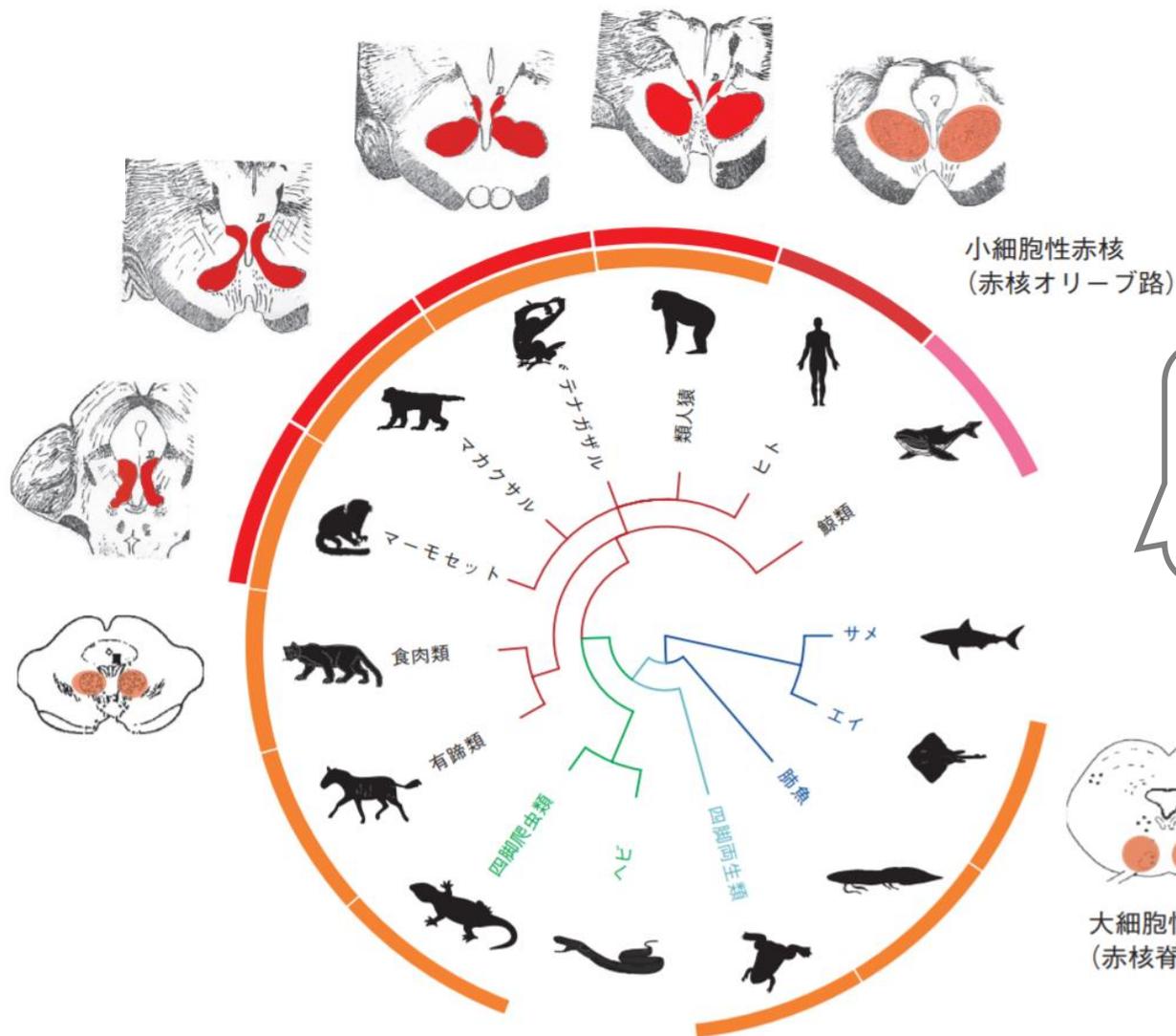
側索 (脊髓)

脊髓

骨格筋

赤核の機能

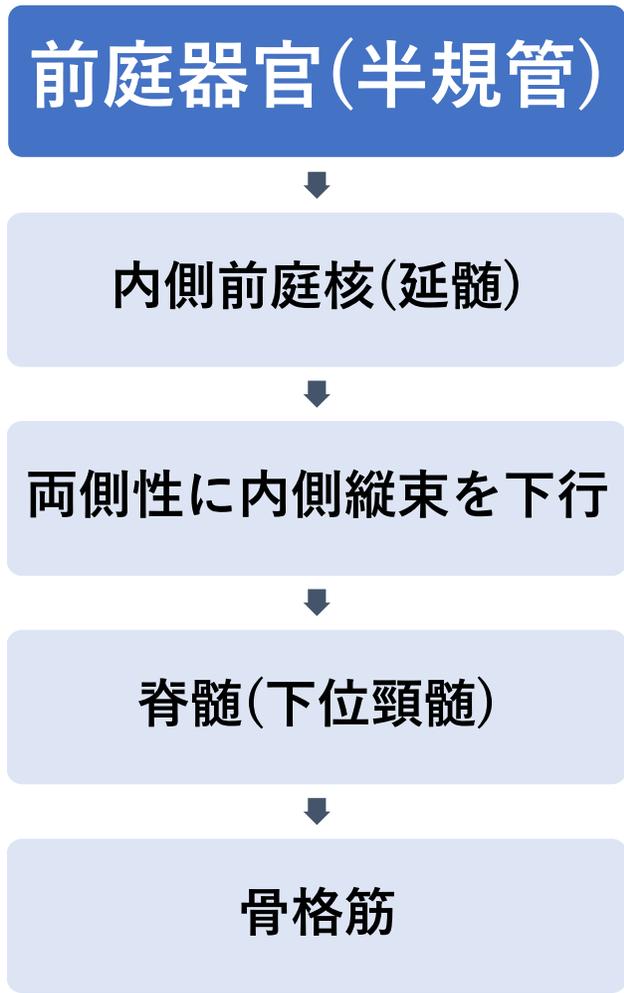
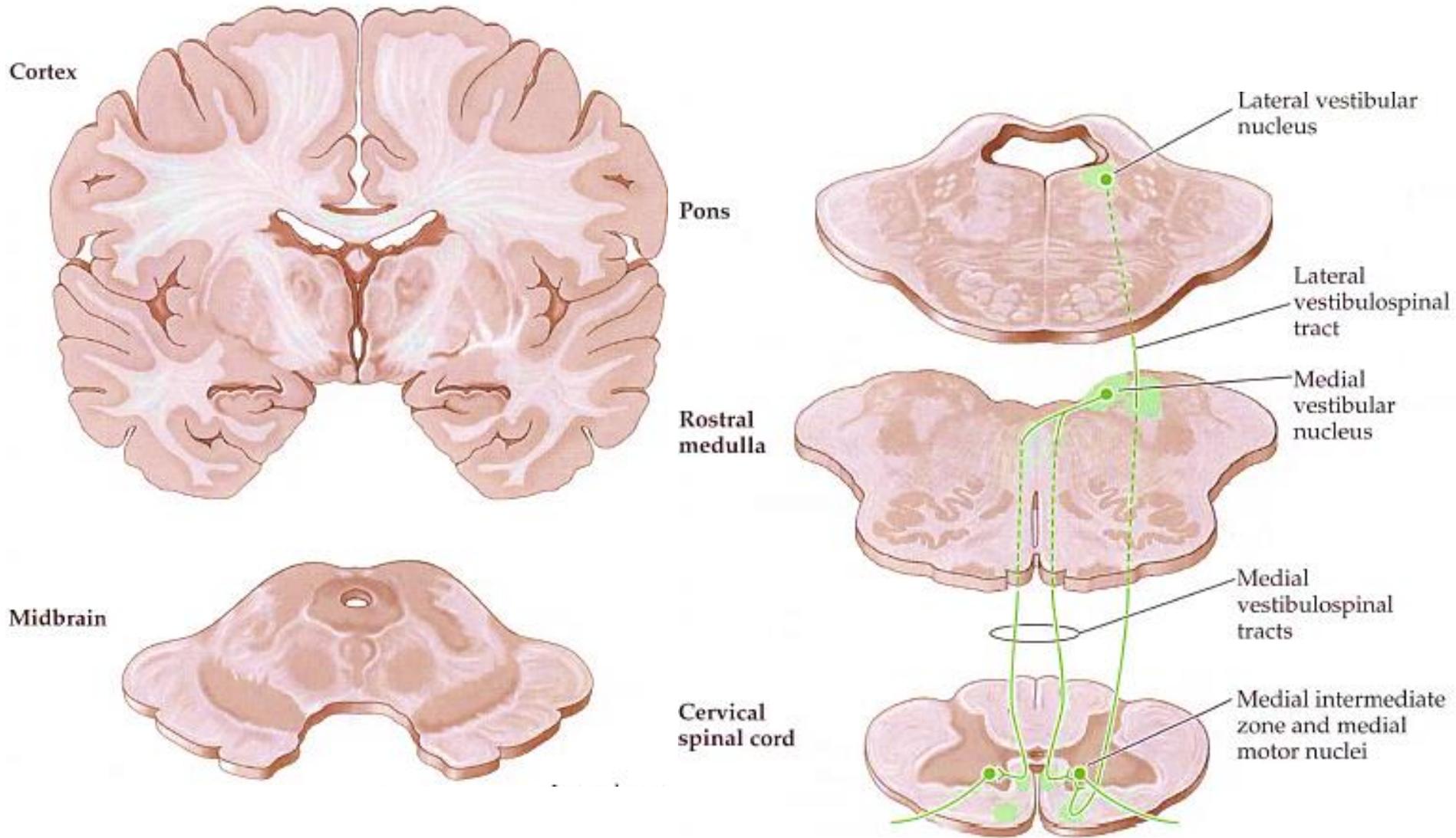
- ✓ 赤核は中脳吻側に位置し, ヘモグロビンとフェリチンの2つの鉄が存在するため, 淡いピンク色である.
- ✓ 皮質脊髄路が優勢である霊長類では, 赤核脊髄路の重要性が低い.
- ✓ 赤核脊髄路を介して四肢の運動調節, 特に 上肢遠位部の屈筋の制御と伸筋の抑制に関与していると考えられている.



損傷によって不随意運動, 振戦なども出現するため 小脳との関係が示唆される.

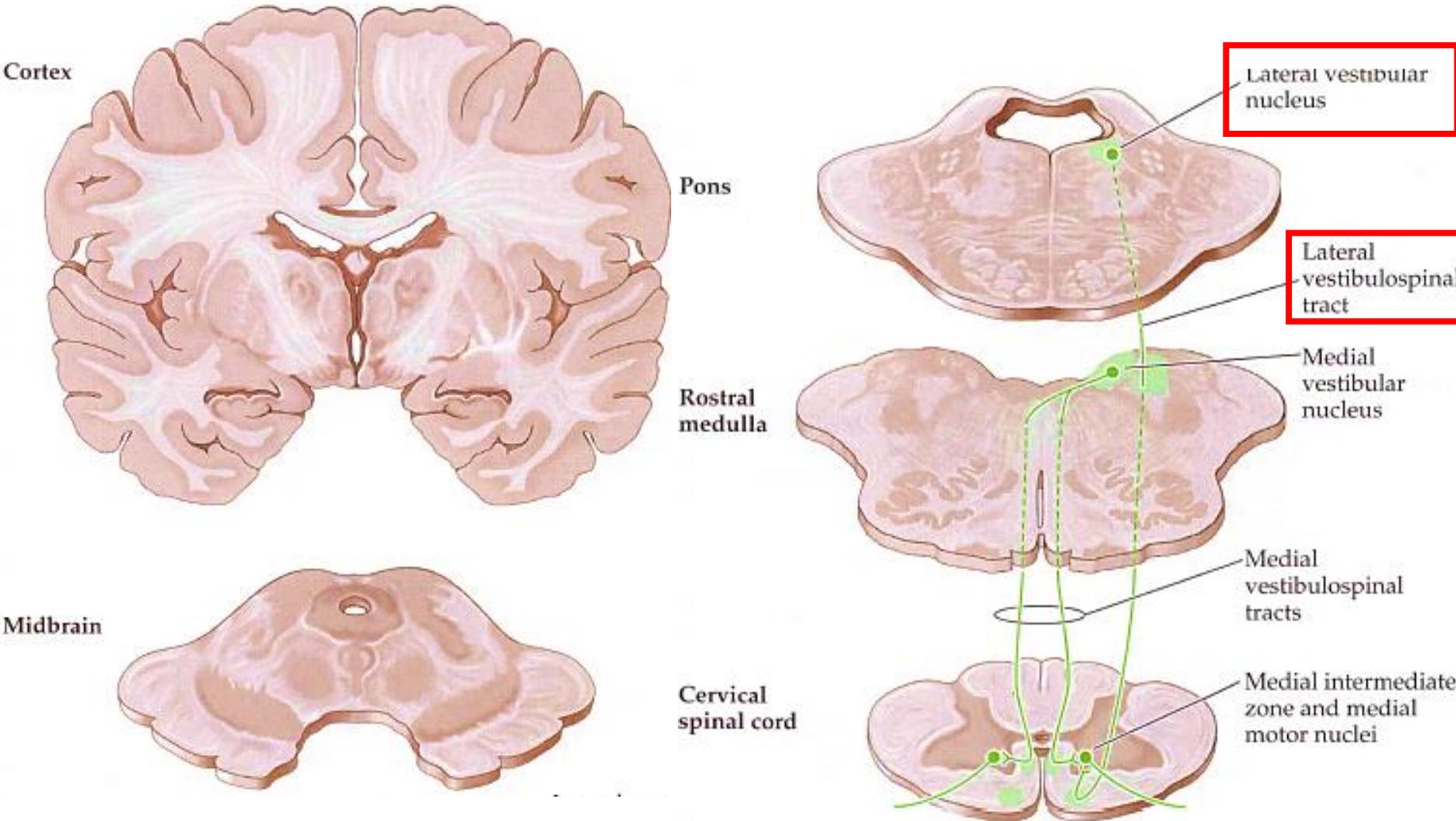
内側前庭脊髄路

✓ 主に頸部や上肢のコントロール/姿勢制御に関与するとされる。



外側前庭脊髄路

- ✓ 主に **体幹や下肢のコントロール/姿勢制御** に関与するとされる。
- ✓ 特に **下肢伸筋群の筋活動を高める** 作用をもつ。



前庭器官(耳石器)

↓

外側前庭核(橋)

↓

同側側索を下行

↓

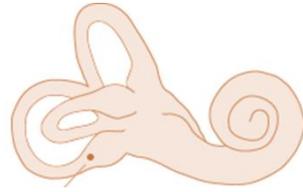
脊髄

↓

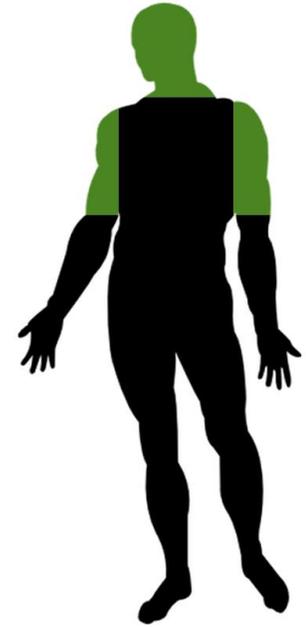
骨格筋

前庭脊髄路を臨床的にとらえる (イメージ)

内側前庭脊髄路



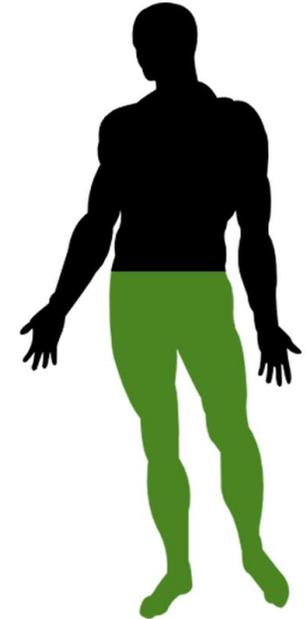
回転加速(角加速)
に反応



外側前庭脊髄路

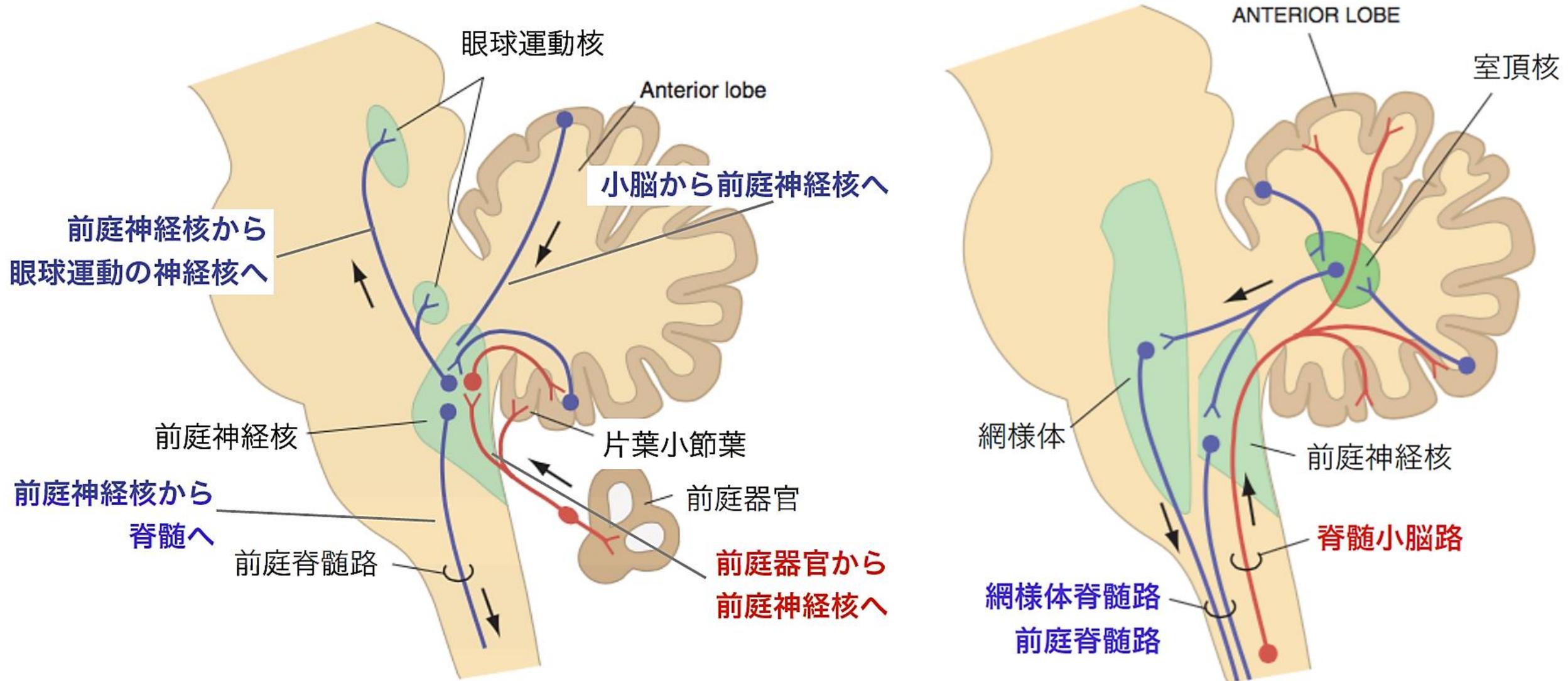


直線加速/傾斜
に反応



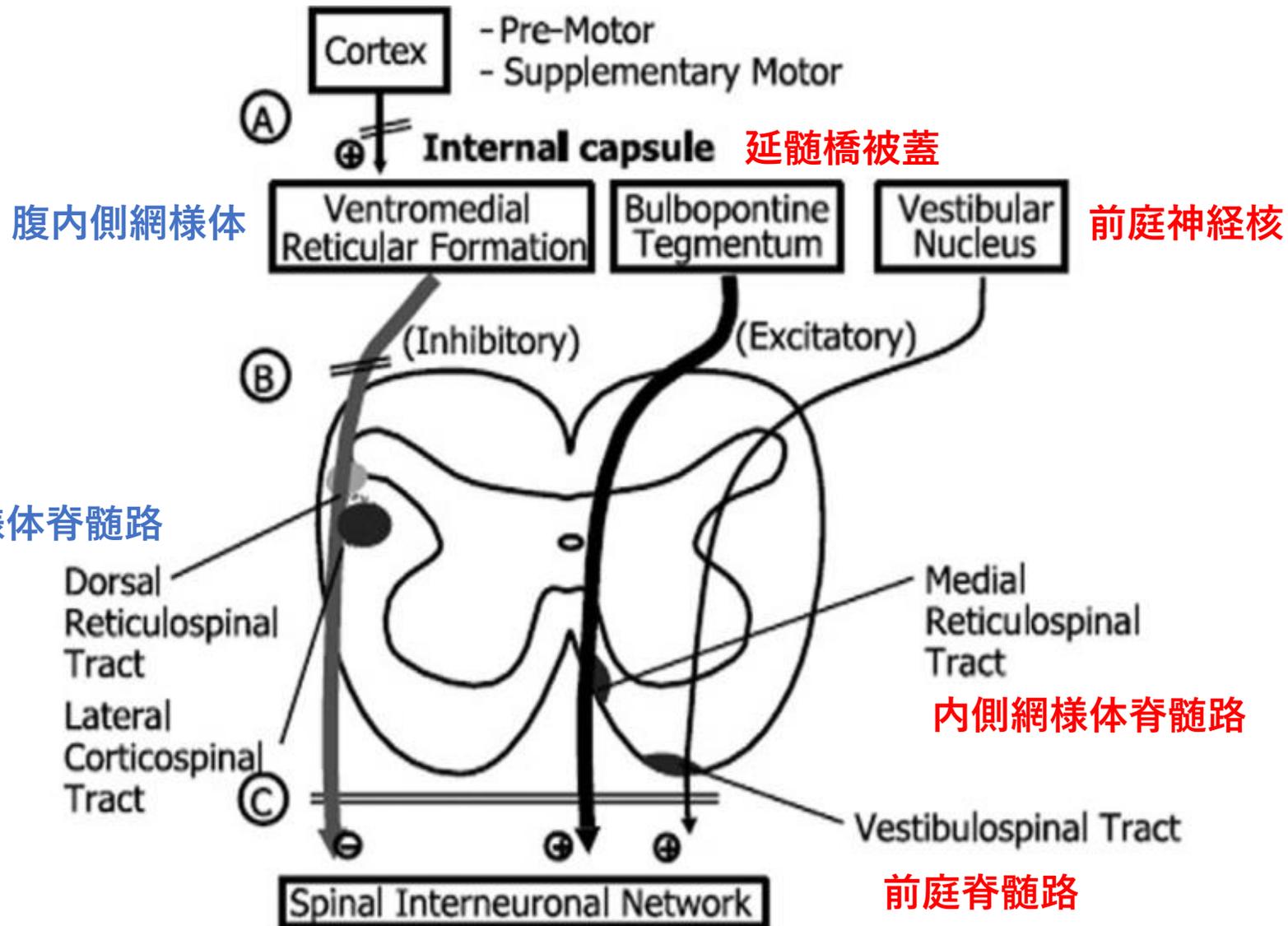
前庭脊髄路

✓ 前庭脊髄路は前庭器官からの感覚情報だけでなく、固有感覚情報を伝達する脊髄小脳路からのフィードバックに基いても機能を果たし、姿勢制御に貢献している。



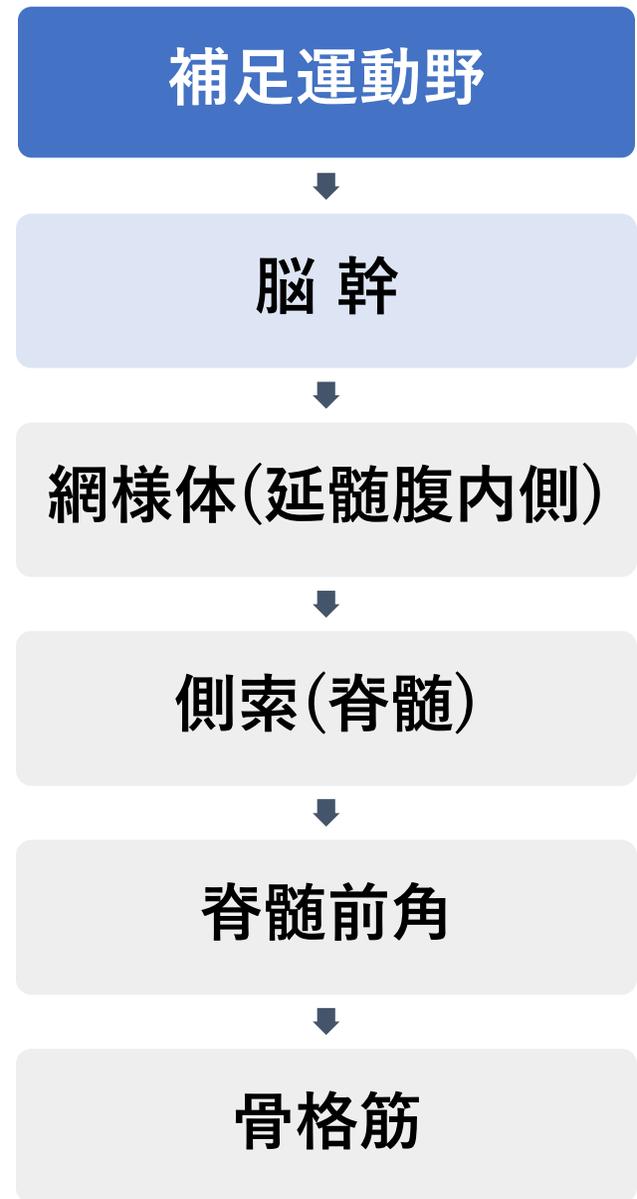
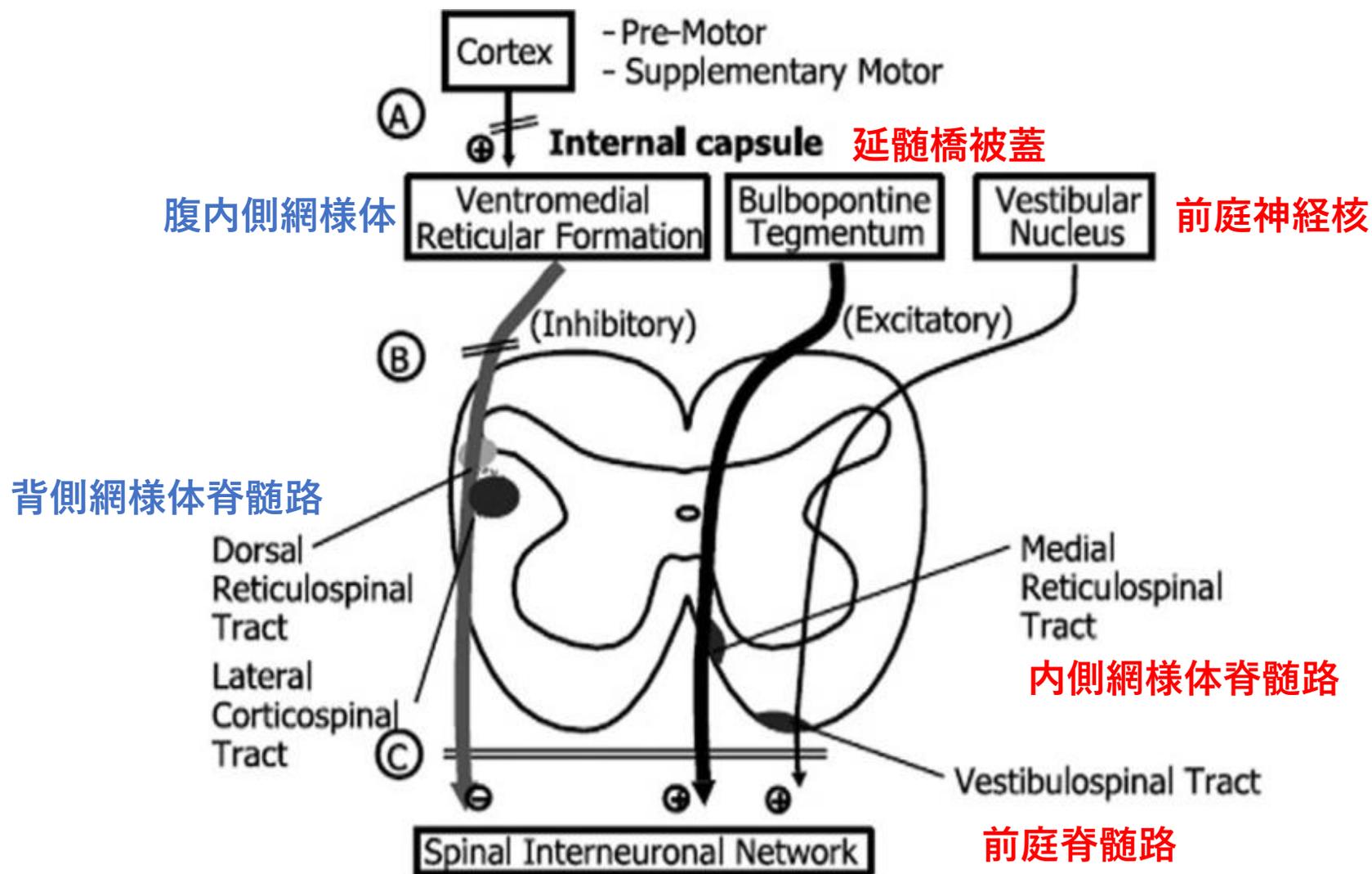
橋網様体脊髄路 (内側網様体脊髄路)

- ✓ 主に 姿勢制御(無意識下での四肢近位筋・体幹筋) に関与.
- ✓ 特に 伸筋群の筋活動を高める とされている.



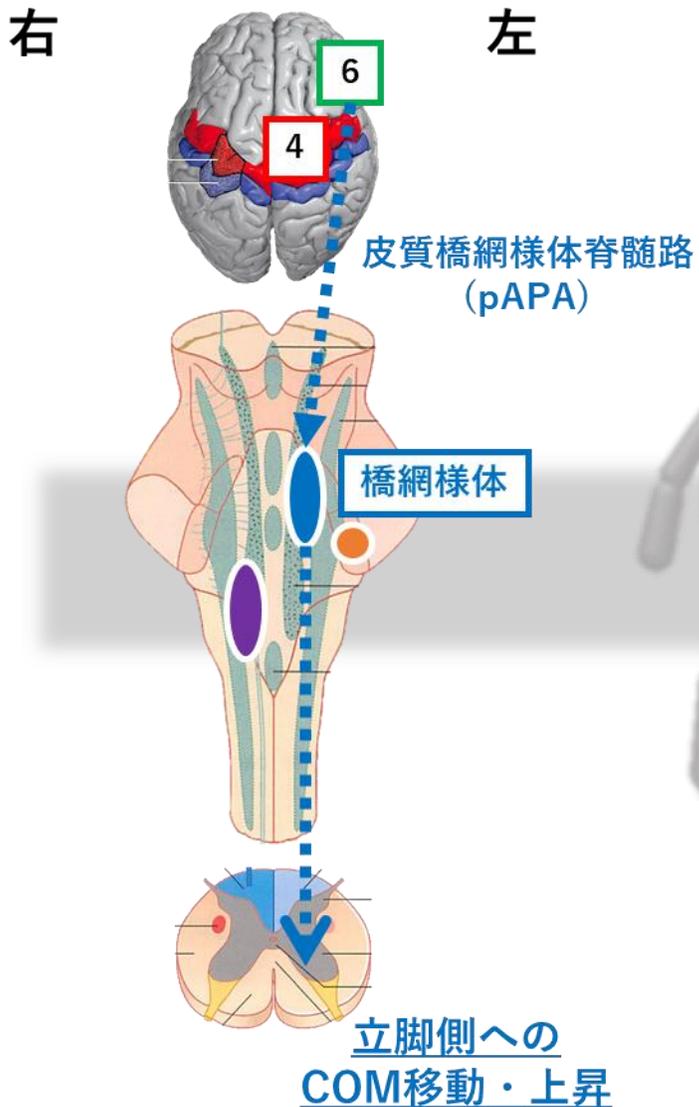
延髄網様体脊髄路 (背側網様体脊髄路)

- ✓ 主に **姿勢制御(無意識下での四肢近位筋・体幹筋)** に関与。
- ✓ 延髄の腹内側網様体から出力される唯一の抑制性経路で、皮質網様体路からの入力を受けるとされる。

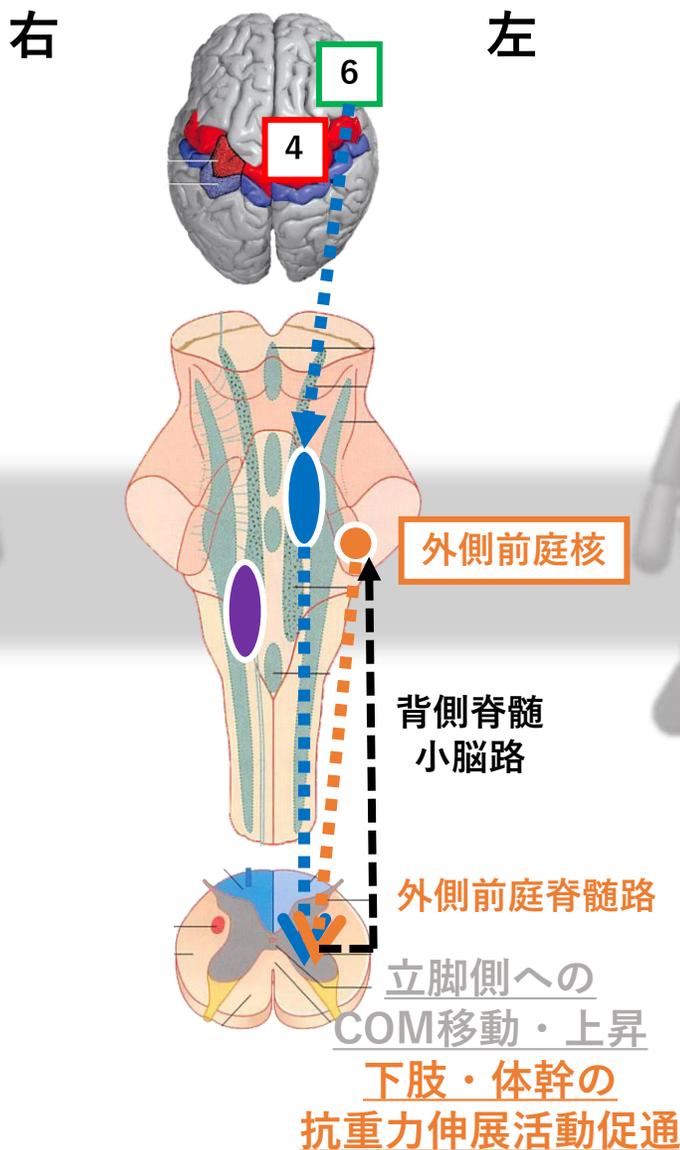


前庭脊髓路を臨床的にとらえる (イメージ)

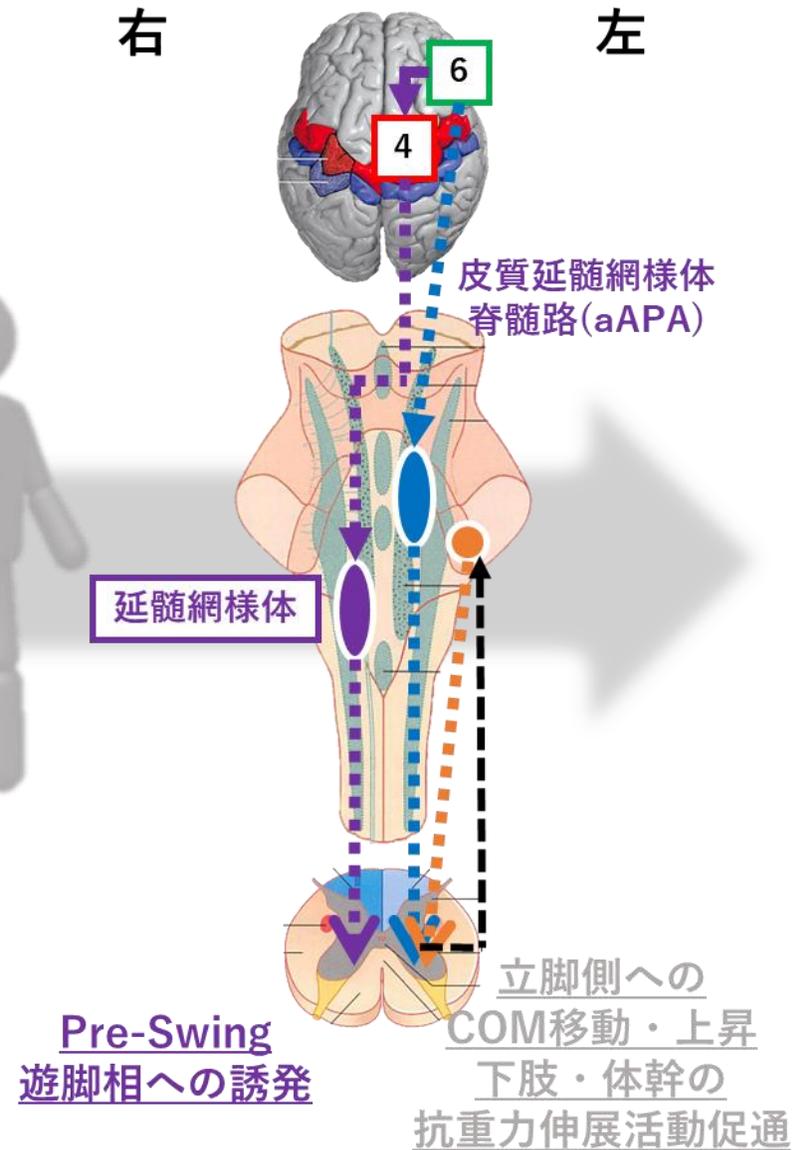
ステップ前(右)



荷重開始後



遊脚相移行



視蓋脊髓路

- ✓ 主に眼球運動・頭頸部運動の協調性に関与.
- ✓ 特に衝動性眼球運動(サッケード)に作用している.

補足眼野/前頭眼野/頭頂葉

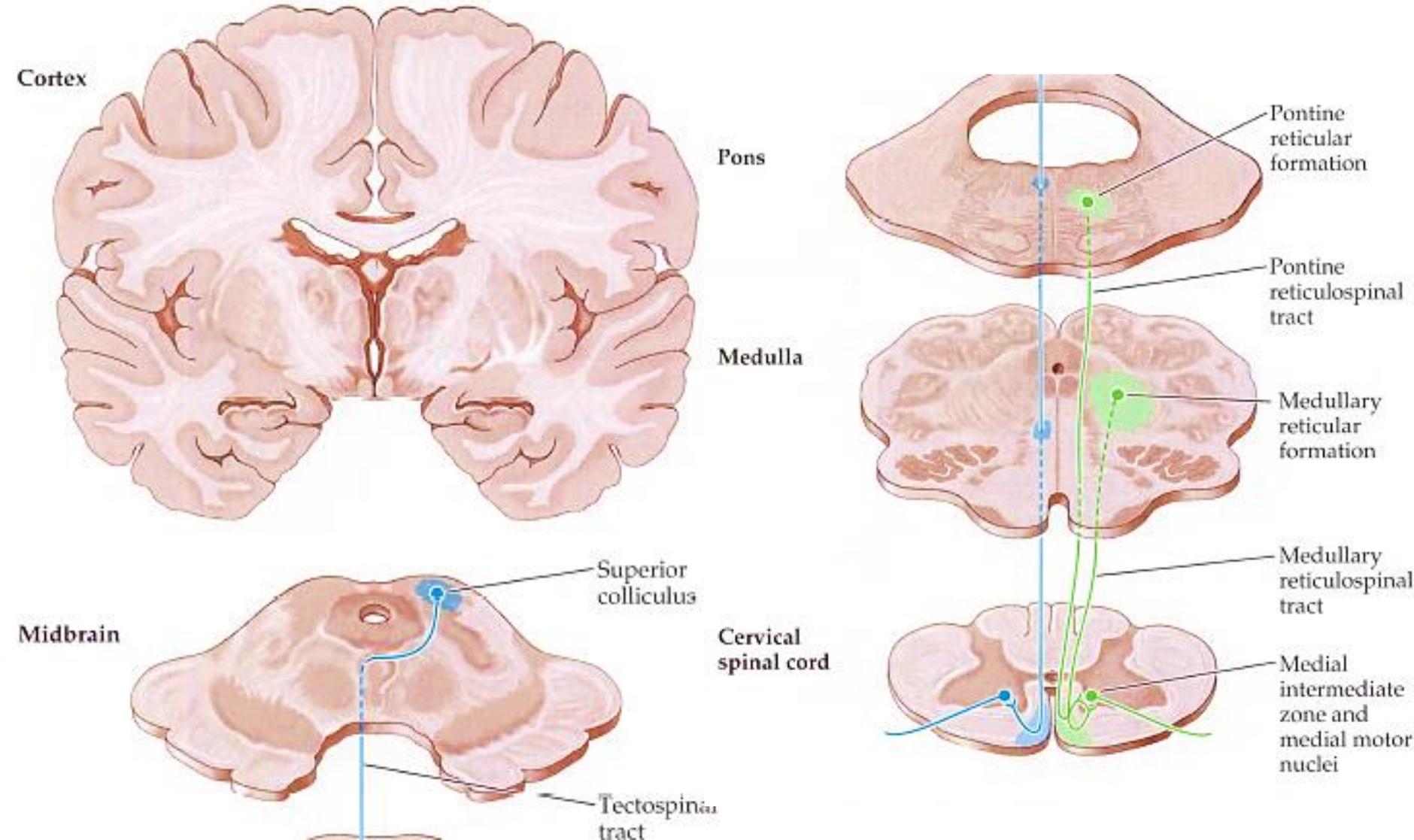
上丘(中脳)

脳幹内側

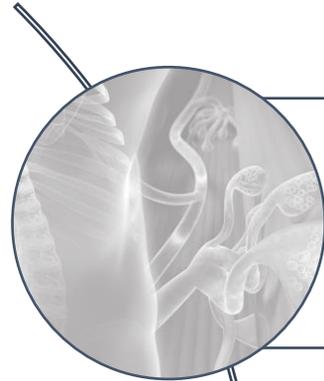
脊髓前索

脊髓(頸髄)

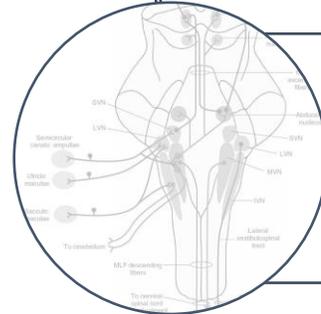
骨格筋



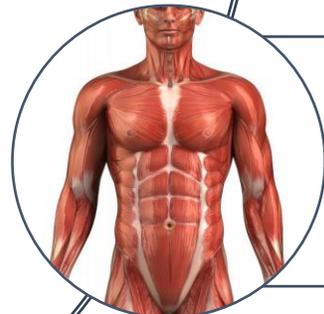
Contents



①神経筋システムとは？

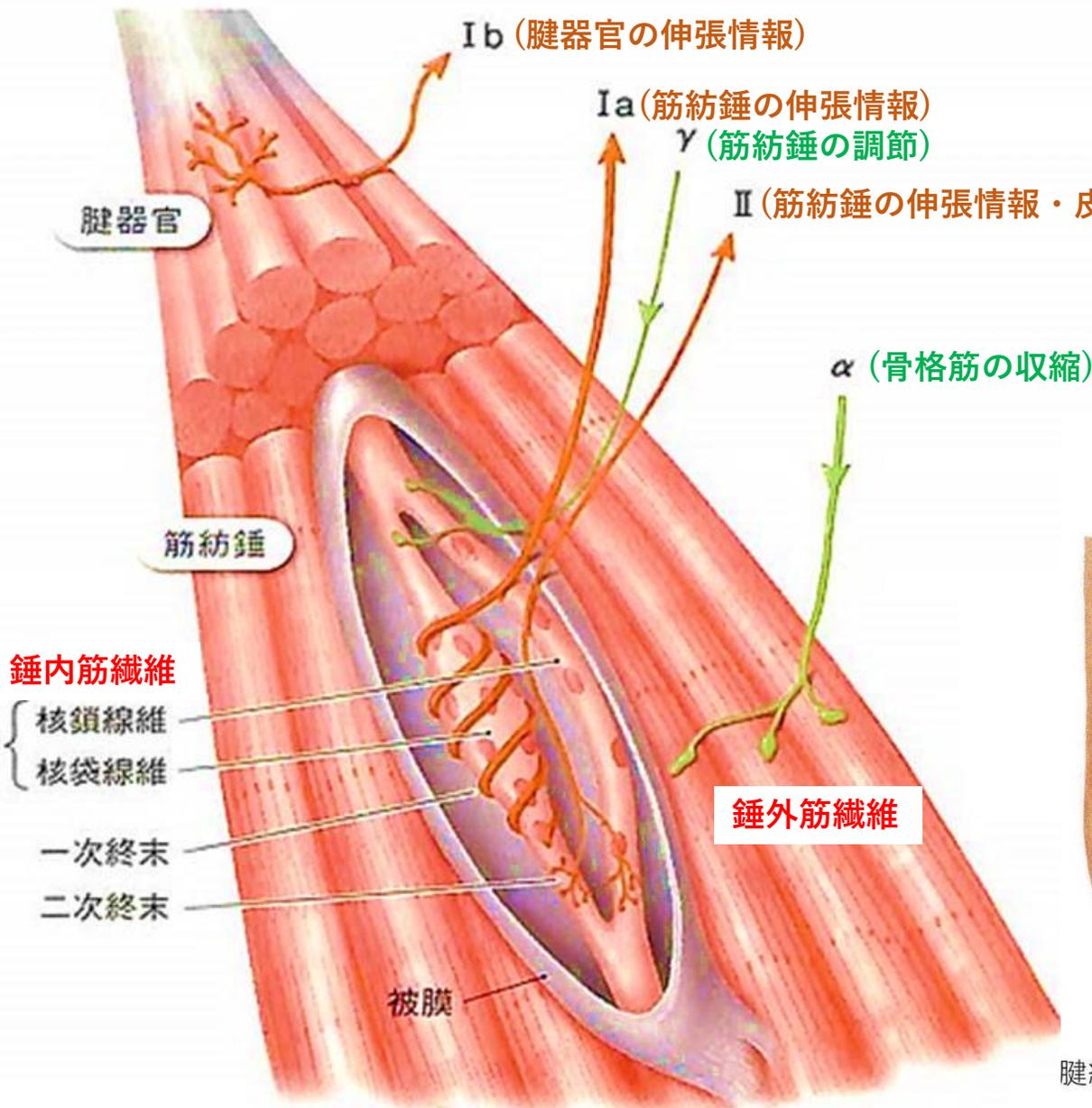


②下行性神経路のシステム

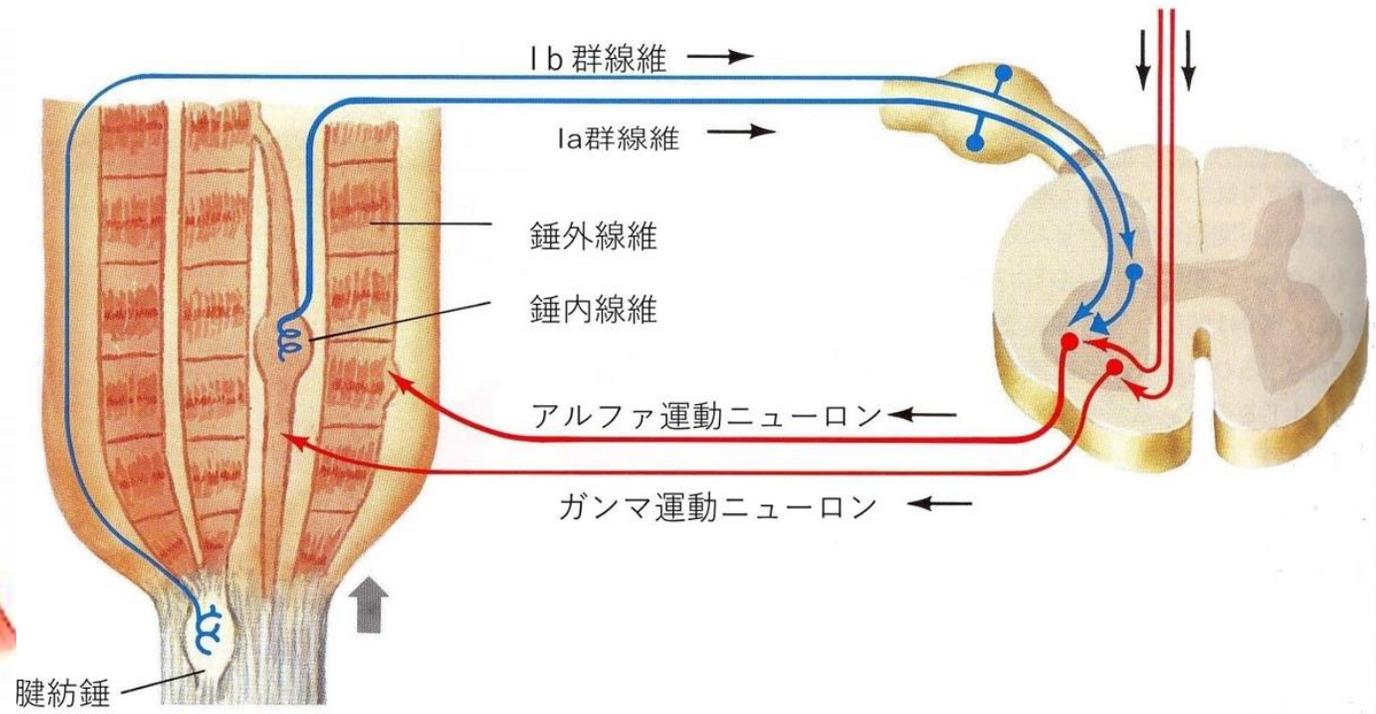


③骨格筋の構造と機能

筋の内部構造



- ✓ Ia線維： 筋の伸張の速度
- ✓ II線維： 筋の伸張の程度
- ✓ γ 線維： それらの感度の調整



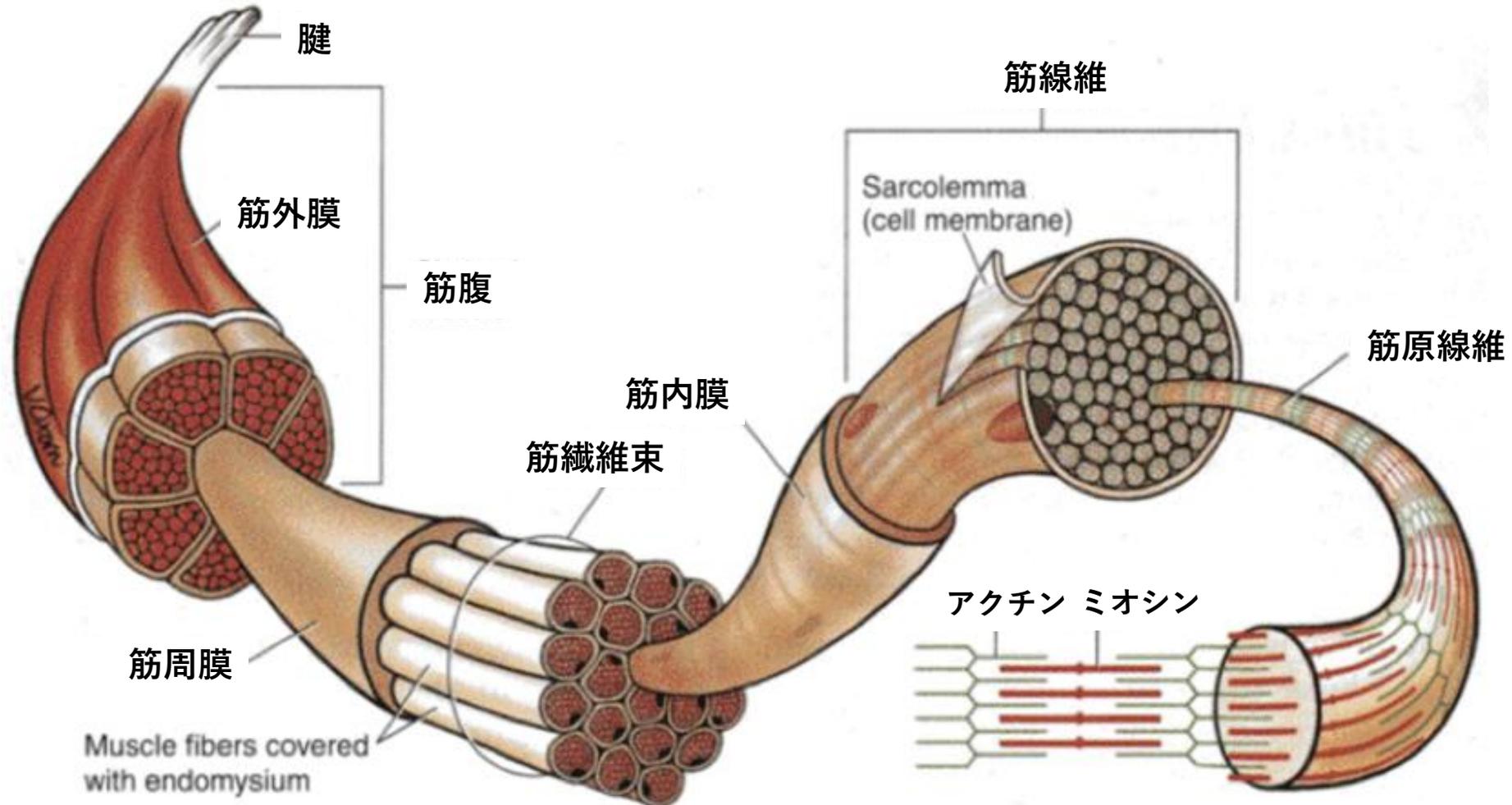
筋の種類と機能

- ✓ 意識的に弱化した分の力生成を増加させようとした場合、**減弱した下行性伝導は閾値の高い運動単位は利用しなかったと報告**されている。
例：上腕二頭筋（速筋50%・遅筋50%），上腕三頭筋（速筋70%・遅筋30%）
腓腹筋（速筋60%・遅筋40%），ヒラメ筋（速筋10%・遅筋90%）

運動単位の性質	運動単位の種類		
	S型	FR型	FF型
収縮速度	遅い(遅筋)	速い(速筋)	速い(速筋)
疲労度	低	中	高
運動ニューロンサイズ	小	中	大
神経支配比	小	中	大
閾 値	低	中	高
支配筋線維	Type I (赤筋)	Type II A(白筋)	Type II B (白筋)
収縮タイプ	持久型	パワー型	瞬発型

骨格筋の機能

- ✓ 円滑な骨格筋の収縮は、筋線維内でのアクチン・ミオシンフィラメントの滑走により実現されている
- ✓ アクチン・ミオシンを含むサルコメア領域の数により筋線維の長さは決定され、筋収縮力を要求される身体部位においてはサルコメアの適切な数は筋出力上、特に重要となる



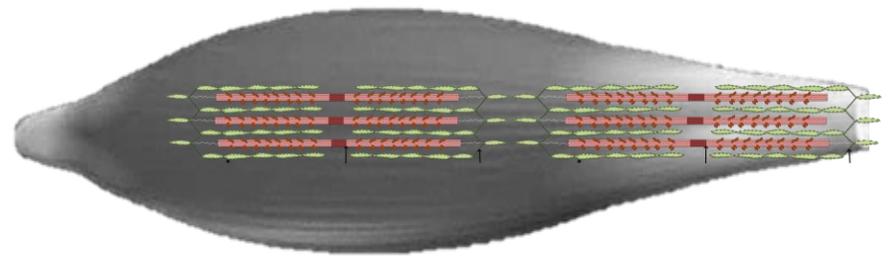
図：Gross anatomical structure of mature mammalian skeletal muscle. Taken from Kraemer et al. (2012). より引用

骨格筋の短縮

- ✓ 骨格筋が長期的に筋長が短い状態のまましていると、存在したサルコメア数は失われて減少し“短縮”を生じる。
- ✓ 短縮した筋は適切な長さを保持する筋群よりも運動に動員されやすく、短縮自体を助長するとともに目的とする運動・活動のパターンに影響を与える可能性がある。

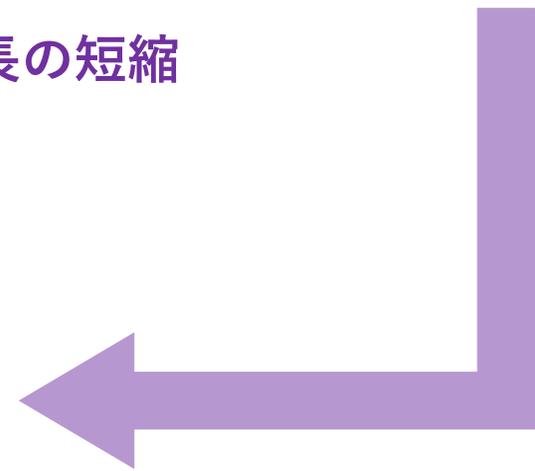


長期的な短縮肢位



サルコメア数の減少に伴う筋長の短縮

筋の過敏性↑
= 易動員性

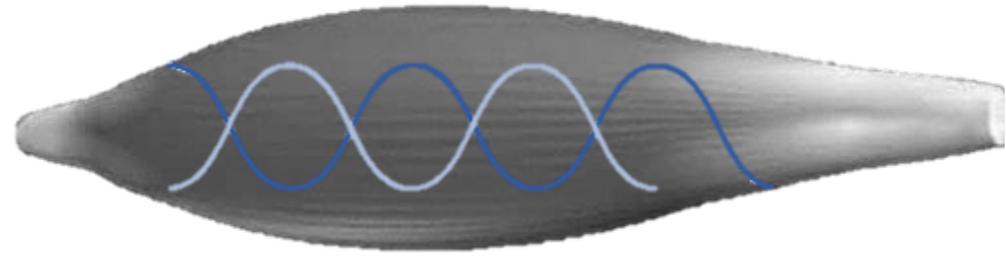


骨格筋の弱化

- ✓ 神経系に障害を負った場合, 運動単位の動員減少により **“筋の張力”が失われ, 円滑な筋収縮を行えなくなる(弱化).**
- ✓ また, 過剰な筋収縮/緊張状態の筋を長期的かつ他動的に過度にストレッチした状態にしておいた場合, 筋の“成長 (Growing)”が起こり, **必要以上のサルコメアが形成されて適した筋出力が困難となる (= Stretch Weakness)**



=

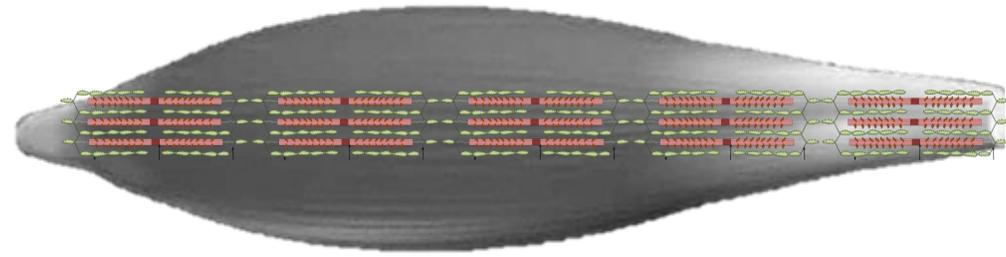


麻痺の影響による筋張力の欠如

弱化
Weakness



=

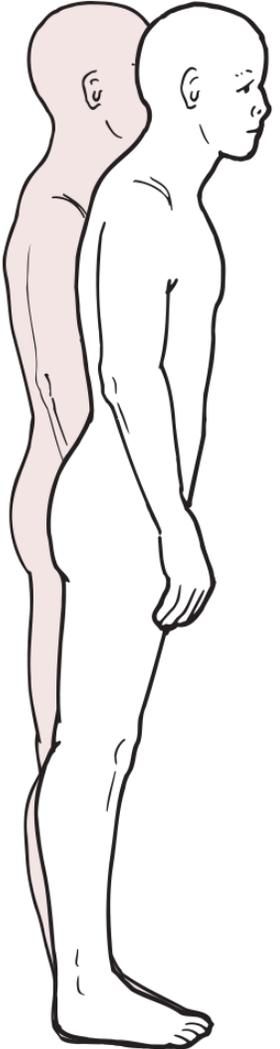


過度なサルコメア形成による筋張力欠如

伸張性弱化
Stretch
Weakness

弱化の影響(末梢性変化)

✓ 様々な研究報告がありあくまで一説に過ぎないが、ヒトが抗重力姿勢を保持・維持するために持続的に作用しなければならない“姿勢筋”に多いとされるType Iは、不使用・不動によってType IIへと変化するとの報告がある。

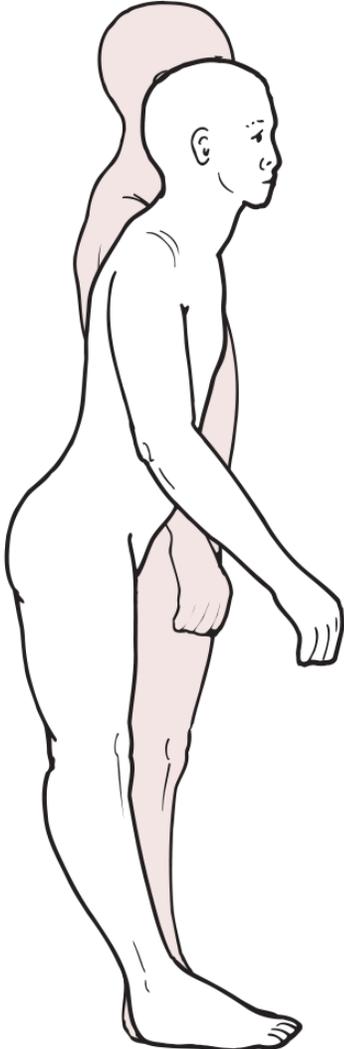


ヒラメ筋

- Type I (遅筋)
- 低閾値
- 低疲労

腓腹筋・前脛骨筋

- Type I / II 混合
- 中程度の閾値
- 中程度の疲労



ヒラメ筋

- Type II (速筋)
- 高閾値?
- 易疲労?

腓腹筋・前脛骨筋

- Type II (速筋)
- 高閾値?
- 易疲労?

動作時の筋線維の動員順序

- ✓ 筋の活動はHennemanの動員法則に従って絶えず動員される(Henneman ,Mendell : 1981)
- ✓ 動作/活動に際して、小さくゆっくりとした運動単位(Type I)は、大きく素早い運動単位(Type II)の筋線維よりも先行的に発火することが報告されている

サイズの原理

