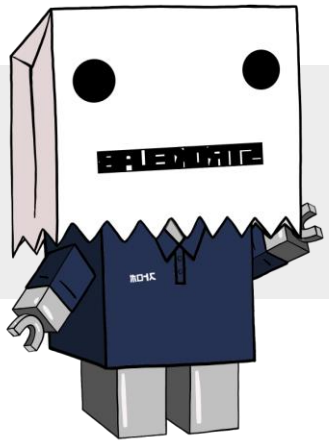
NEURO SCIENCE COURSE
ストラボ
STROKE LAB



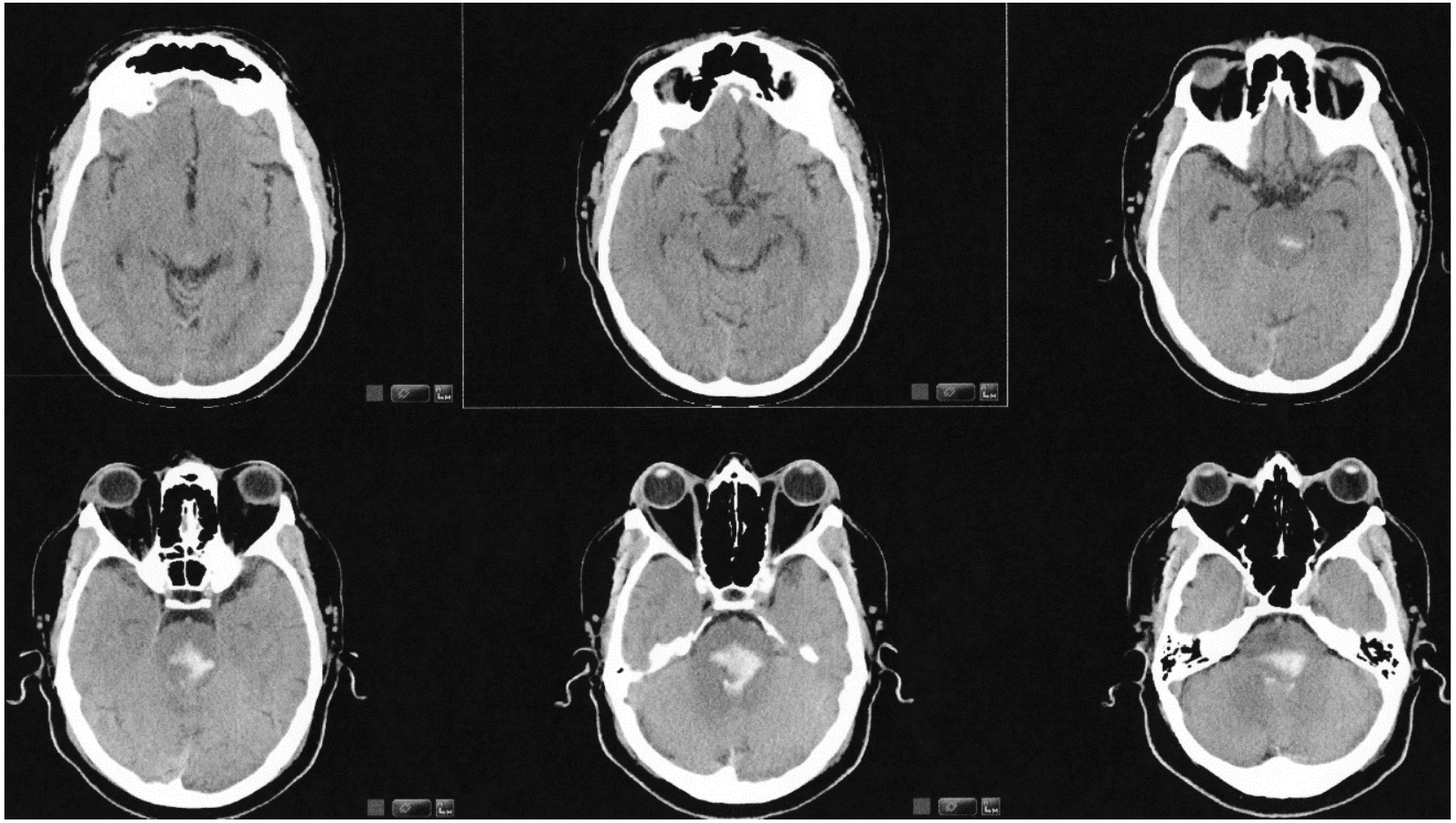
間脳/脳幹/脊髄
（*Diencephalon/Brain Stem/Spinal Cord*）

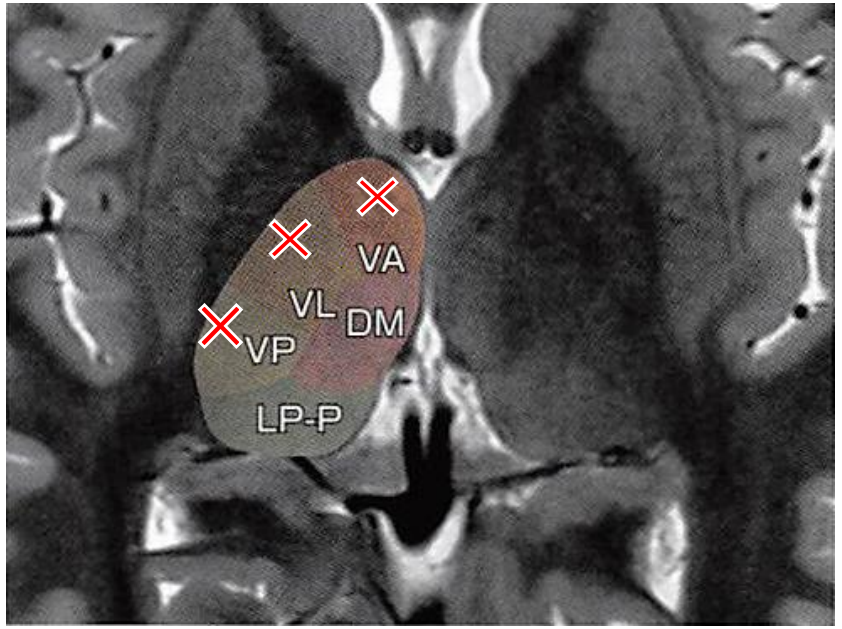
脳の局在性　*Localization of Brain (Structure or Function)*

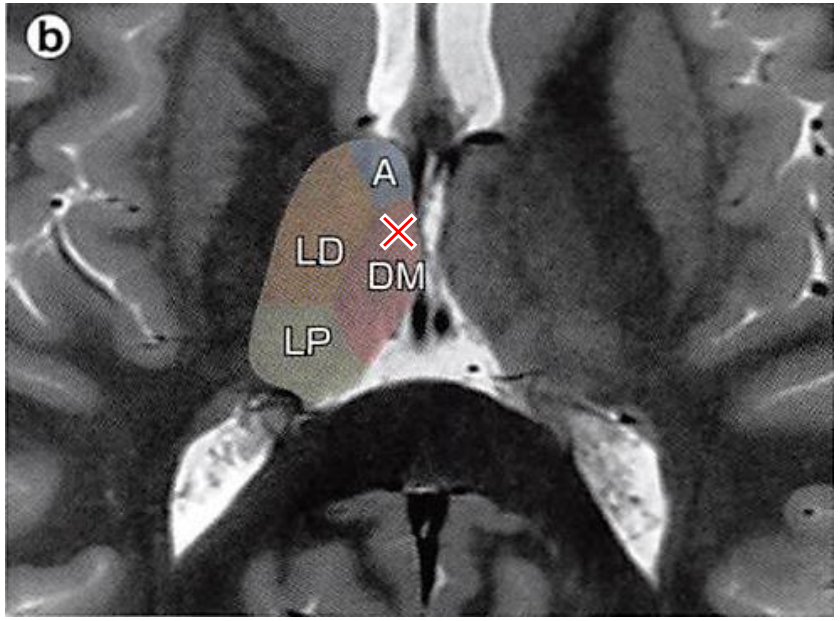
Introduction

✓ 間脳・脳幹・脊髄は大脳皮質からの制御を受けながらも，その一部は自律神経系や意識・覚醒，歩行運動などの**自律的機能・運動において重要な役割を担っている**

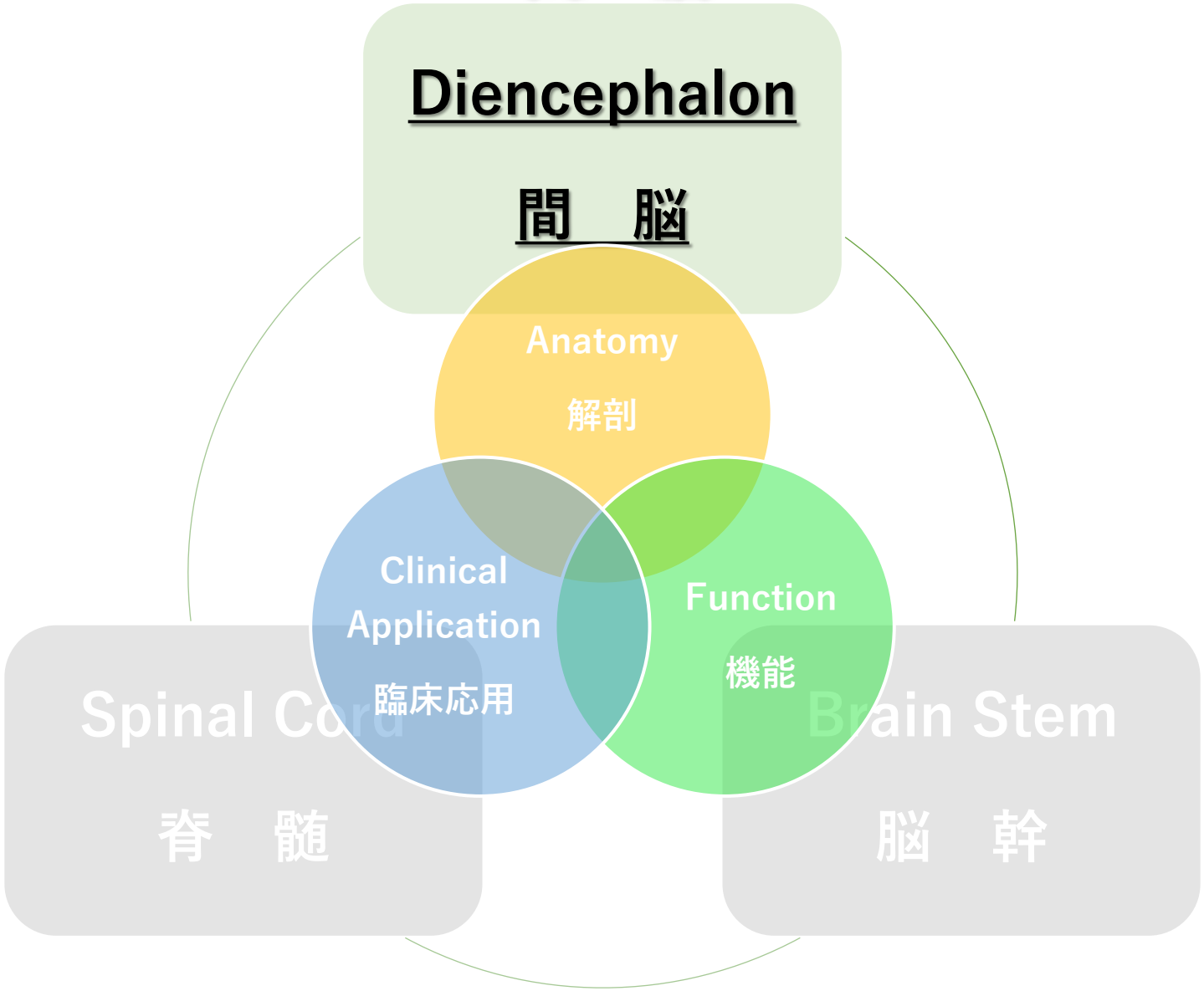
Discussion







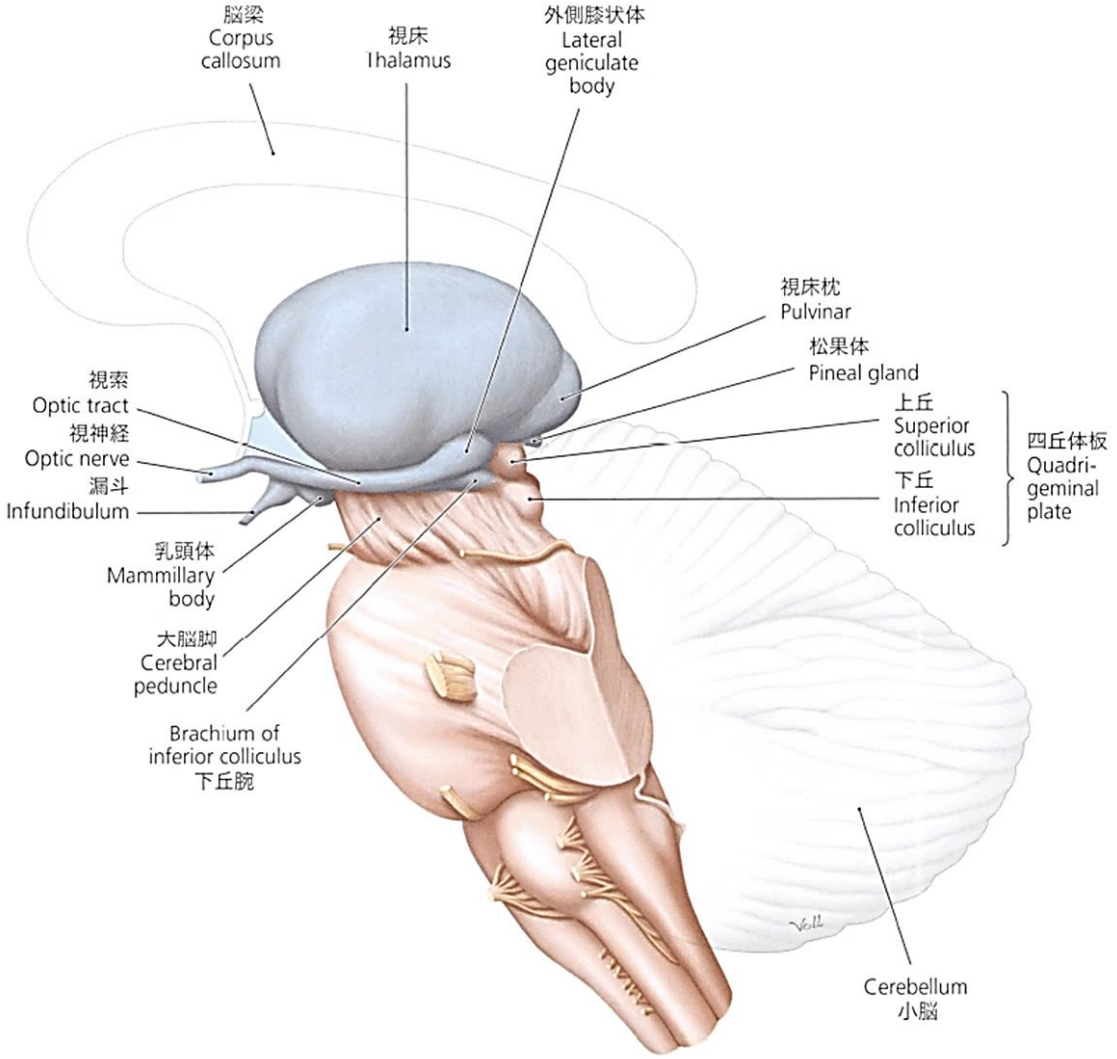
間　脳

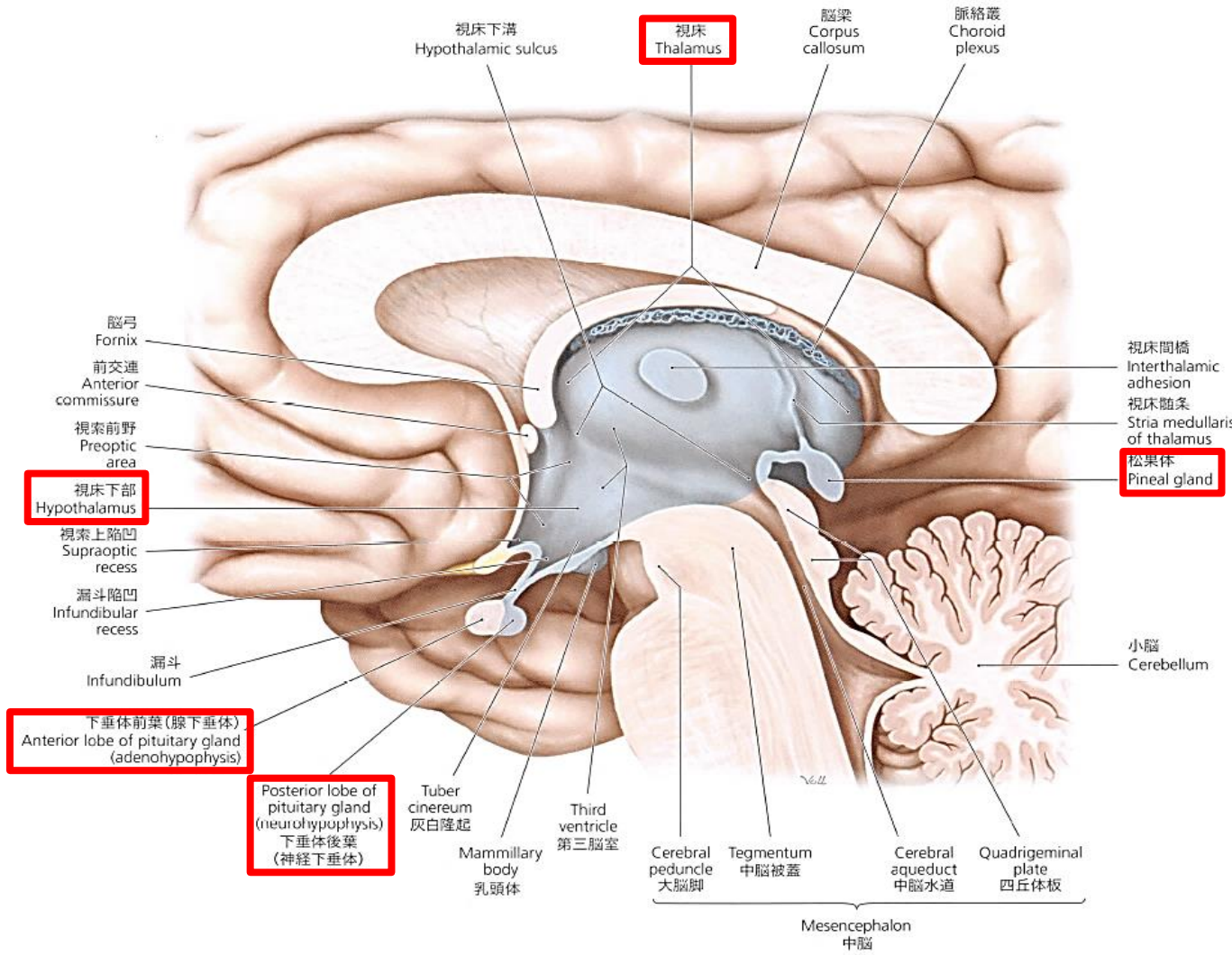

Diencephalon
間　脳
Anatomy
解剖
Clinical
Application
臨床応用
Function
機能
Spinal Cord
脊　髄
Brain Stem
脳　幹

Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

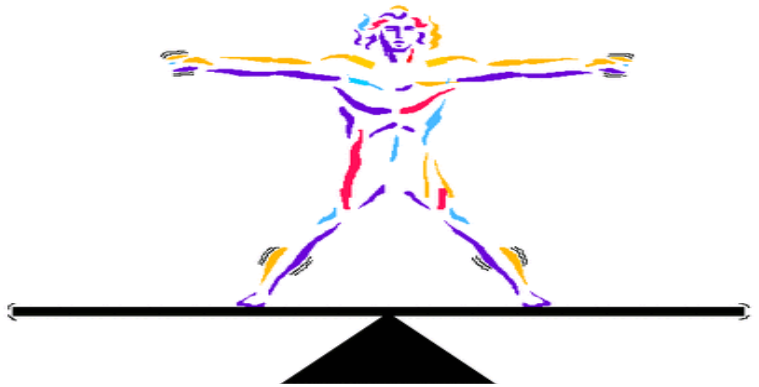
機能的外観と役割

- ✓ 間脳は大脳半球と中脳の間にあり，間脳は中脳に繋がっている
- ✓ 自律神経の中枢である視床下部，ホルモンを分泌する脳下垂体や松果体，大半の感覚を司る視床に区分される



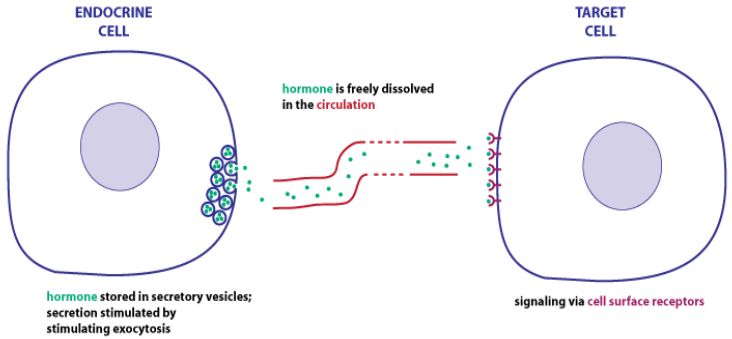


機能的な役割



ホメオスタシス(恒常性)

視床下部



ホルモン分泌

脳下垂体と松果体(視床上部)

感覚系の中継

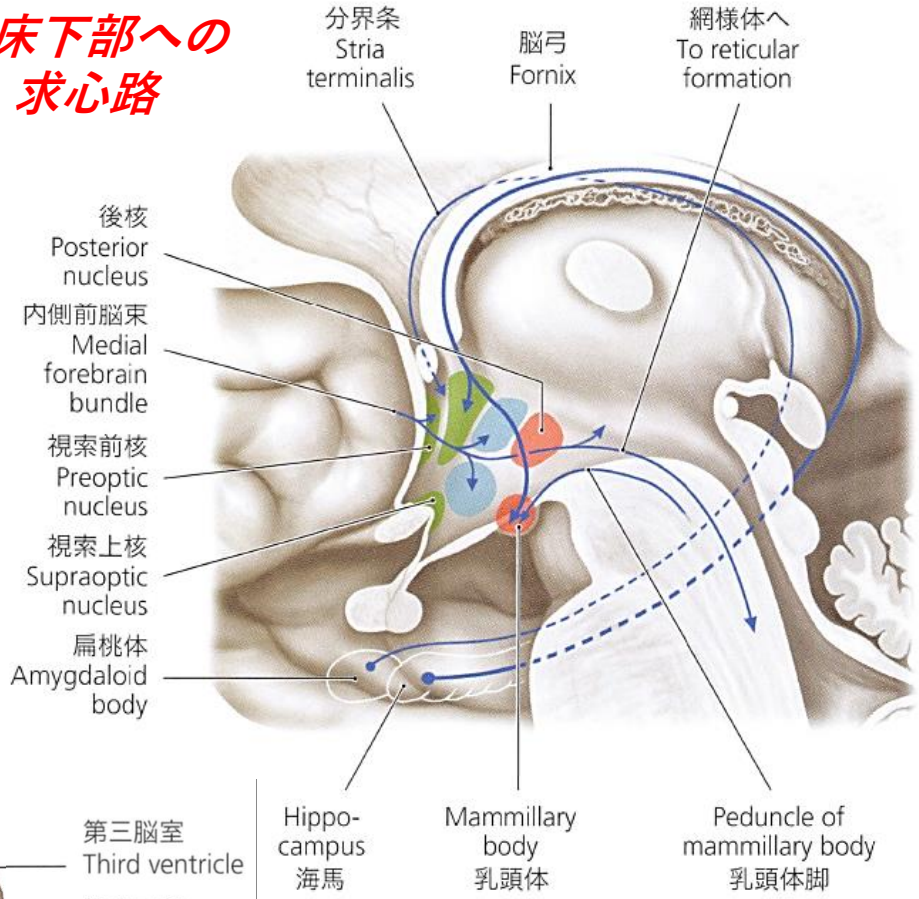
視　床

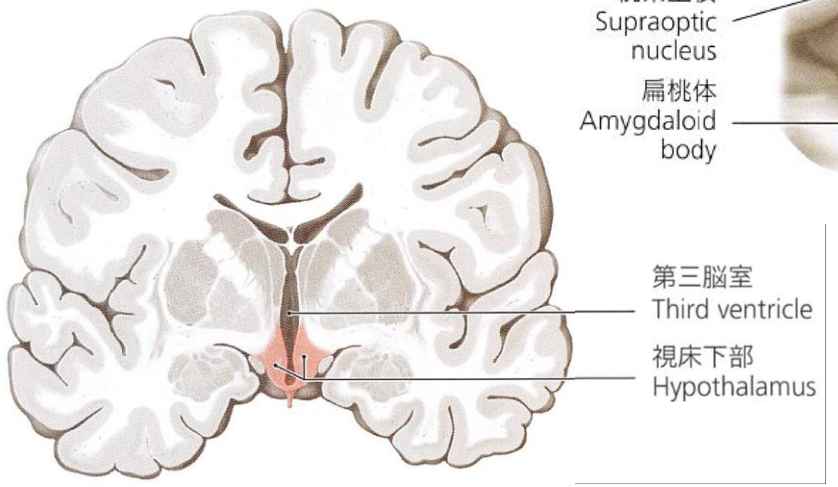
Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

生命維持のための視床下部

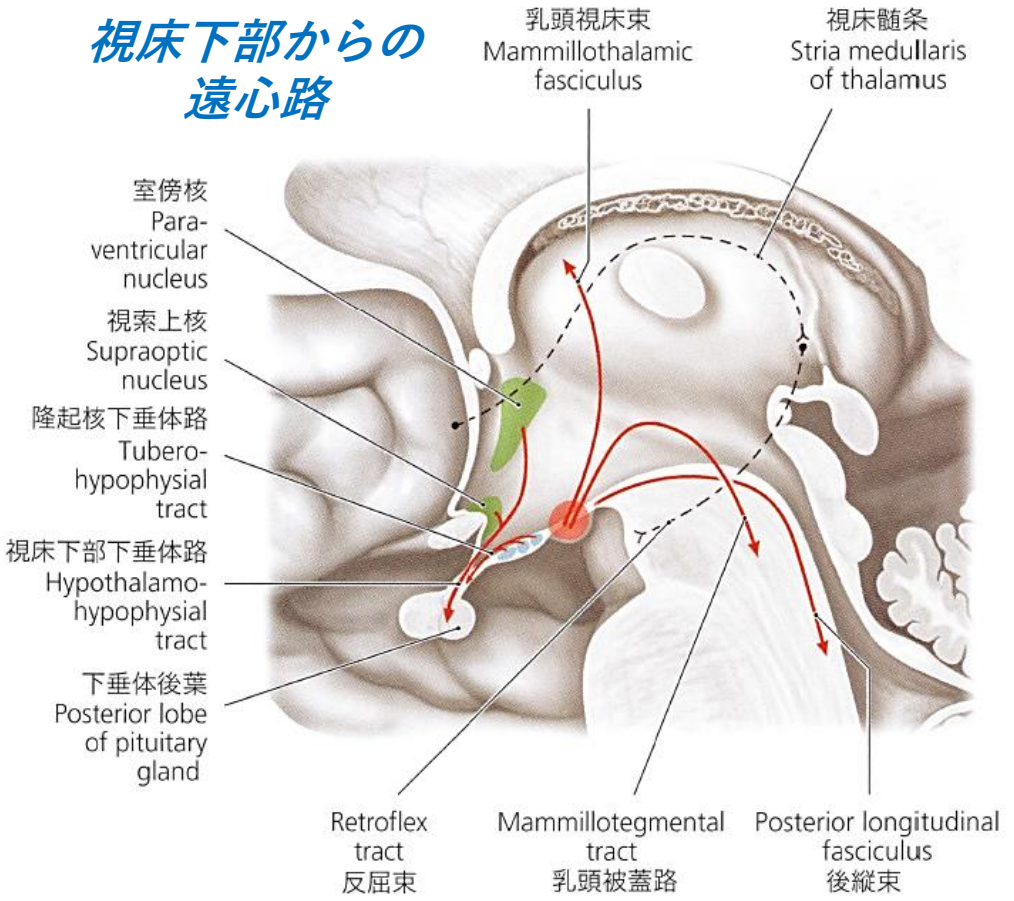
- ✓ 自律神経系の最高中枢＝ホメオスタシスに関与　交感神経・副交感神経の総合的な調節を担う
- ✓ 摂食・睡眠・飲水・体温調節・免疫調節・満腹中枢・覚醒といった生命維持のために必要不可欠

視床下部への求心路





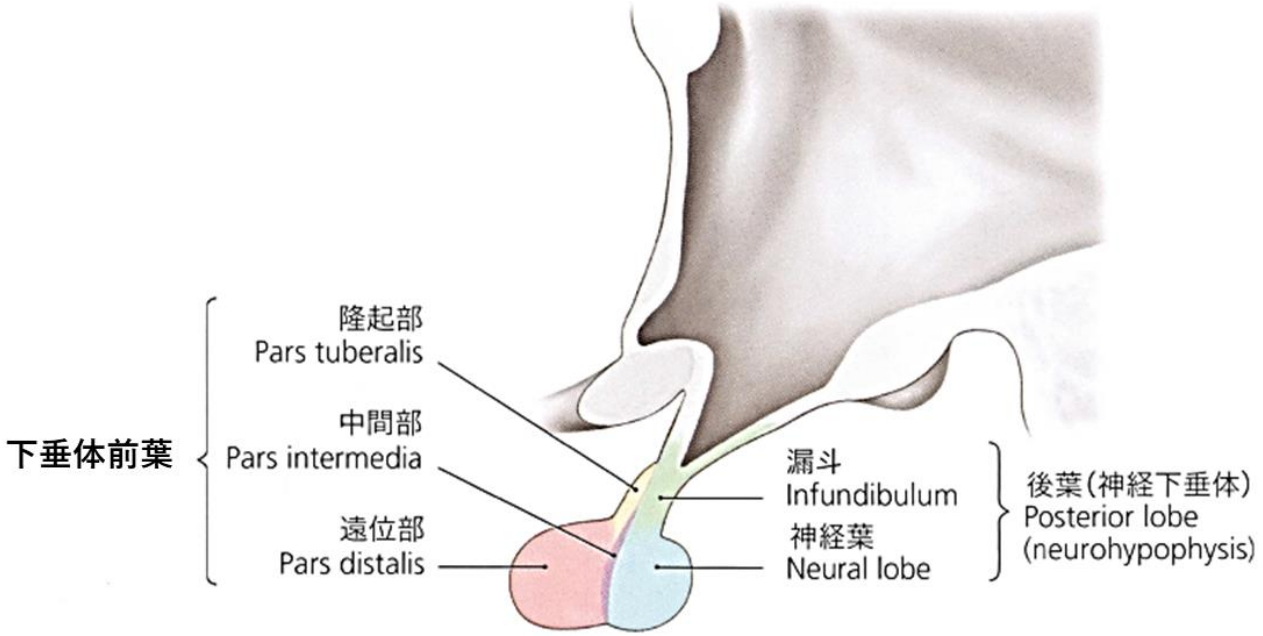
視床下部からの遠心路

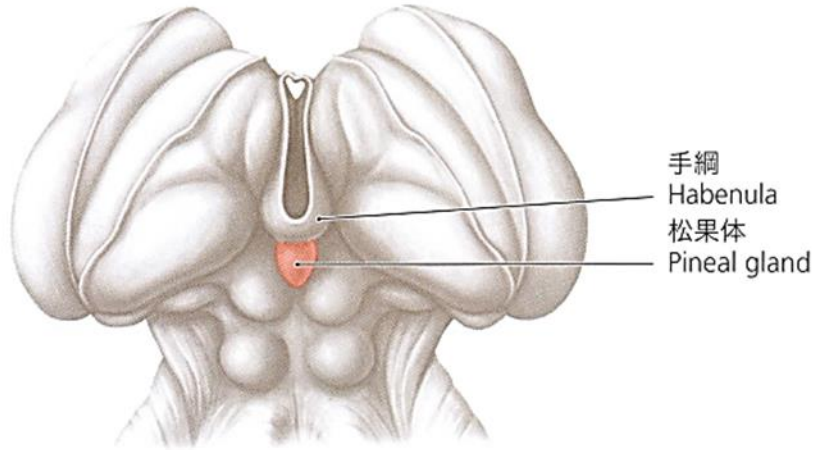


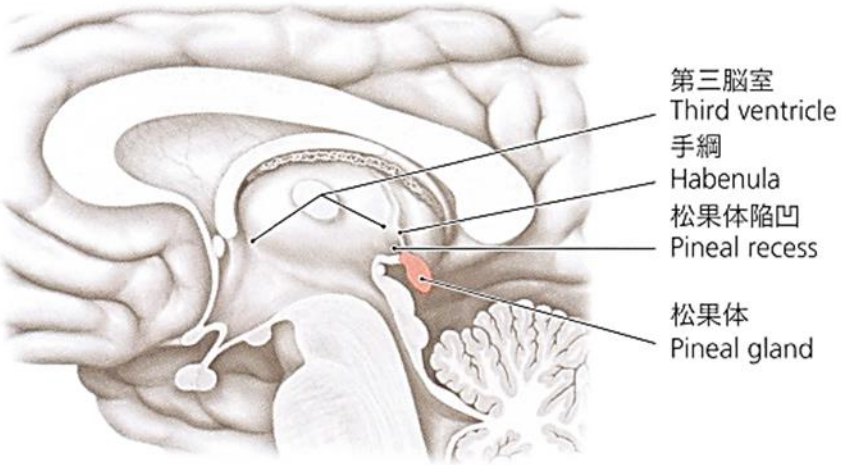
Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

内分泌系としての脳下垂体/松果体

- ✓ 脳下垂体は，成長ホルモン等の様々な内分泌系として機能し，視床下部と連携しながら**身体内の調整**を行う
- ✓ 松果体は視床上部に含まれ，メラトニンを分泌して視床下部を介して**睡眠や覚醒リズム**に関係する

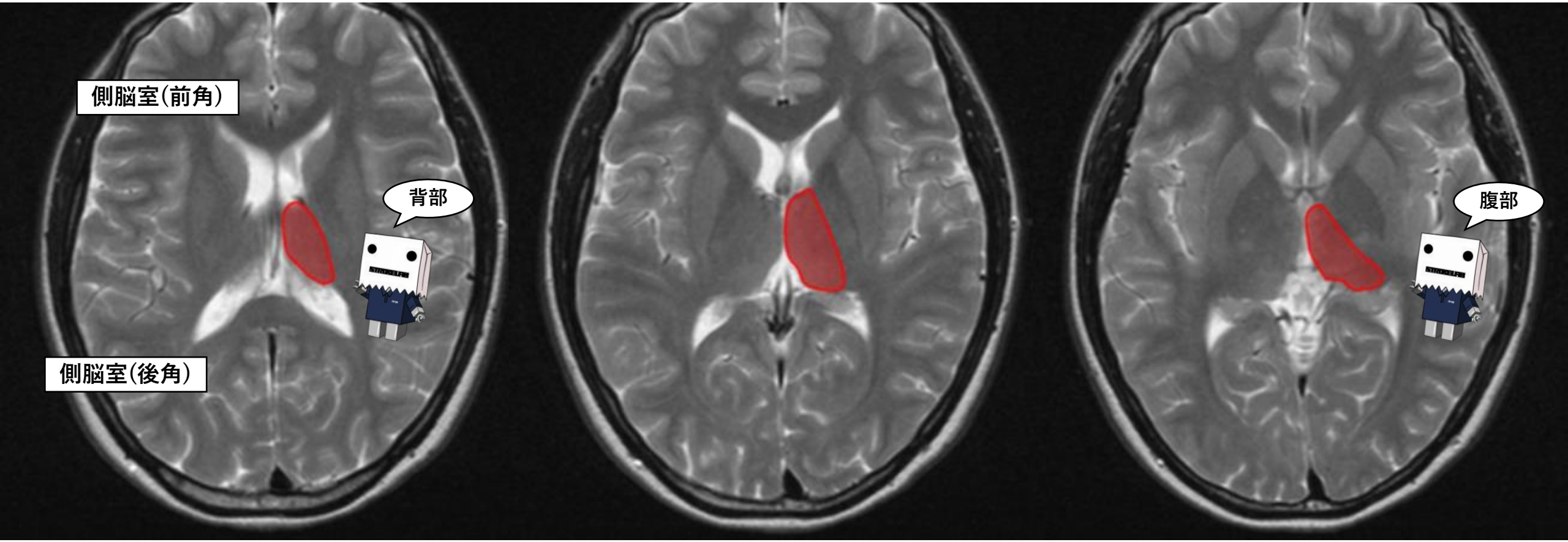






視床を脳画像で確認

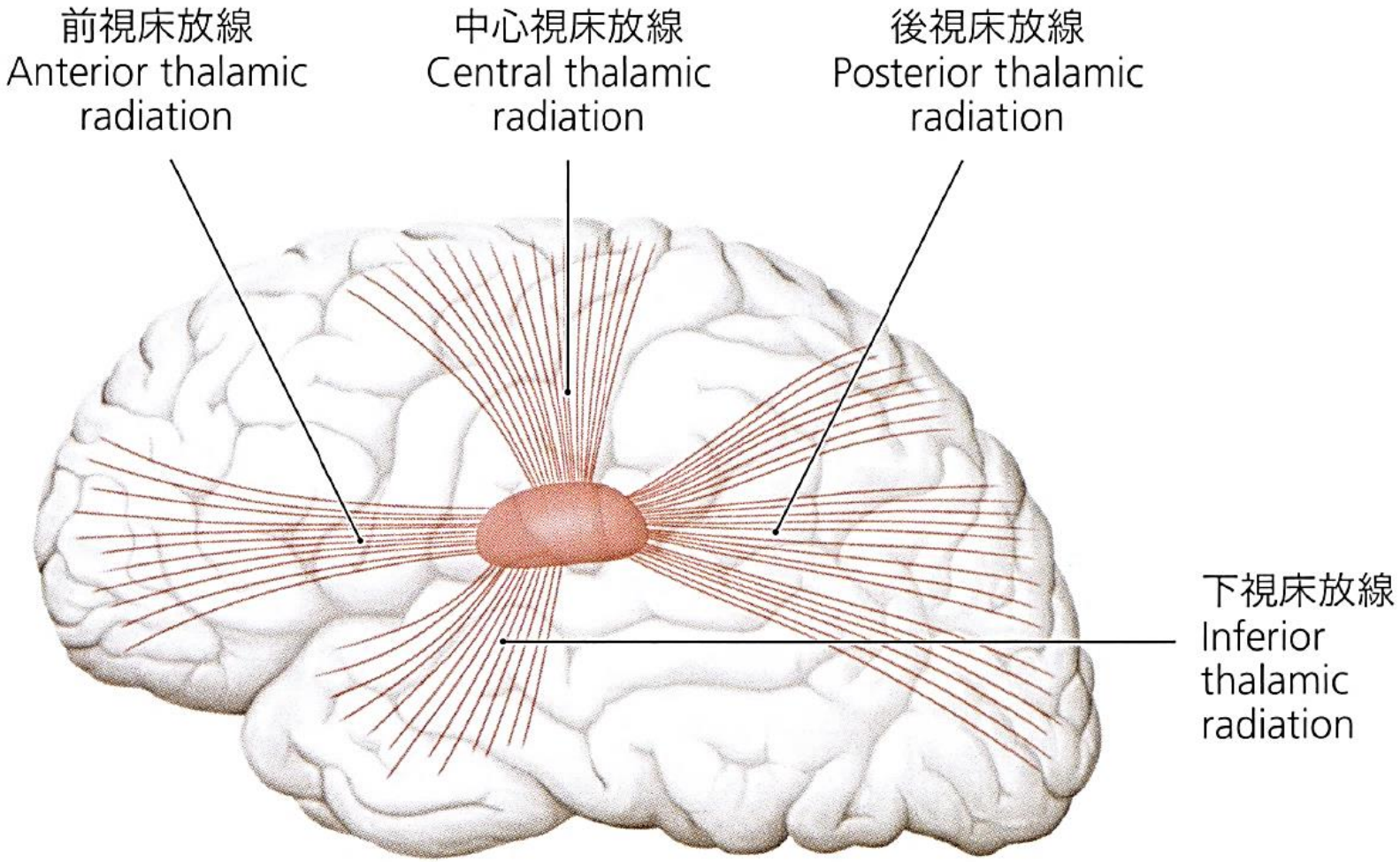
上 → 下



Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

感覚を中継する視床

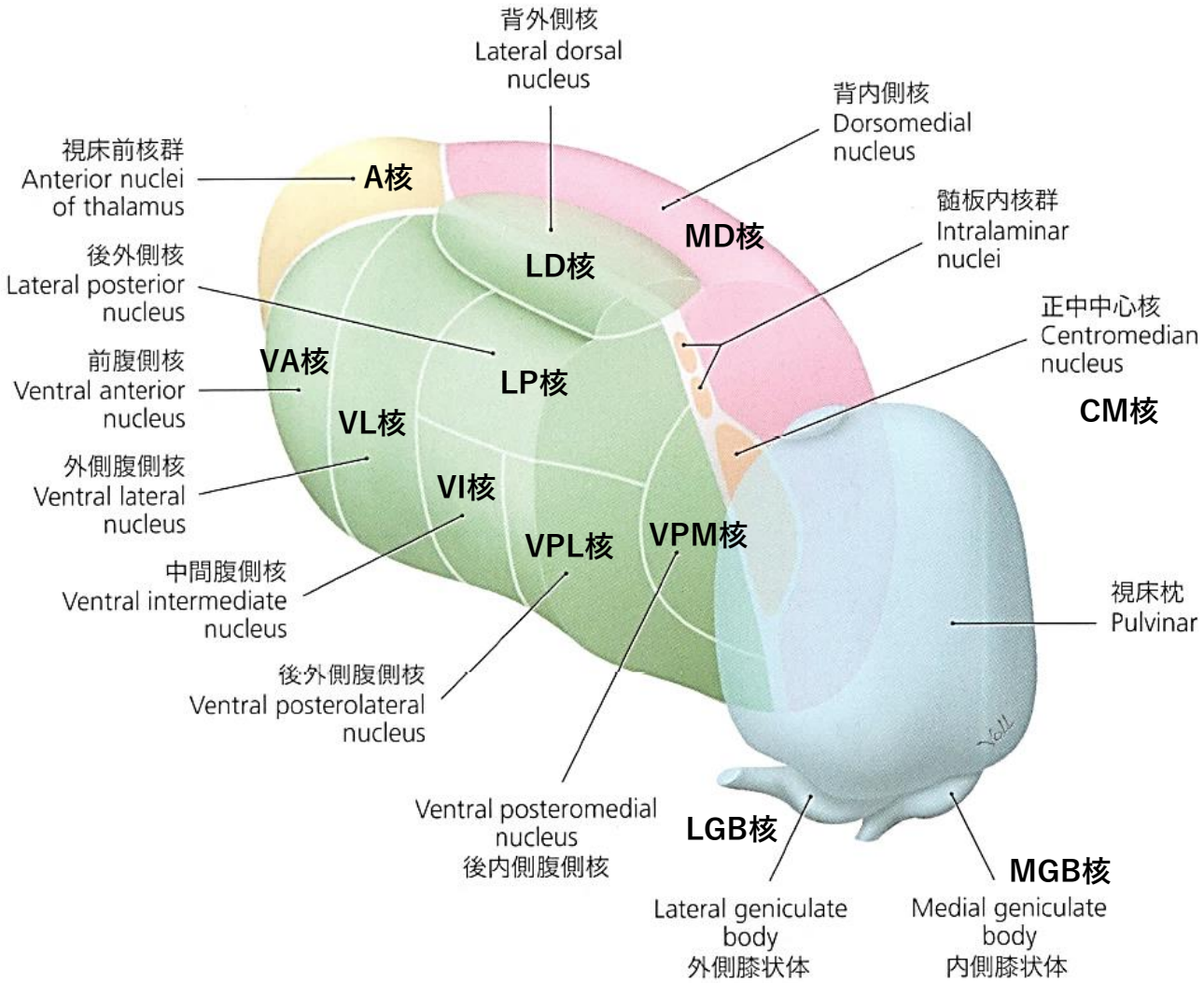
- ✓ 視床は，一次運動野などから下行性に投射される遠心性神経路，視覚や体性感覚などからの入力される求心性神経路の双方における**中継核としての役割**を担っている
- ✓ 病巣が視床であっても，**視床区分のどの部位が障害されているのか？**によって呈する症状も変わってくる



Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

視床の分類

- ✓ 視床は視床前核/視床内側核/視床外側核/視床後核/髄板内核に区別され，**各々中継する神経線維が異なる**
- ✓ つまり，画像所見における病巣の同定は，**“視床”という括りのみでの事前の臨床推論は不十分**と言える



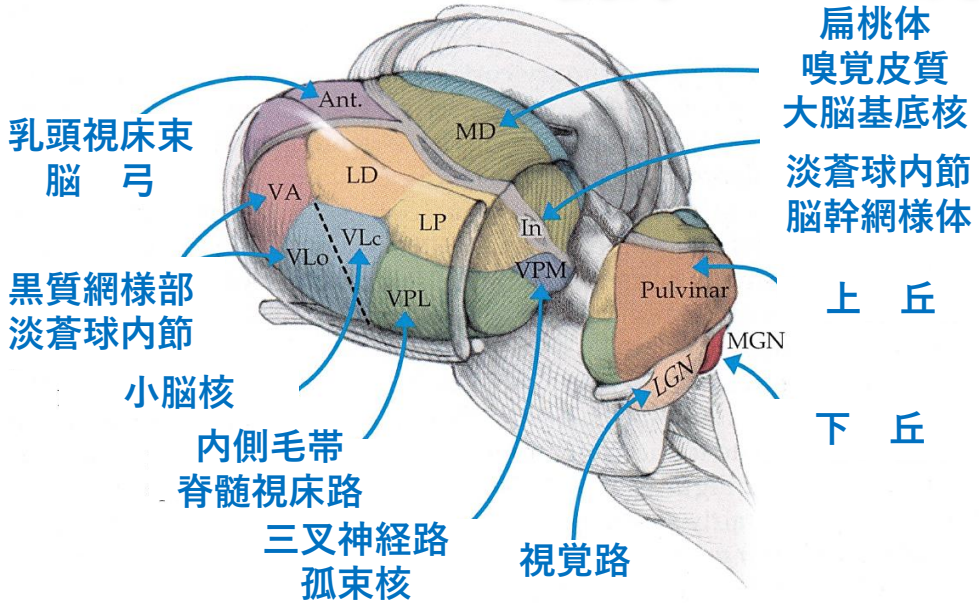
位置を表す単語	
Lateral	外側
Medial	内側
Anterior	前方
Posterior	後方
Dorsal	背側
Ventral	腹側

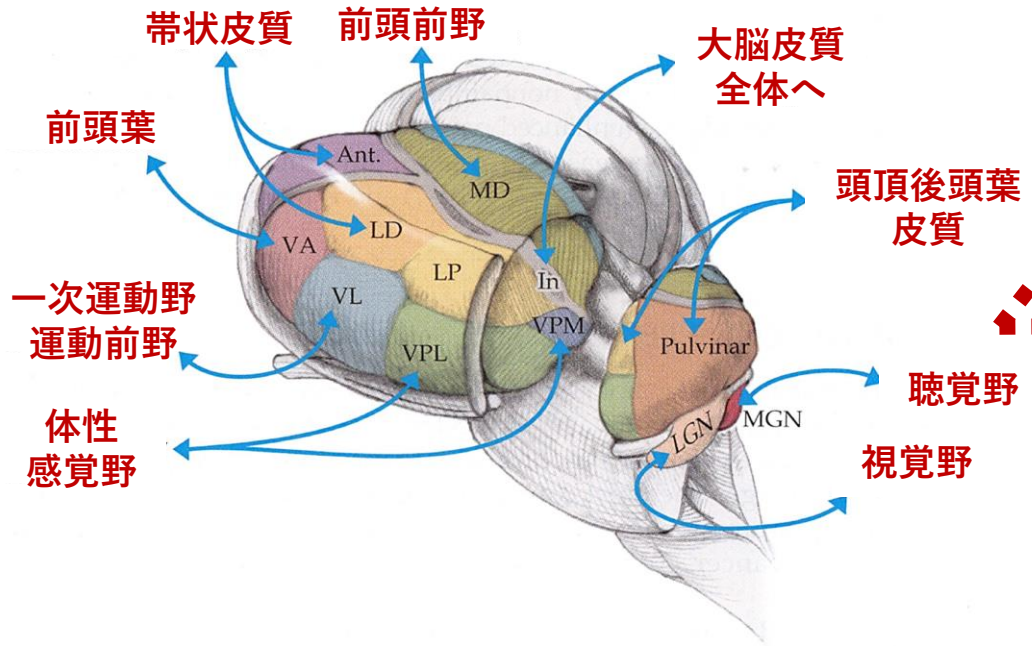
Hal Blumenfeld：Neuroanatomy Through Clinical Cases .Sinauer Associates, Inc.; Second edition .2011

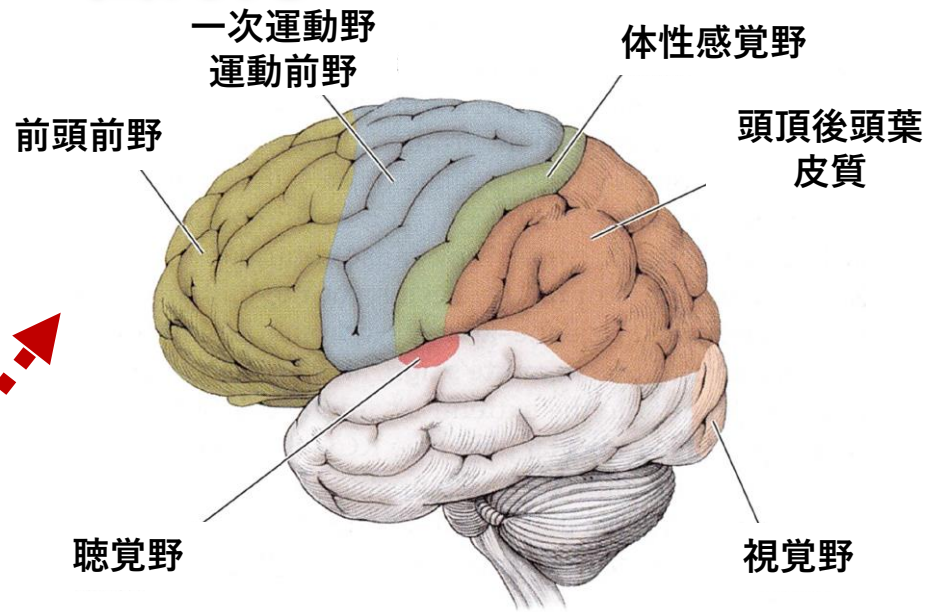
視床への入力元と視床からの出力先

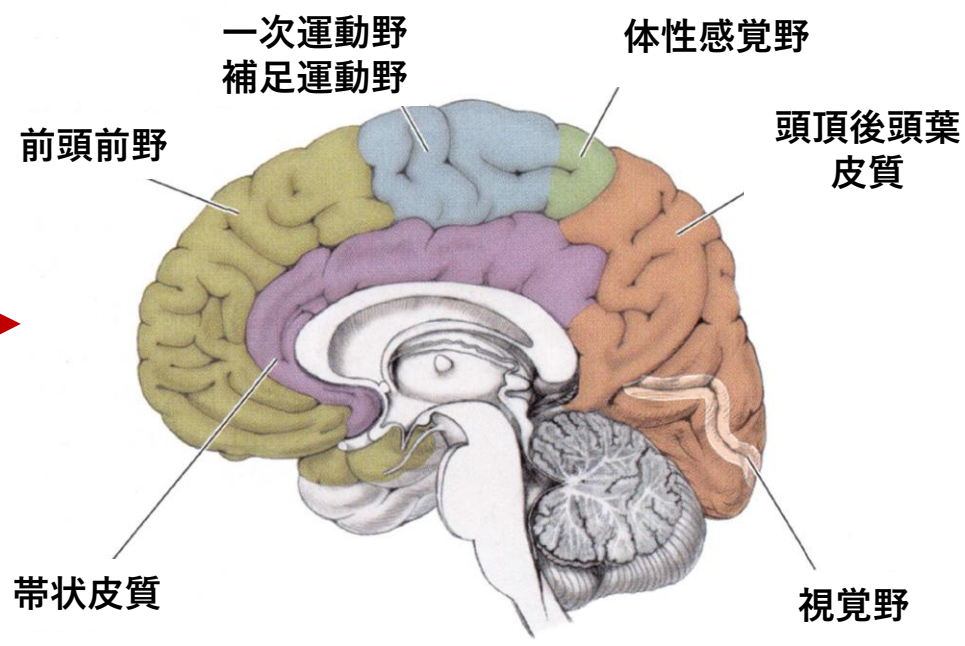
Inputs

Outputs





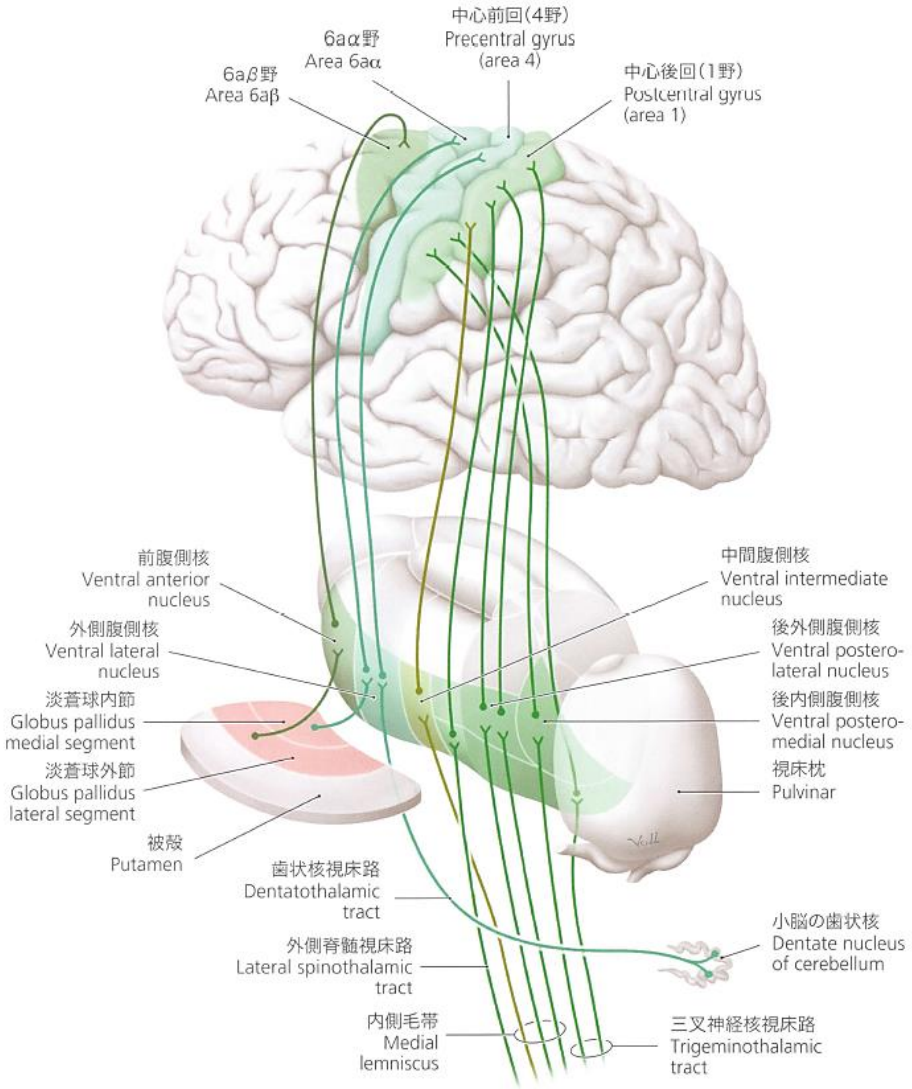




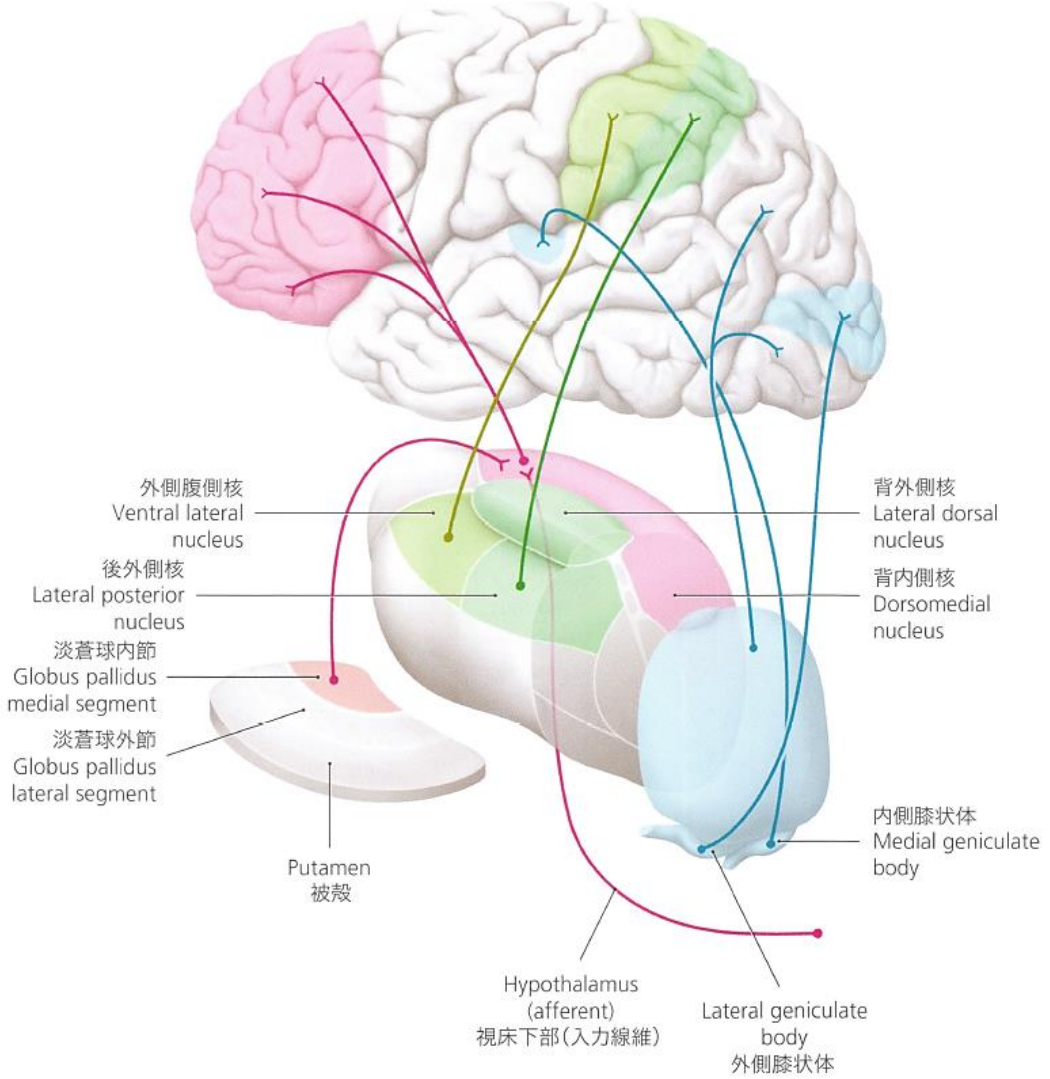
Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

視床から障害像の可能性を考える

運動/感覚関連の可能性が高いかもしれない



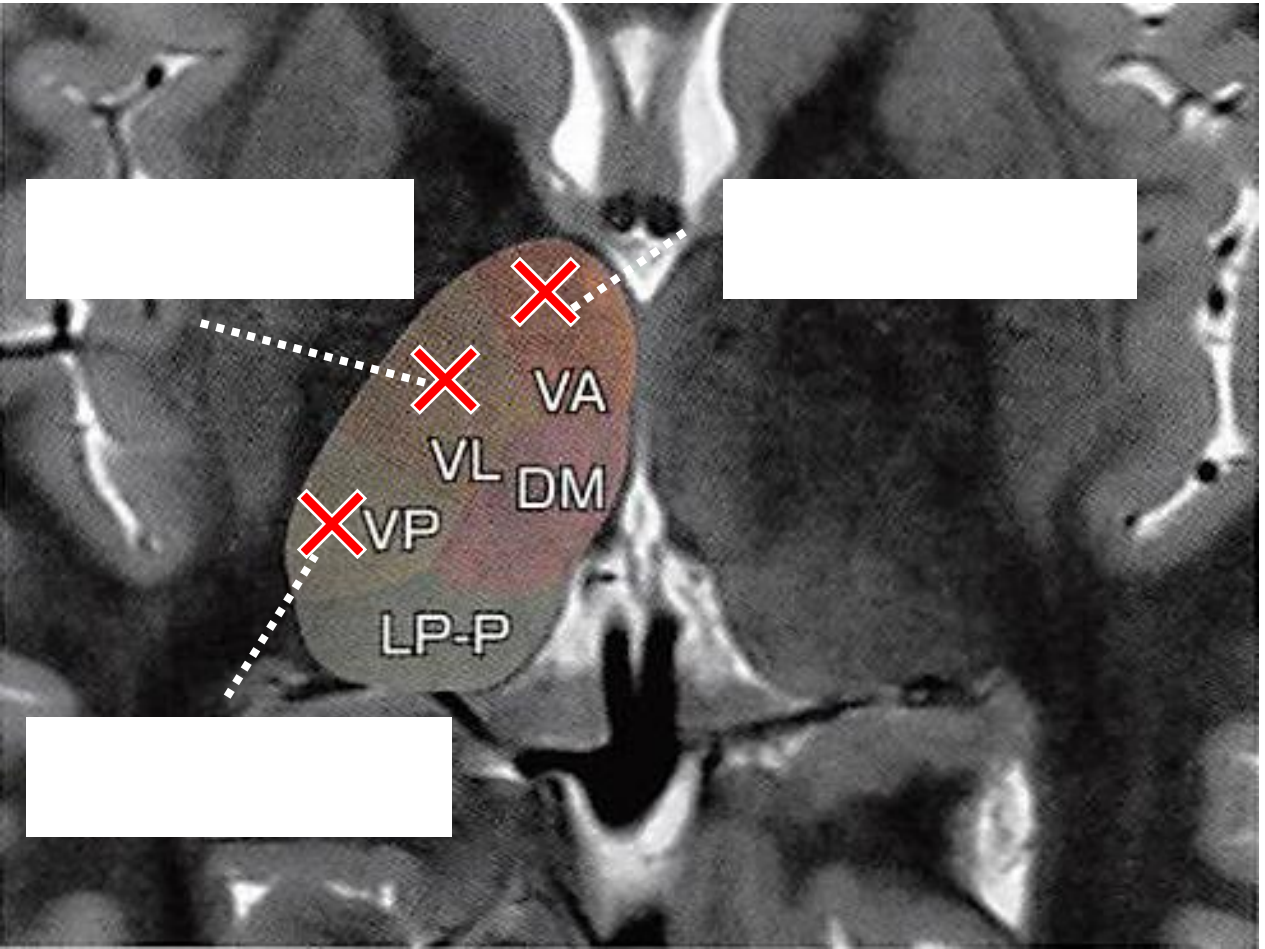
認知関連の可能性が高いかもしれない

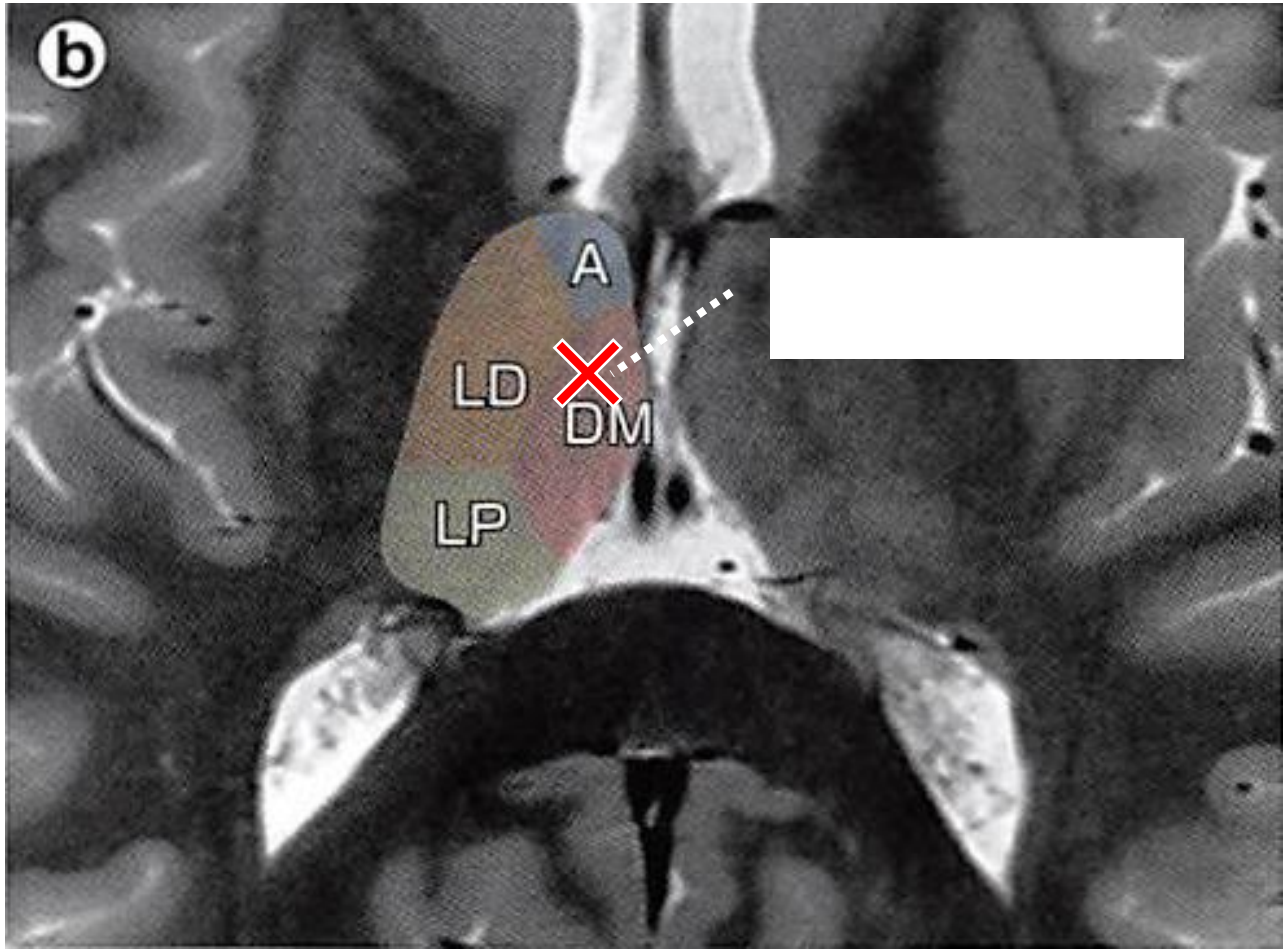


M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

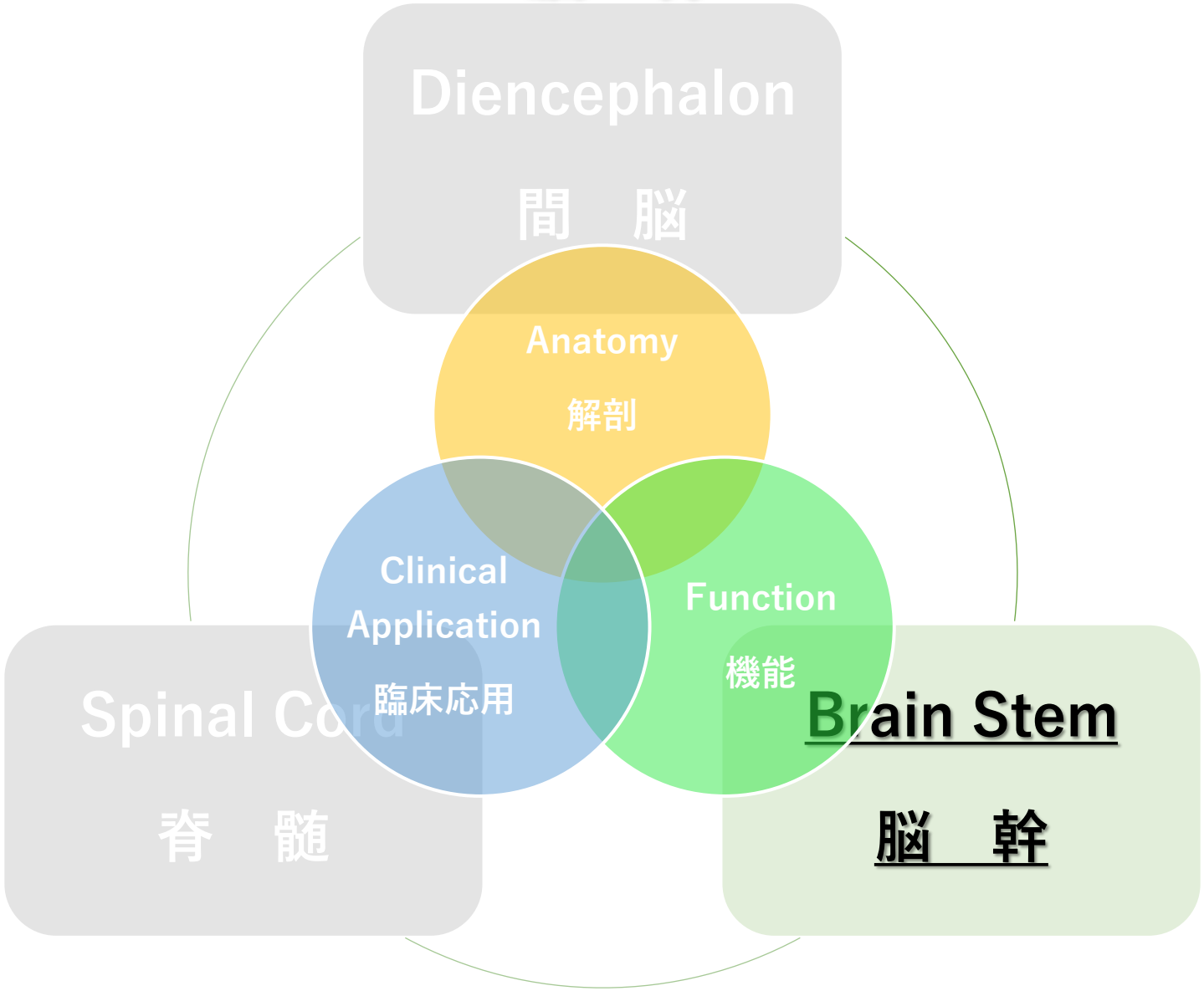
“視床”と短絡的に捉えない

- ✓ 視床を区分かつ3次元で捉え，その区分が他部位とどのように接続性をもっているのか？という思考をもって臨床推論に臨むことが重要





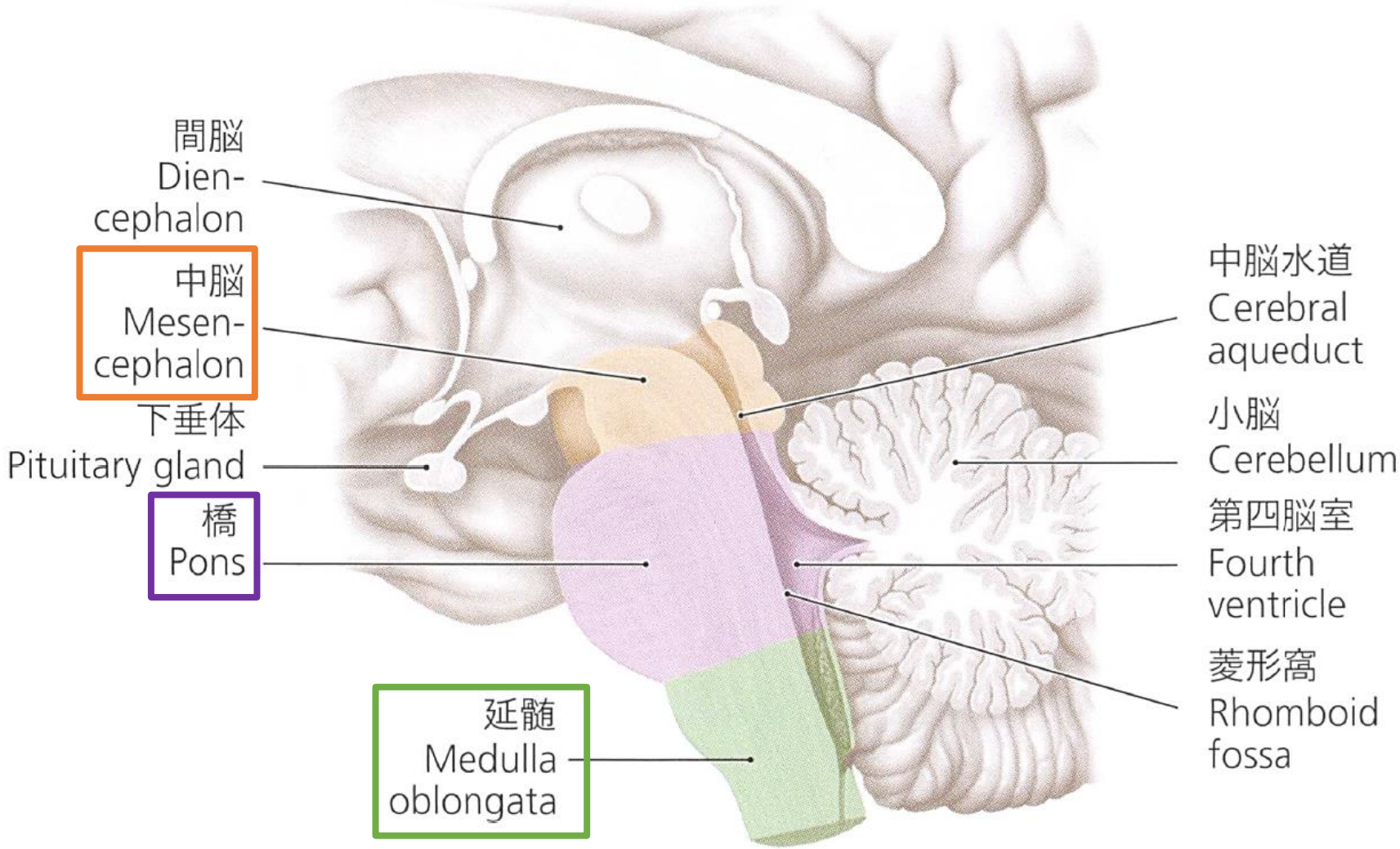
脳　幹


Diencephalon
間　脳
Anatomy
解剖
Clinical
Application
臨床応用
Function
機能
Spinal Cord
脊　髄
Brain Stem
脳　幹

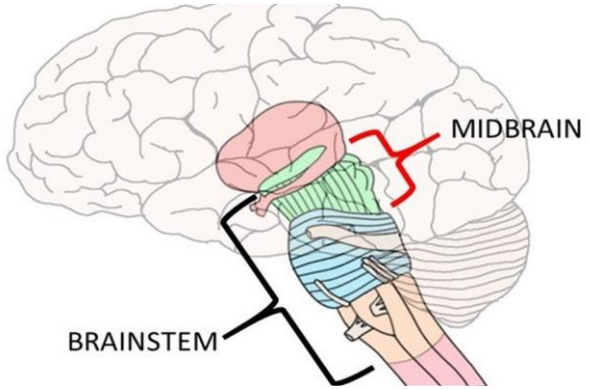
Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

機能的外観と役割

- ✓ 脳幹の基本的な機能・役割は，生物の**生命維持の基盤**となる呼吸や心拍のコントロールを担い，尚且つ多くの下位ニューロンと上位ニューロンの線維が通過する地点・部位でもある

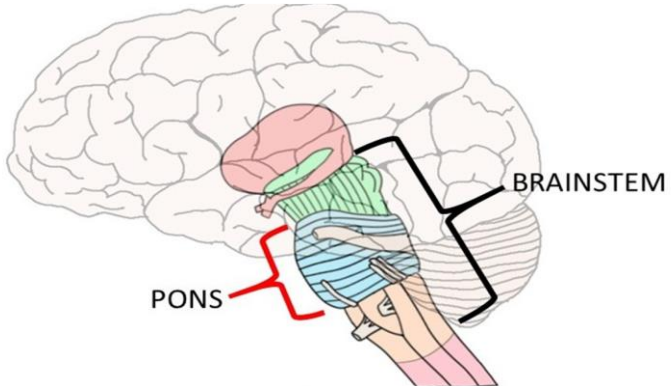


機能的な役割



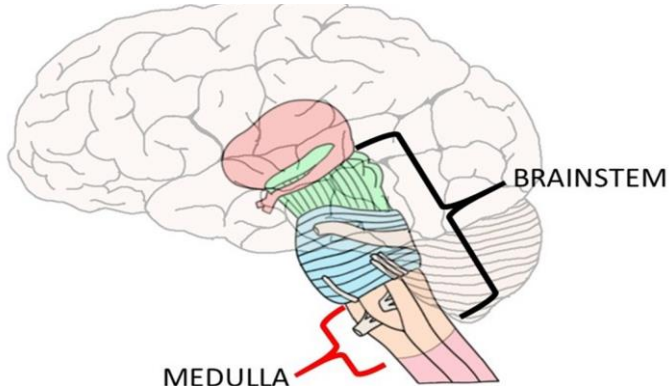
動眼/滑車，歩行誘発野，意識/覚醒

中　脳



三叉/外転/顔面/前庭，橋網様体

橋

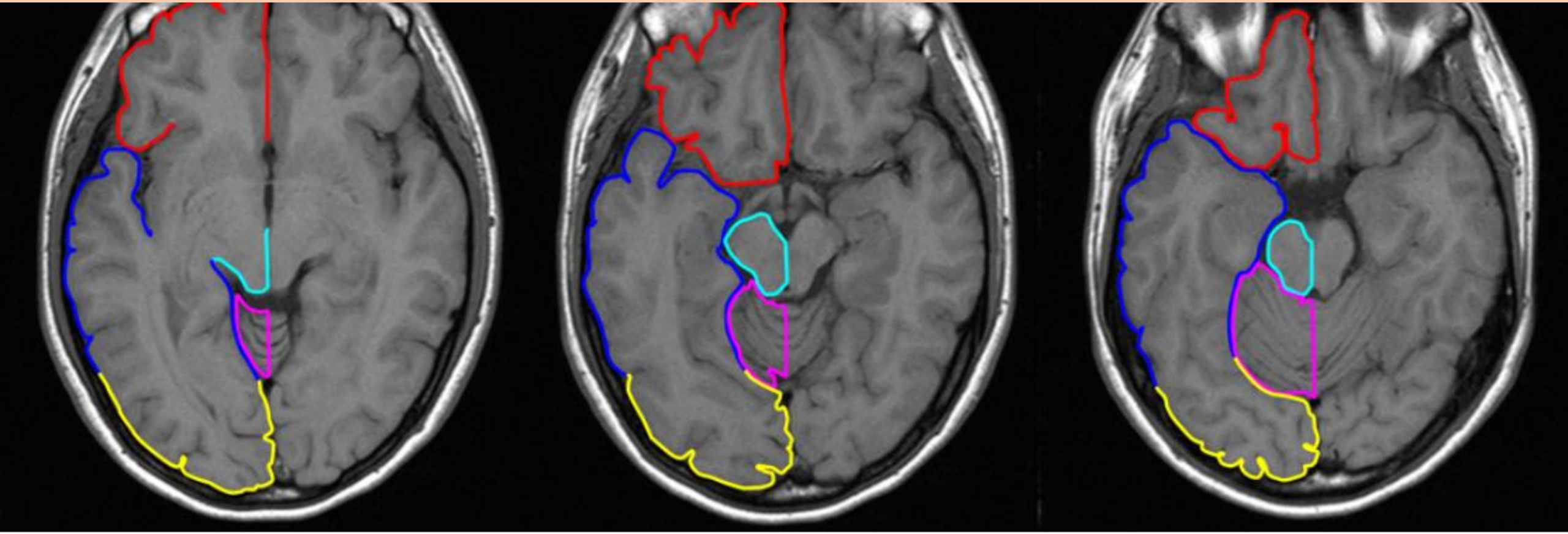


前庭/舌咽/迷走/副/舌下，延髄網様体

延　髄

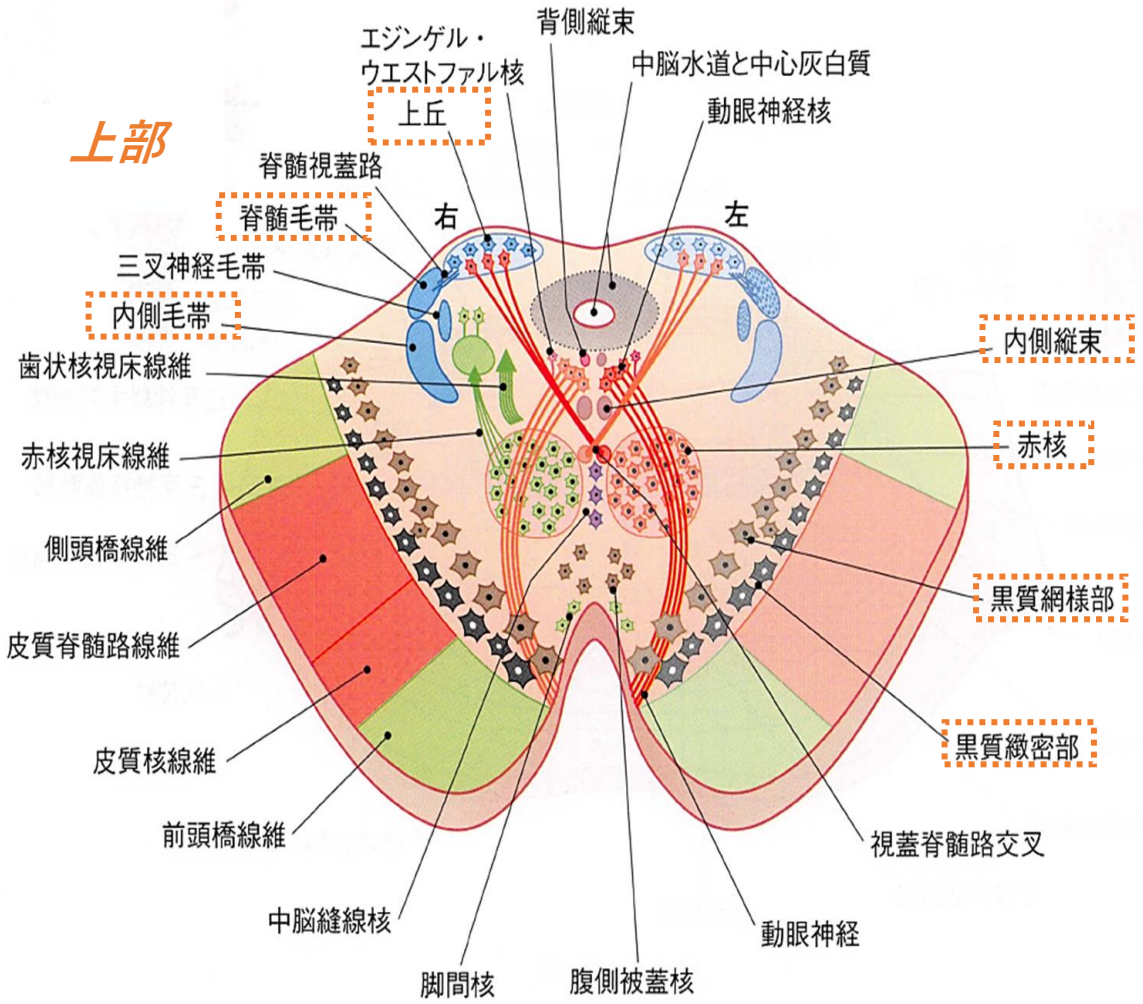
脳画像で確認

赤＝前頭葉　青＝側頭葉　黄＝後頭葉　ピンク＝小脳　水色＝中脳



M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

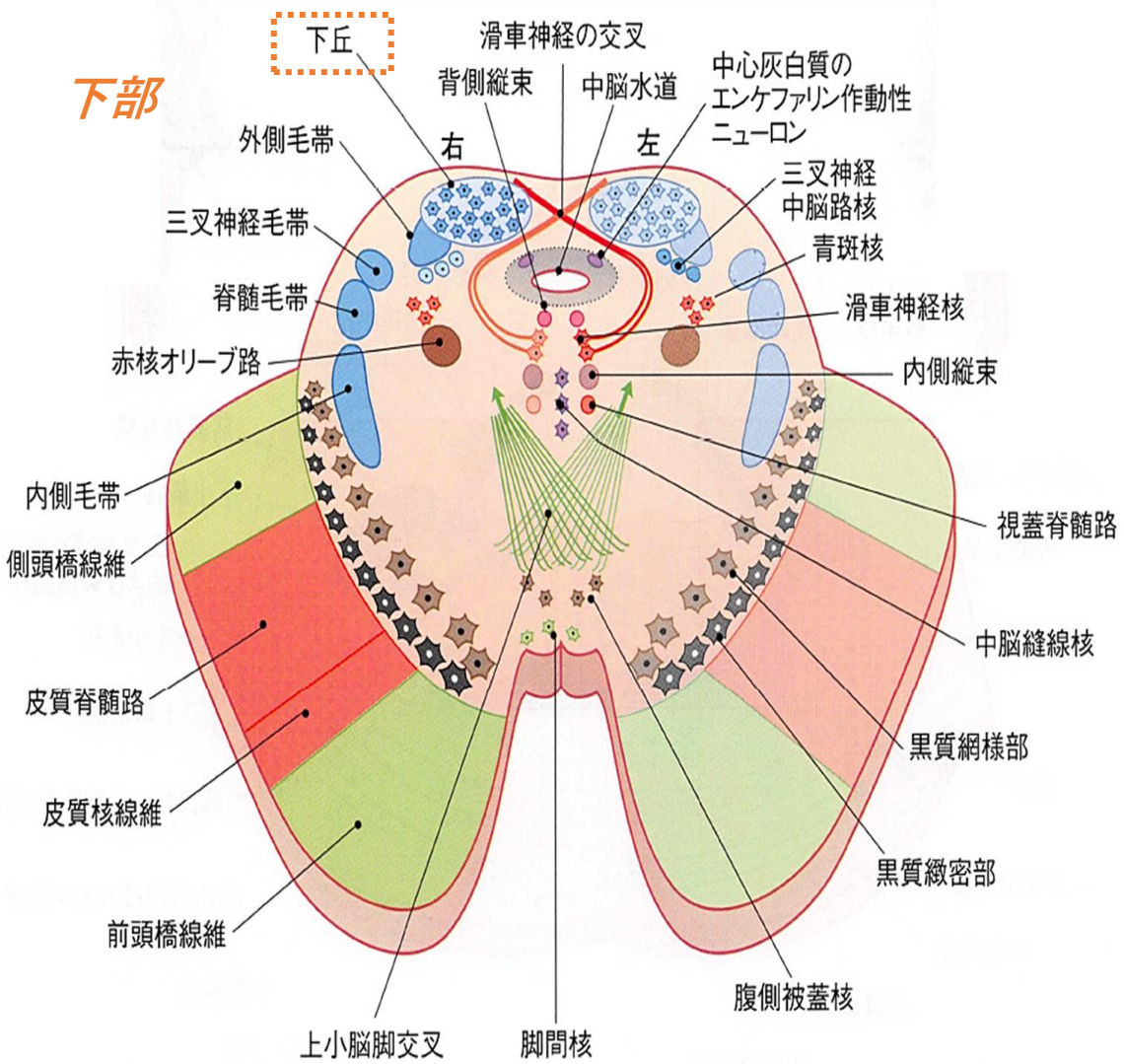
中脳の構成＆役割



大脳脚	•	錐体路や皮質橋路の通路
黒　質	•	網様部：大脳基底核の出力核で，抑制性ニューロンを視床へ投射し基底核ループを担う
	•	緻密部：ドーパミン作動性ニューロンを多く含み，被殻に投射することで基底核ループを担う
赤　核	•	大脳皮質と小脳からの入力があり，オリーブ核や脊髄へ投射
	•	小脳で調節された運動を脊髄へ伝える役割があり，障害された場合，不随意運動が生じる
内側毛帯	•	薄束と楔状束からの線維束
	•	触覚と固有感覚を視床へ投射する
脊髄毛帯	•	外側脊髄視床路と前脊髄視床路の線維束
内側縦束（MLF）	•	前庭神経核と動眼神経核，滑車神経核・外転神経核を結ぶ経路
上　丘	•	視覚刺激に対する反射的運動中枢
下　丘	•	聴覚路の中継核で音に対する反射運動中枢

M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

中脳の構成＆役割

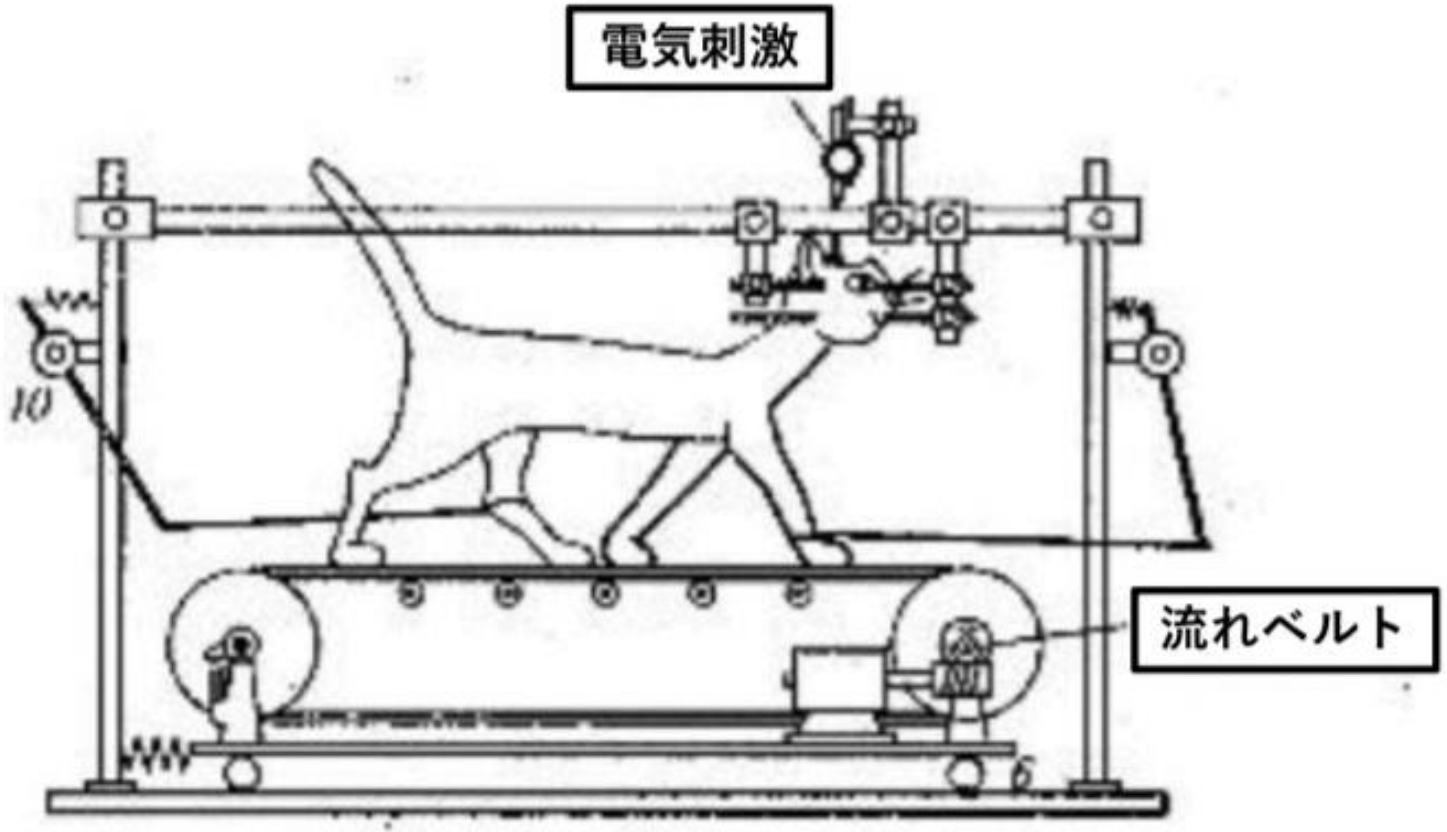


大脳脚	•	錐体路や皮質橋路の通路
黒　質	•	網様部：大脳基底核の出力核で，抑制性ニューロンを視床へ投射し基底核ループを担う
	•	緻密部：ドーパミン作動性ニューロンを多く含み，被殻に投射することで基底核ループを担う
赤　核	•	大脳皮質と小脳からの入力があり，オリーブ核や脊髄へ投射
	•	小脳で調節された運動を脊髄へ伝える役割があり，障害された場合，不随意運動が生じる
内側毛帯	•	薄束と楔状束からの線維束
	•	触覚と固有感覚を視床へ投射する
脊髄毛帯	•	外側脊髄視床路と前脊髄視床路の線維束
内側縦束（MLF）	•	前庭神経核と動眼神経核，滑車神経核・外転神経核を結ぶ経路
上　丘	•	視覚刺激に対する反射的運動中枢
下　丘	•	聴覚路の中継核で音に対する反射運動中枢

M.L.Shik and G.N.Orlovsky:Neurophysiology of Locomotor Automatism,Physiol.Review,56,465-501(1976)

中脳による歩行の誘発

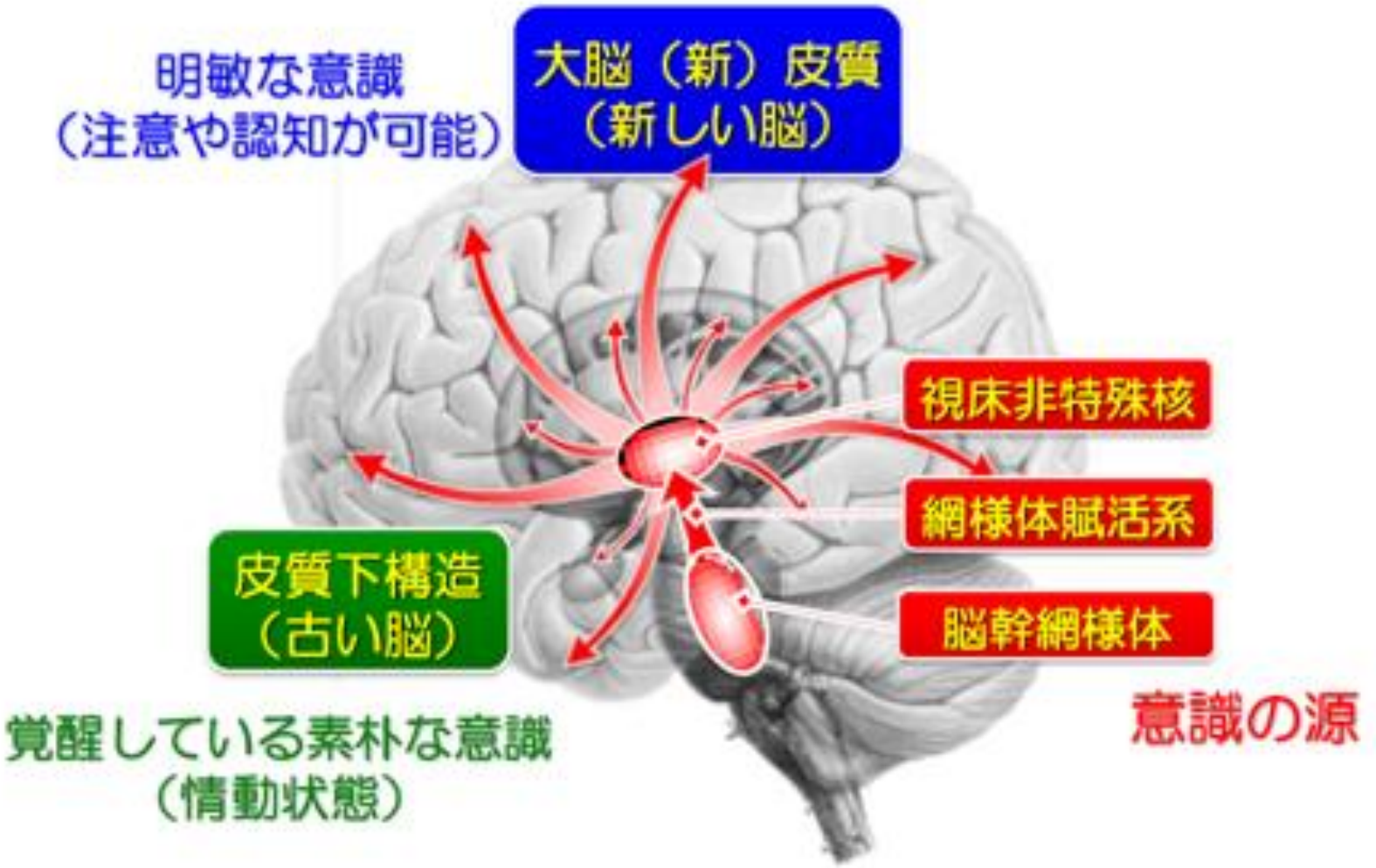
- ✓ 脳幹上部で脳を切断すると、猫は立つことはできても自発的に歩いたり走ったりすることができなくなる
- ✓ 中脳以下を残して、それ以上を取り除いた猫をトレッドミルに乗せ中脳の歩行誘発野を電気刺激すると固縮姿勢で立っていた猫が歩行を開始する



高草木 薫：大脳基底核による運動制御．臨床神経学49(6)．2009

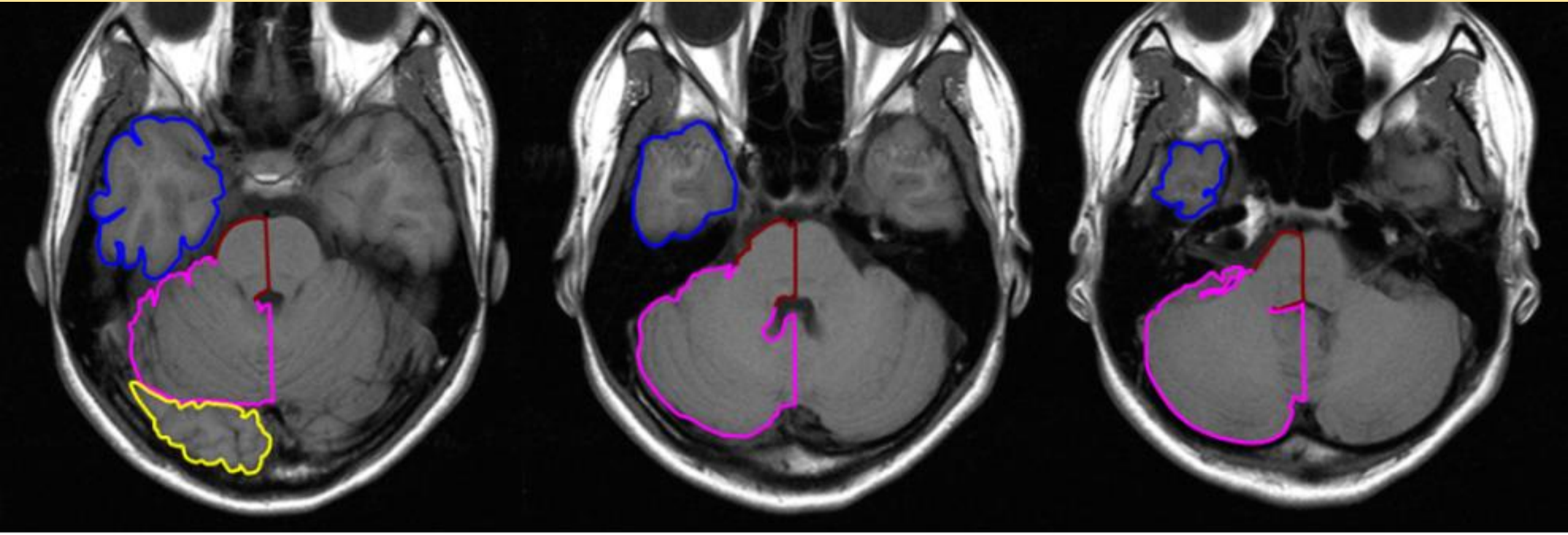
意識・覚醒

- ✓ 覚醒や情動等を調節しているのは上位脳である皮質や辺縁系だが，覚醒状態の維持には**脳幹網様体**の興奮が必須
- ✓ 脳幹網様体の興奮が視床を介して大脳全体を興奮させることで覚醒を保ち，**注意/認知/情動の調整**が可能となる



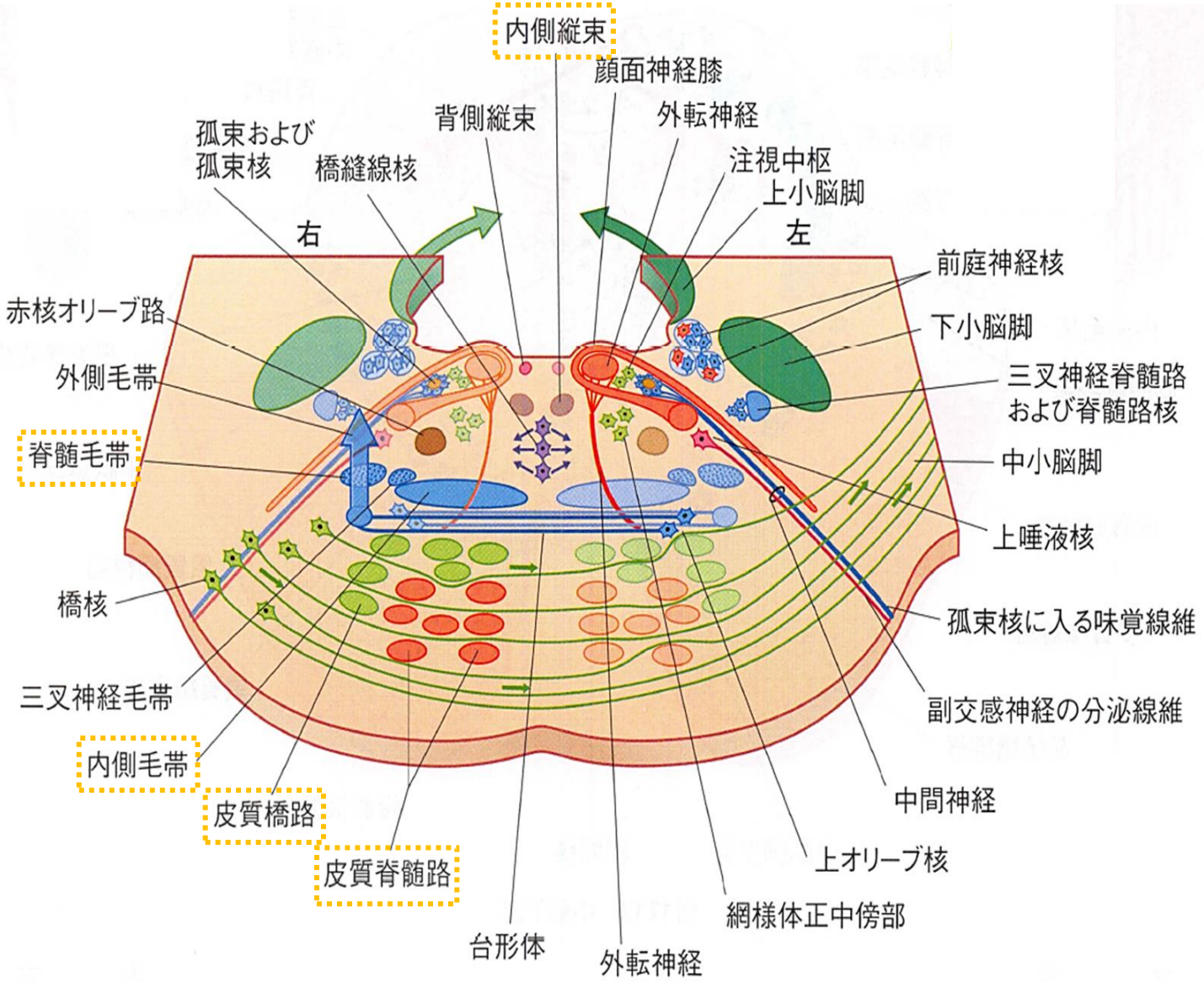
脳画像で確認

青＝側頭葉　　黄＝後頭葉　　ピンク＝小脳　　赤部分＝橋



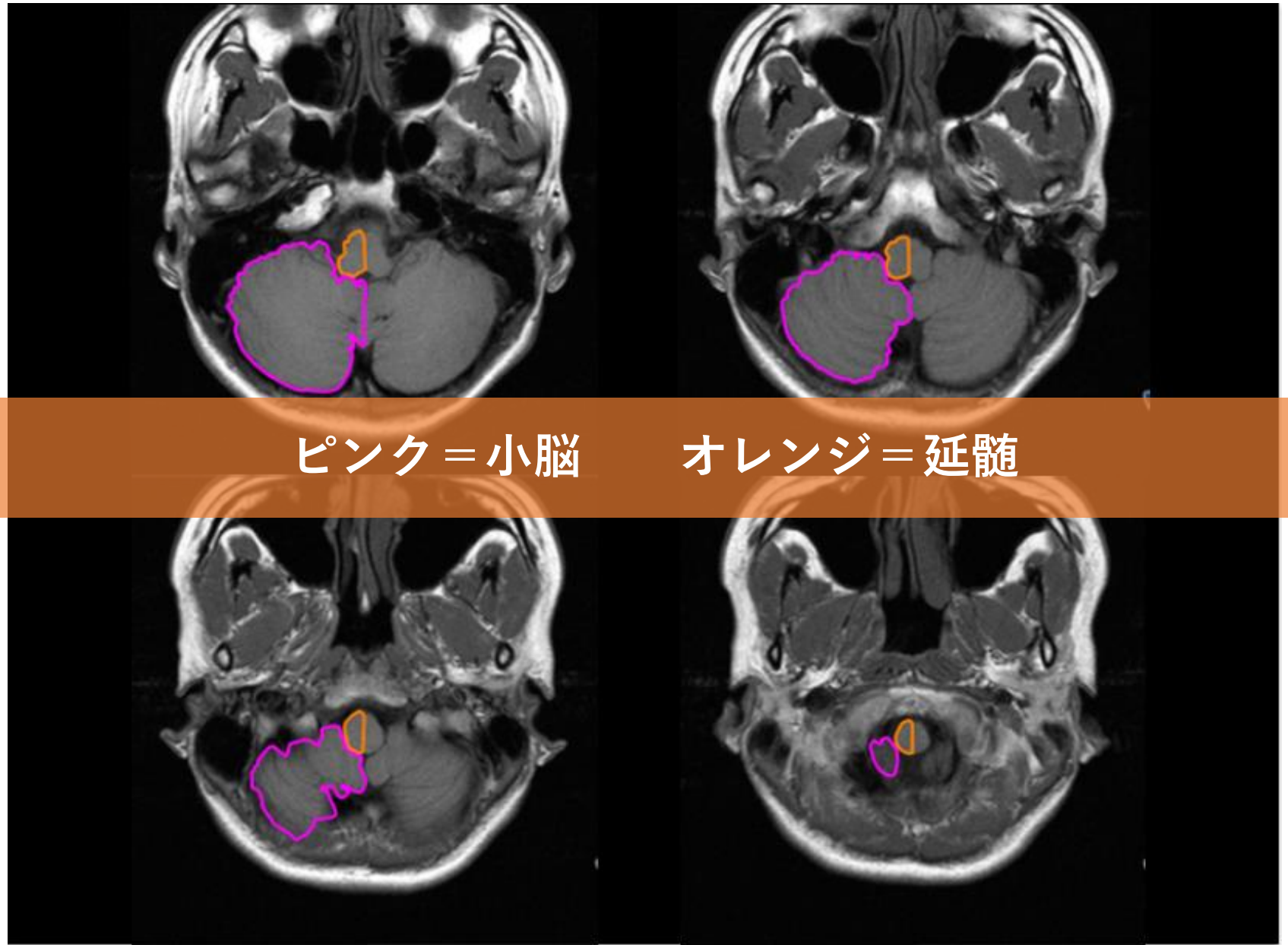
M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

橋の構成＆役割



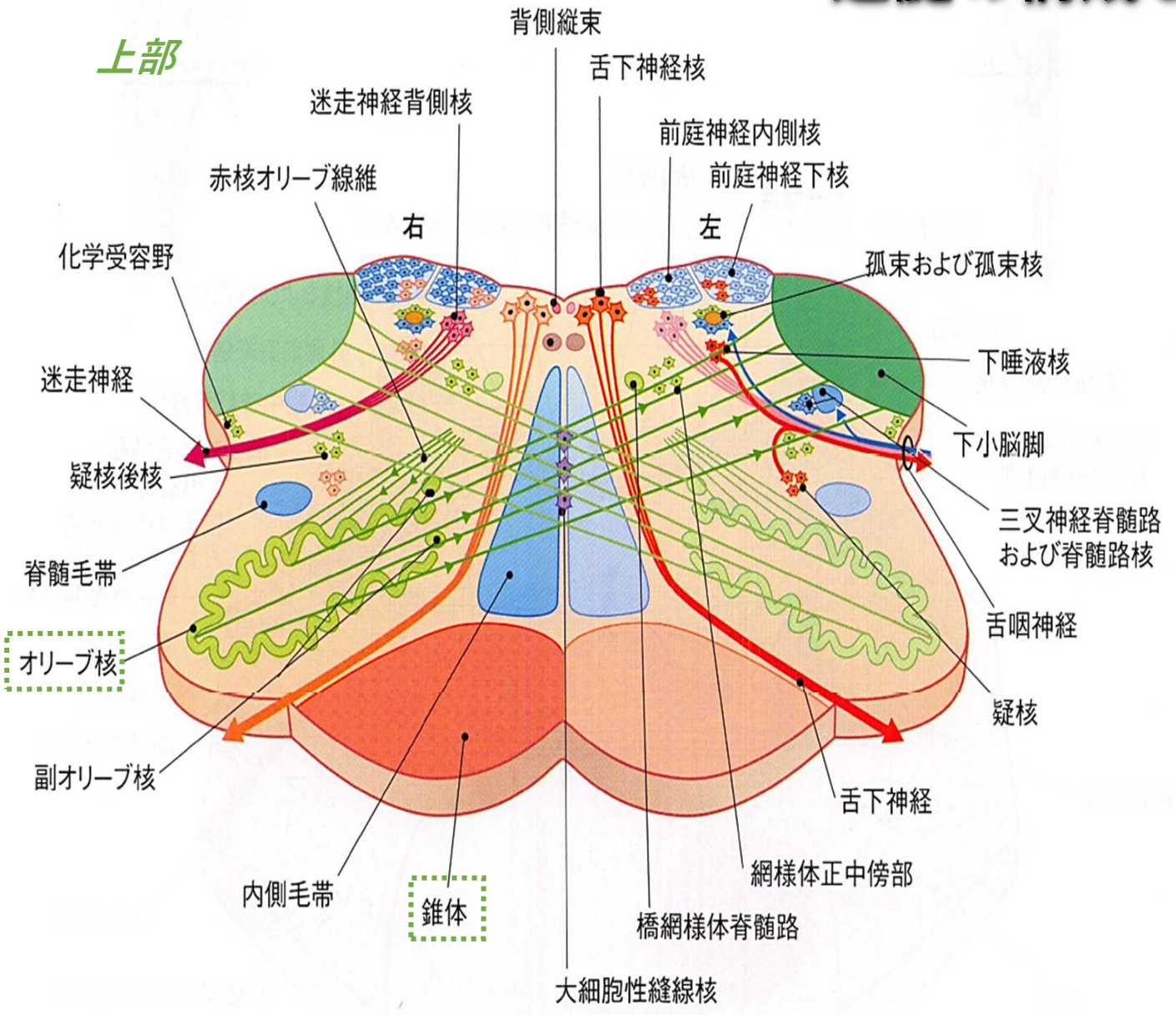
内側毛帯	• 薄束と楔状束からの線維束 • 触覚と固有感覚を視床VPLへ投射する
脊髄毛帯	• 外側脊髄視床路と前脊髄視床路の線維束
内側縦束（MLF）	• 前庭神経核と動眼神経核，滑車神経核・外転神経核を結ぶ経路
網様体傍正中部（PPRF）	• 眼球運動における側方注視中枢であり，MLFを介して即座の眼球運動をコントロールしている
皮質脊髄路	• 大脳皮質から下行する運動神経路であり，橋までは同側を下行し延髄下部で錐体交叉する
皮質橋路	• 皮質脊髄路とともに橋まで下行し，橋から中小脳脚を通じて運動の開始・企画・タイミングを調整する小脳のフィードバックに関与

脳画像で確認



M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

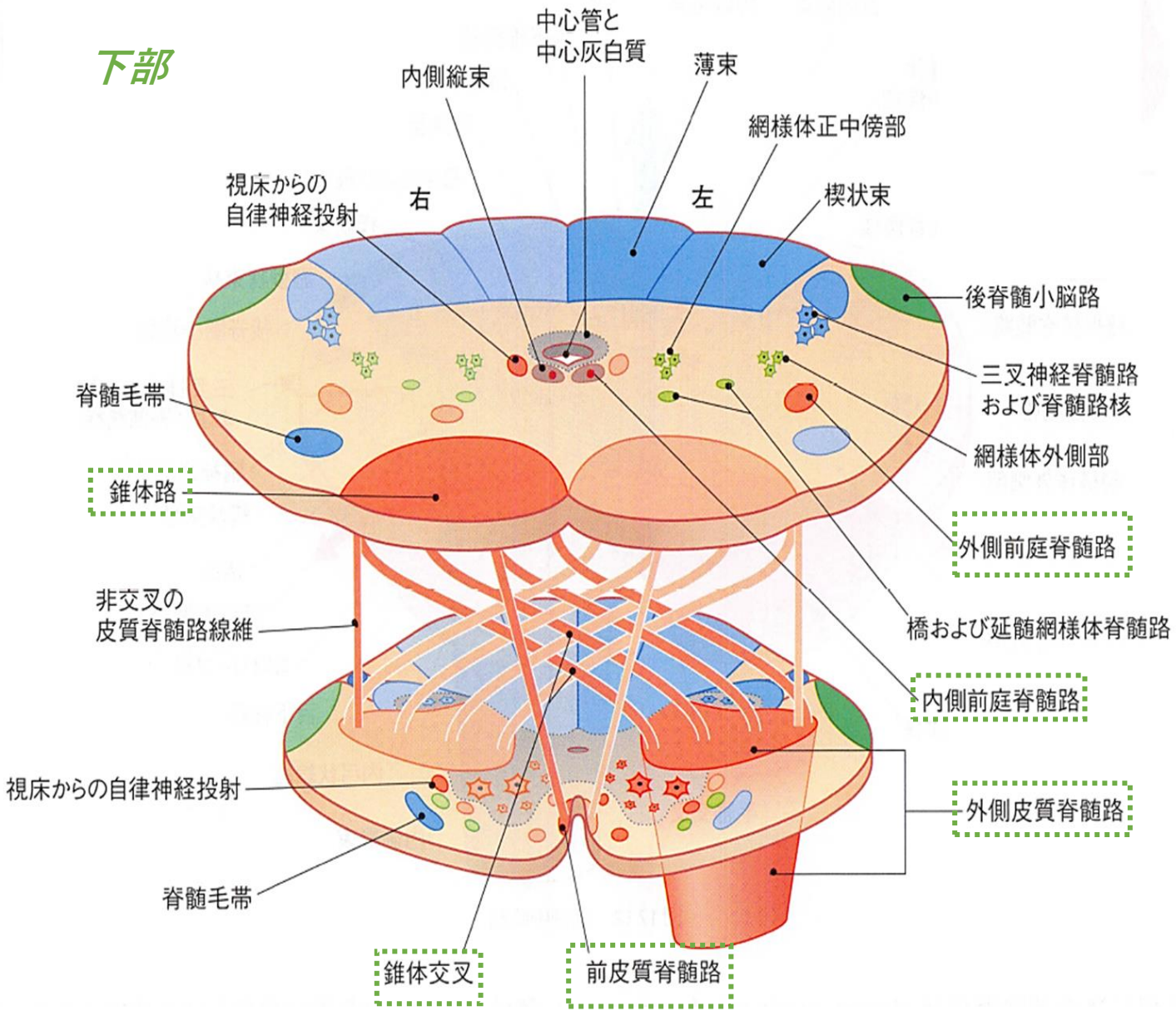
延髄の構成＆役割



外側皮質脊髄路	• 延髄下部の錐体交叉にて皮質脊髄路線維3/4が反対側に交叉し，四肢遠位部の随意運動の出力を担う
前皮質脊髄路	• 延髄下部の錐体交叉にて皮質脊髄路線維1/4が交叉せず同側を下行し，四肢近位部の筋出力を担う
外側前庭脊髄路	• 主に耳石器からの入力を受け，同側脊髄を下行しながら脊髄全域の同側に投射する • 頸部/体幹/四肢の姿勢制御に貢献している
内側前庭脊髄路	• 主に半規管からの入力を受け，延髄下部で錐体交叉して頸髄下部まで下行しながら両側性に投射する • 頸部/上肢の姿勢制御に貢献している
オリーブ核	• 脊髄からの感覚情報を受け，小脳へ投射する中継核 • 小脳における誤差学習に貢献している

M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

延髄の構成＆役割

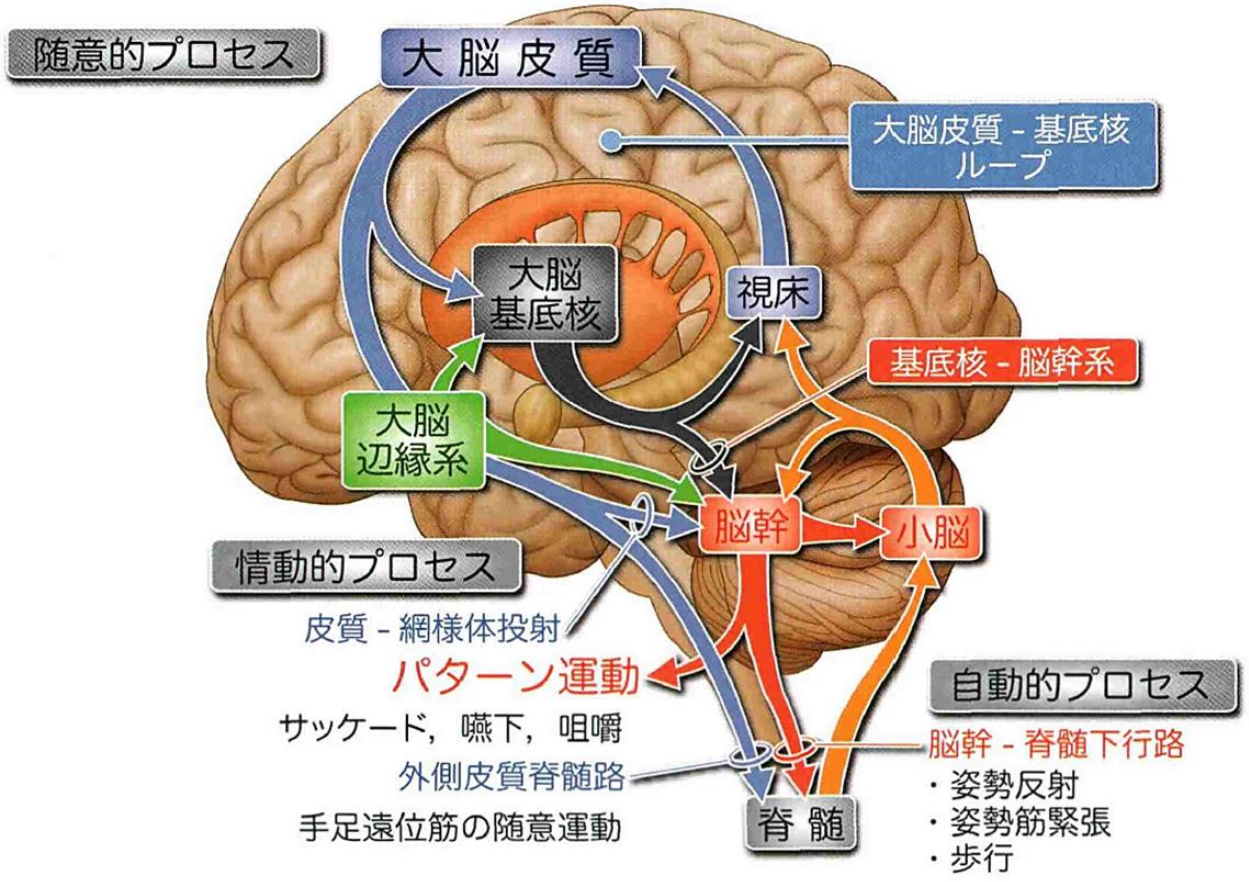


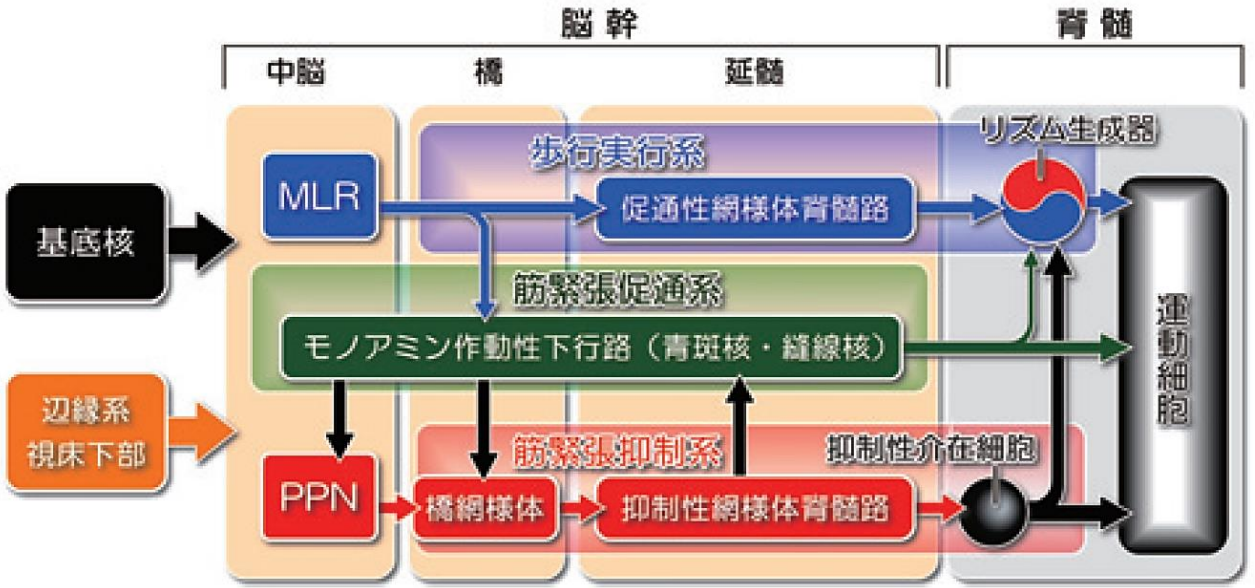
外側皮質脊髄路	• 延髄下部の錐体交叉にて皮質脊髄路線維3/4が反対側に交叉し，四肢遠位部の随意運動の出力を担う
前皮質脊髄路	• 延髄下部の錐体交叉にて皮質脊髄路線維1/4が交叉せず同側を下行し，四肢近位部の筋出力を担う
外側前庭脊髄路	• 主に耳石器からの入力を受け，同側脊髄を下行しながら脊髄全域の同側に投射する • 頸部/体幹/四肢の姿勢制御に貢献している
内側前庭脊髄路	• 主に半規管からの入力を受け，延髄下部で錐体交叉して頸髄下部まで下行しながら両側性に投射する • 頸部/上肢の姿勢制御に貢献している
オリーブ核	• 脊髄からの感覚情報を受け，小脳へ投射する中継核 • 小脳における誤差学習に貢献している

高草木 薫：大脳基底核による運動制御．臨床神経学49(6)．2009

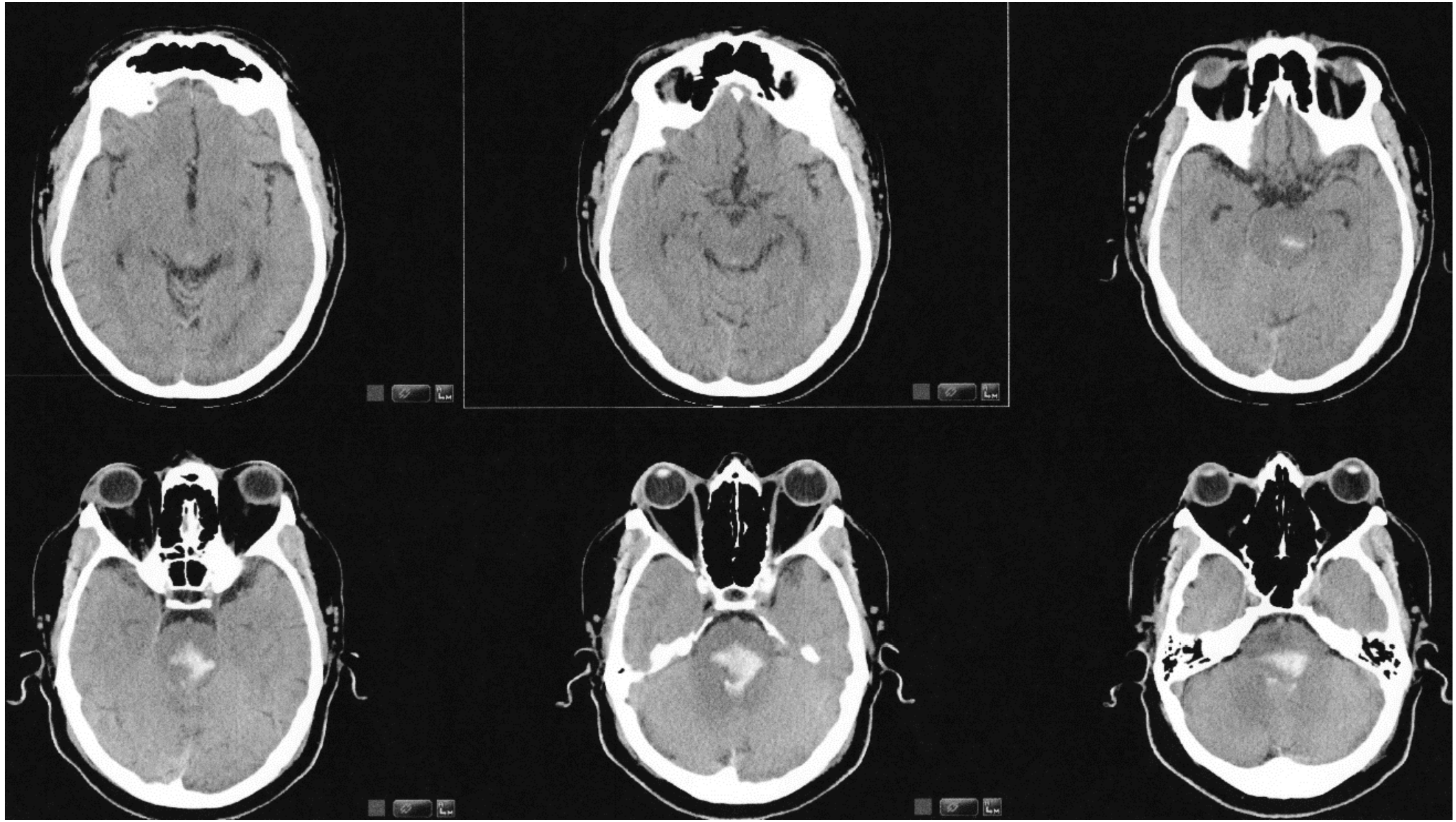
大脳皮質⇒脳幹⇒脊髄の繋がりとしての運動

- ✓ ヒトの動作/運動は常に脳内の接続性を通じて遂行・達成されている
- ✓ 「歩いて移動する」という情動系などの大脳皮質からの信号をもとに，大脳基底核や脳幹のネットワークを通じて脊髄レベルまで情報が下行し，運動として表現される

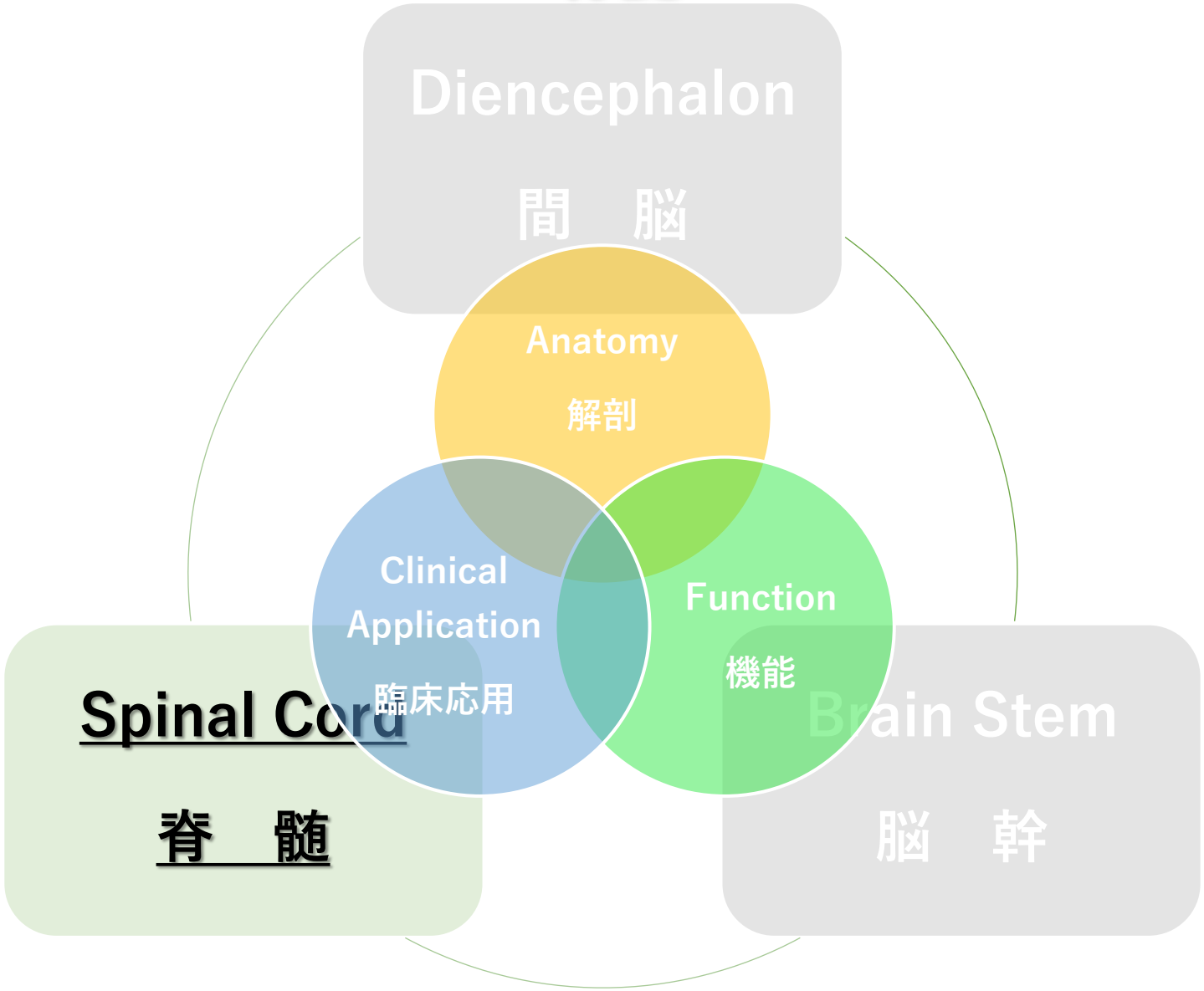




Discussion

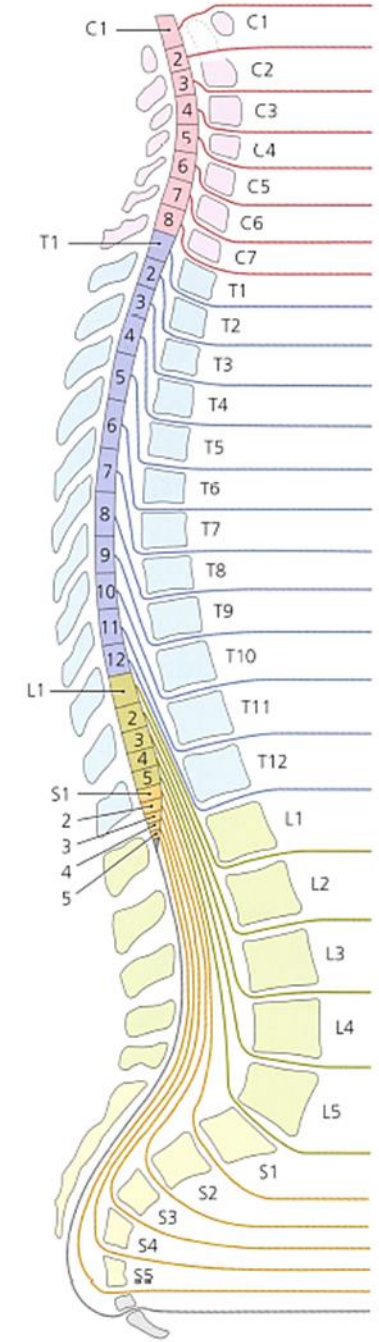


脊髄


Diencephalon
間　脳
Anatomy
解剖
Clinical
Application
臨床応用
Function
機能
Spinal Cord
脊　髄
Brain Stem
脳　幹

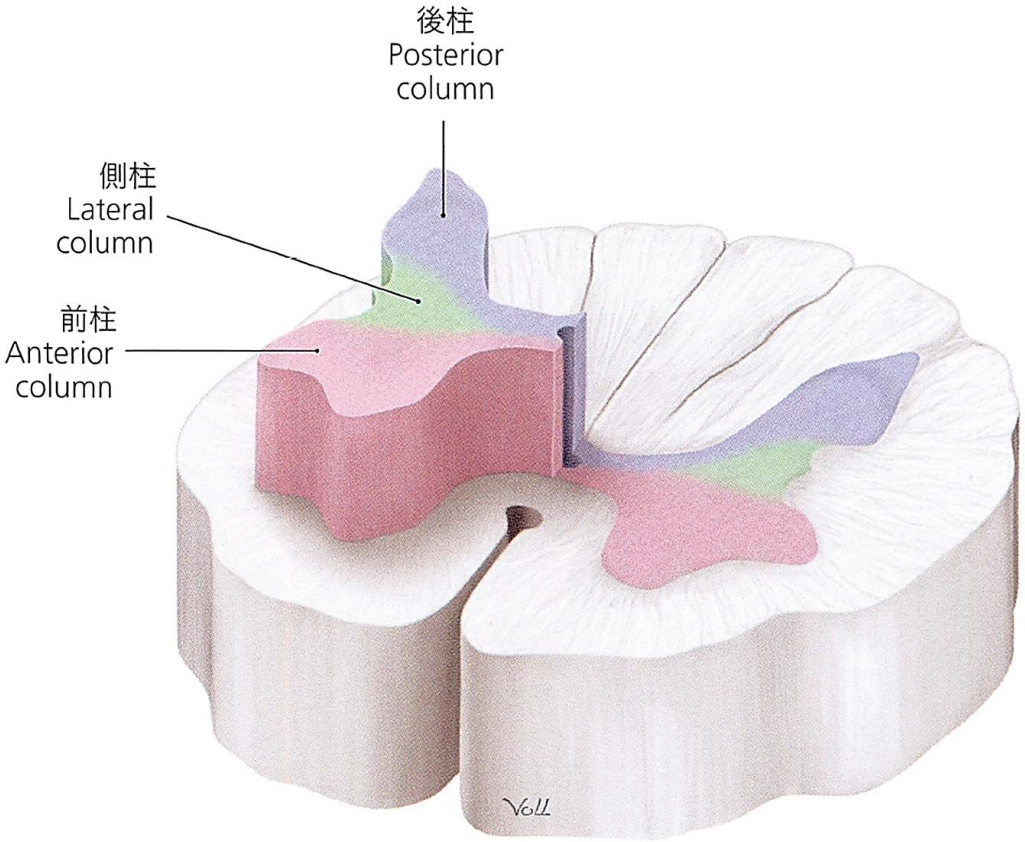
Anne M. Gilroy et al：Prometheus. Atlas De Anatomía. Médica Panamericana. 2013

機能的外観と役割

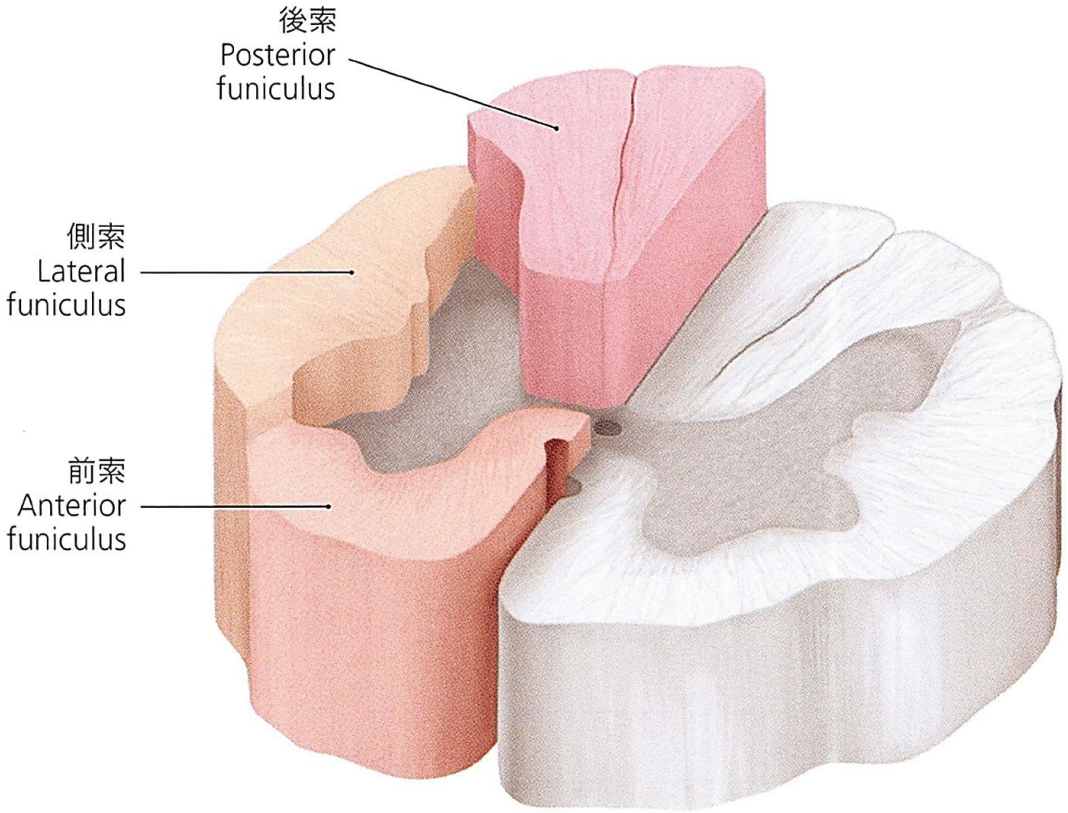


✓ 基本的な機能・役割は，**末梢の効果器⇔中枢神経系(大脳)を繋ぐ中継路**

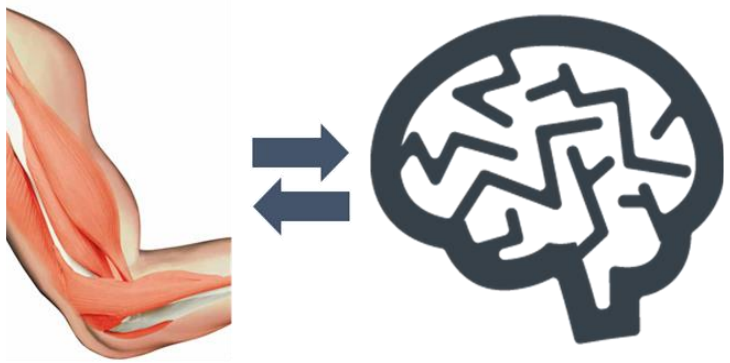
灰白質構造(神経細胞の集まり)



白質構造(神経線維の集まり)

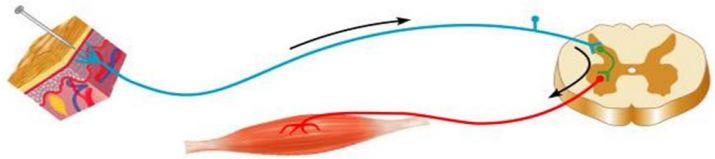


機能的な役割



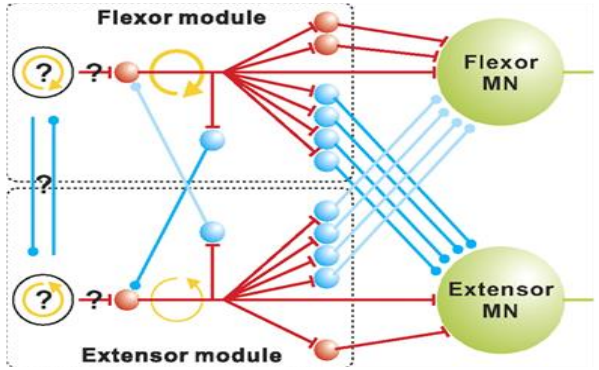
構造の把握

上行性・下行性経路の中継路



反射の中身

脊髄反射

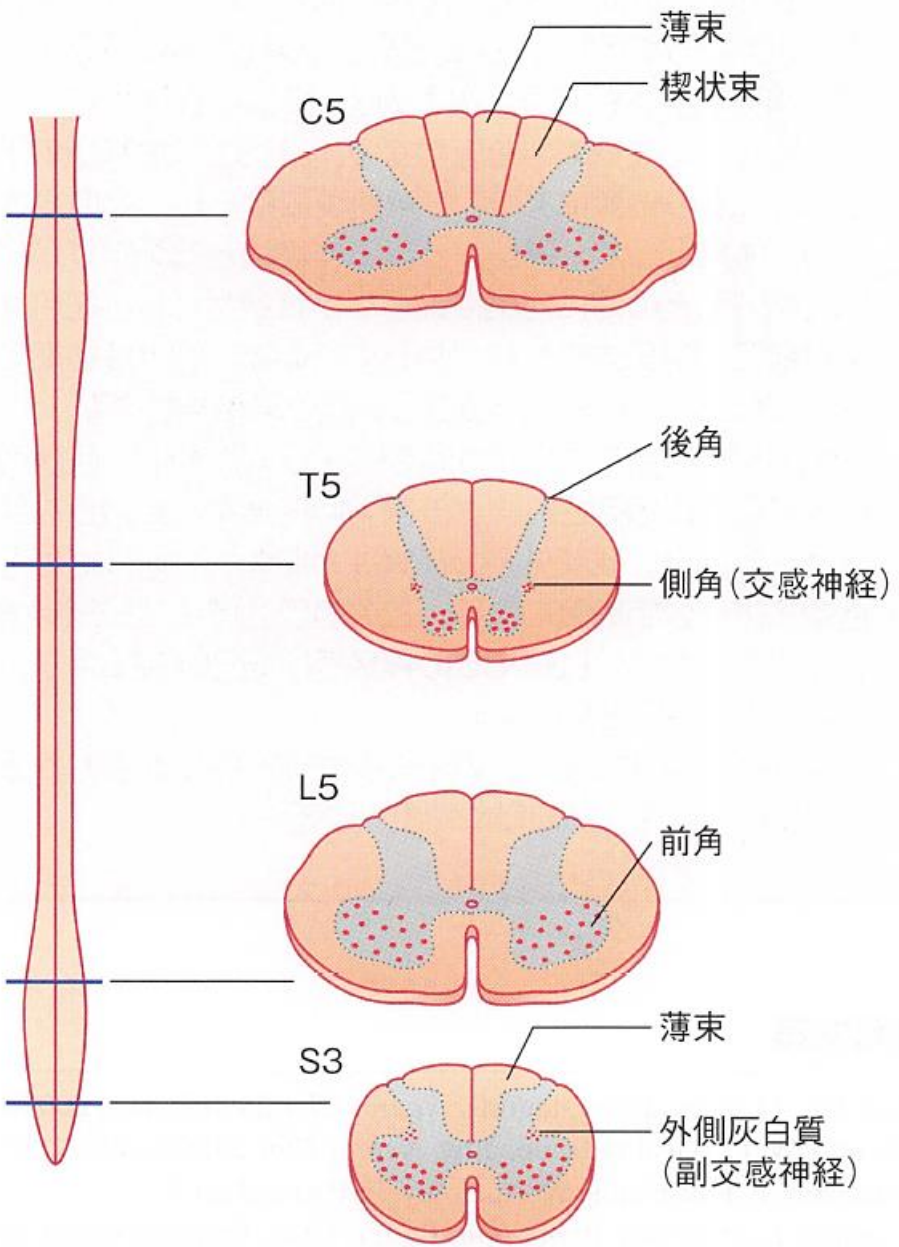


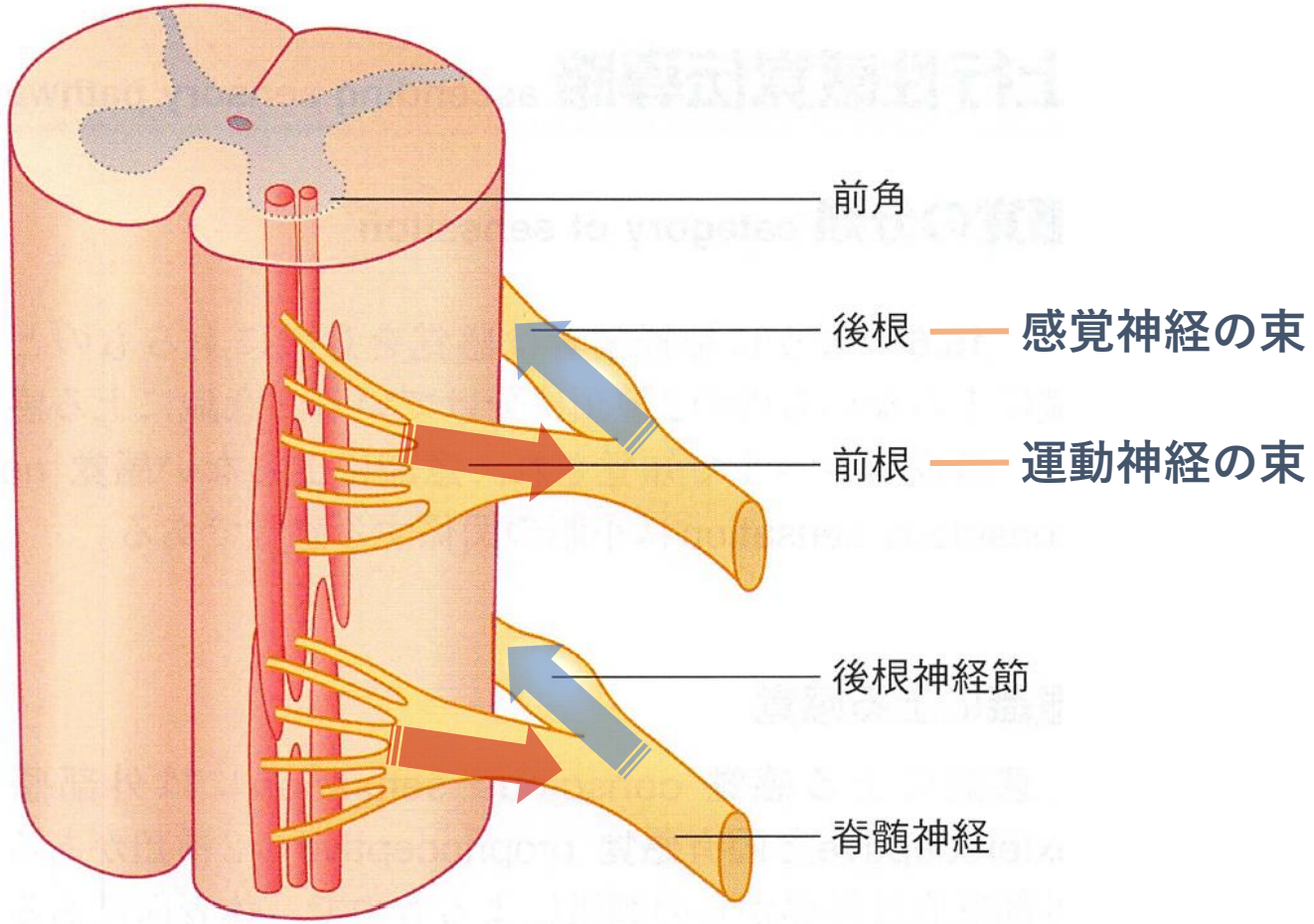
CPG：Central Pattern Generator

歩　行

M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

構造と特徴

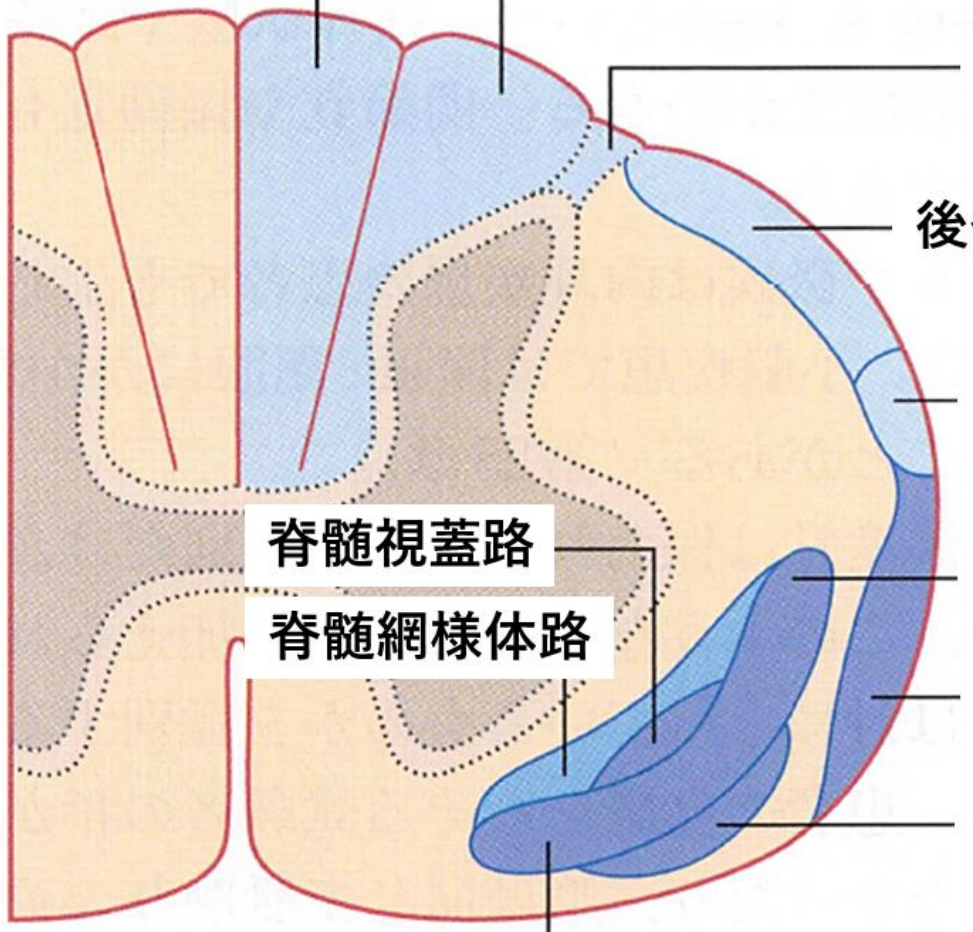




M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

上行性の神経伝導路＝感覚路

上位頸髄における水平断面図



薄束　尾側～T７の識別性触覚と固有感覚（視床VPLへ）

楔状束　T7～上より上位の識別性触覚と固有感覚（視床VPLへ）

後外側路

後脊髄小脳路　下肢/下部体幹の意識に上らない深部感覚（同側小脳へ）

吻側脊髄小脳路　上肢/上部体幹の意識に上らない深部感覚（同側小脳へ）

脊髄視蓋路

脊髄網様体路

外側脊髄視床路　温痛覚（視床VPLへ）

前脊髄小脳路　下肢/下部体幹の意識に上らない深部感覚(腱器官)

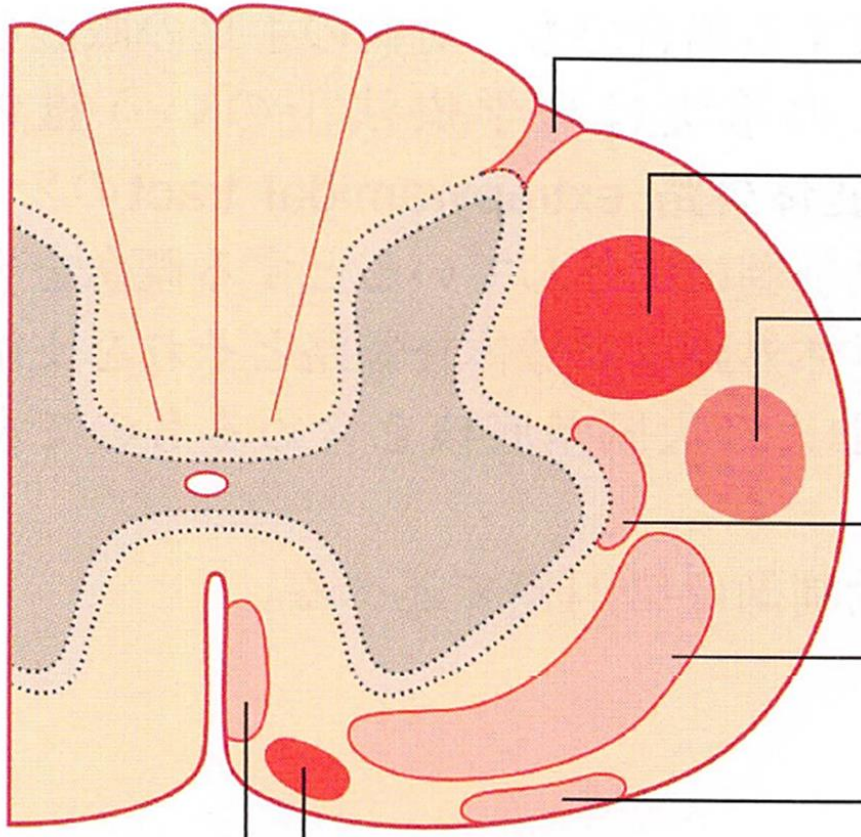
脊髄オリーブ路　下オリーブ核に投射　運動学習に関与

前脊髄視床路　粗大触圧覚（視床VPLへ）

M. J. Turlough Fitzgerald et al：Neuroanatomia clinica y neurociencia . Elsevier; 6 edition .2012

下行性の神経伝導路＝運動路

上位頸髄における水平断面図



縫線核脊髄路 ― 痛覚の調整

外側皮質脊髄路 ― 四肢の随意運動

延髄網様体脊髄路 ― 歩行・姿勢制御（体幹・四肢近位筋へ）

中枢自律神経路

橋網様体脊髄路 ― 歩行・姿勢制御（体幹・四肢近位筋へ）

前庭脊髄路 ― 姿勢制御(前庭器官)

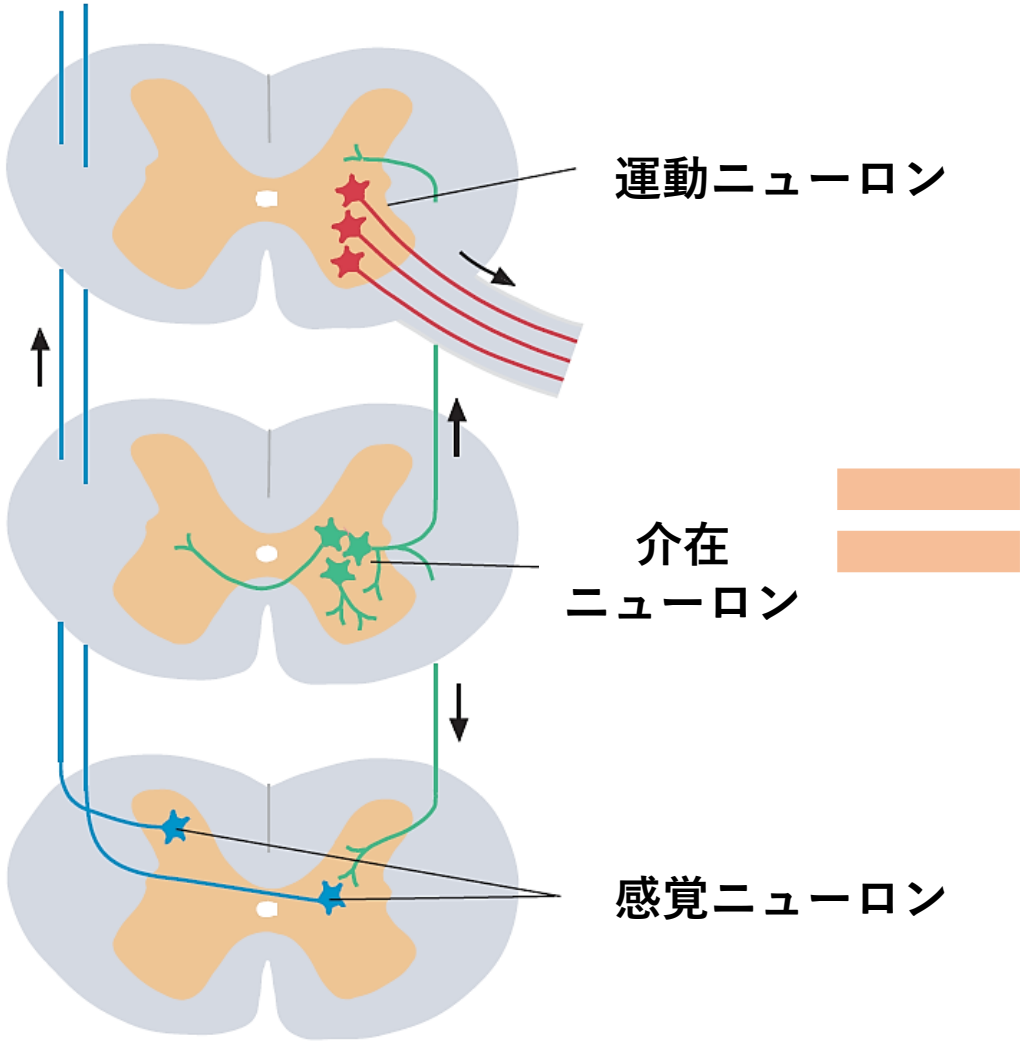
視蓋脊髄路 ― 姿勢制御(視覚)

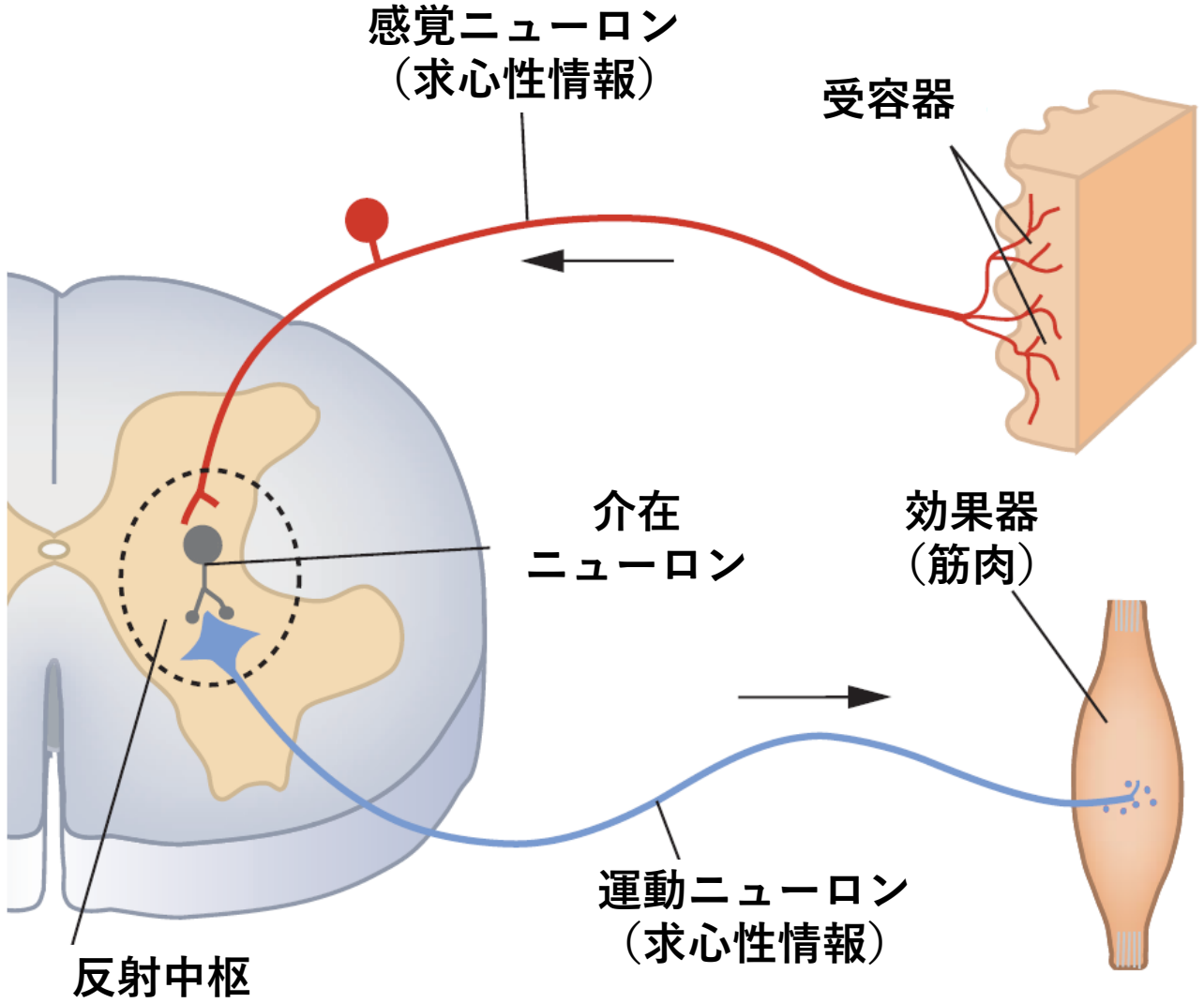
前皮質脊髄路 ― 体幹・四肢近位部の随意運動

Per, M.D., Ph.D. Brodal：The Central Nervous System . Oxford University Press .2010

脊髄システム

✓ 脊髄内のニューロンは，運動/感覚/介在ニューロンの3つで構成され，協調的に作用しながら反射を実現している

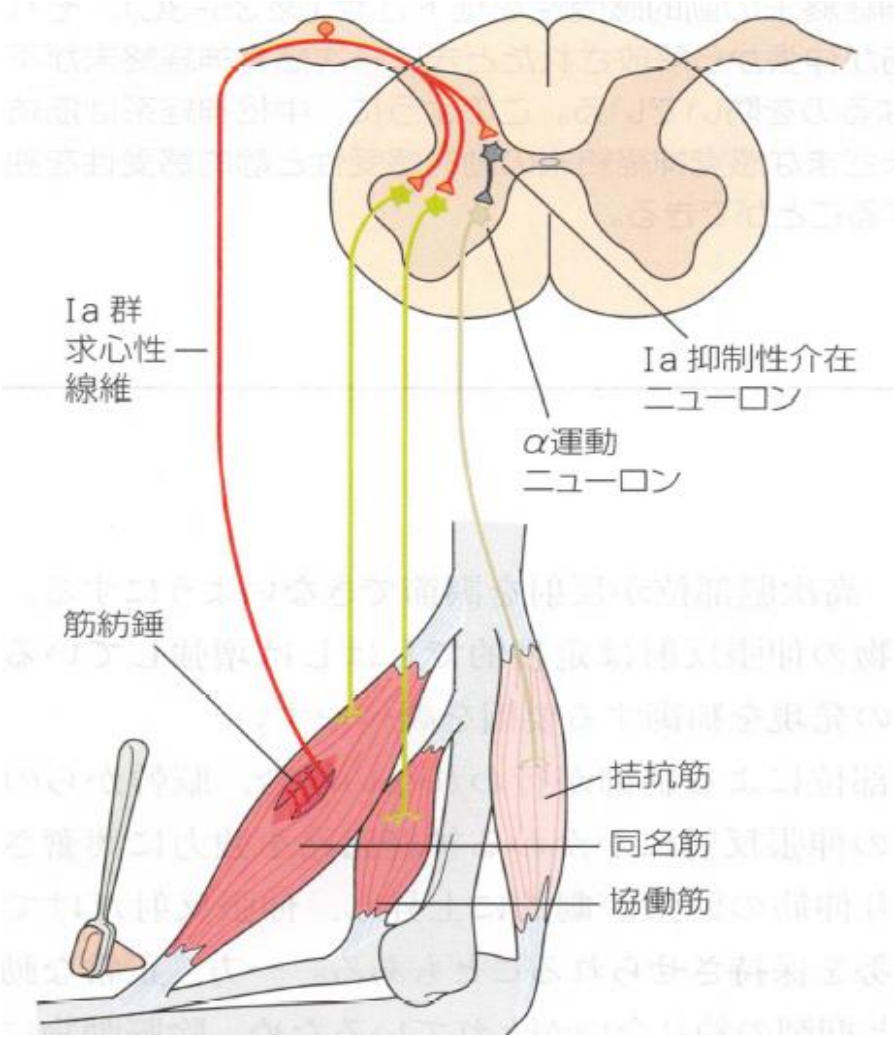




Dale Purves et al：Neuroscience．Sinauer Associates, Inc．2011

Stretch Reflex：伸張反射

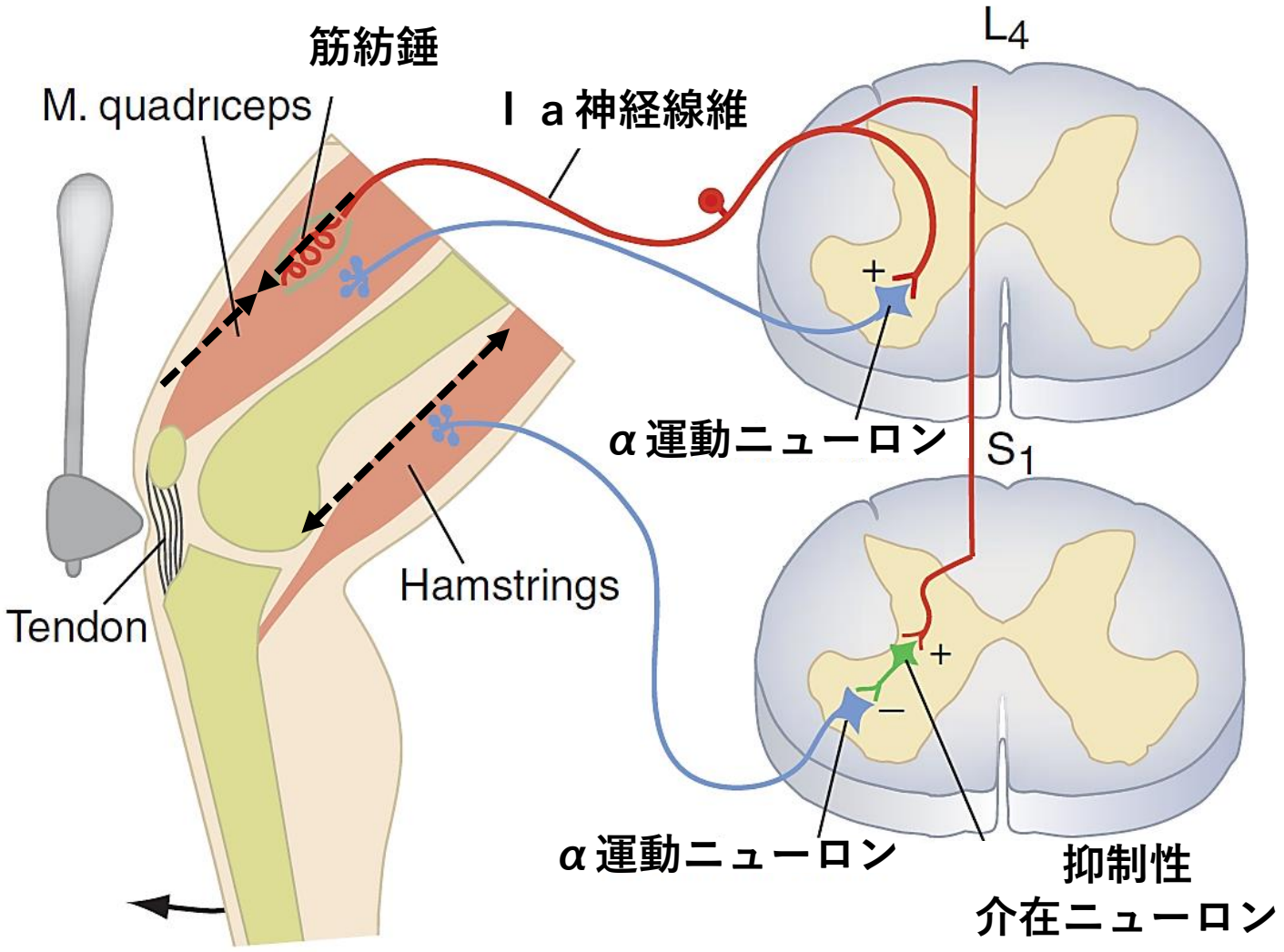
- ✓ 主動で作用している筋が他動的に伸張された際，筋紡錘に起始するⅠａ神経線維のFeedbackにより，単シナプス性にα運動ニューロンの興奮に作用し，骨格筋の求心性収縮に至らせる



Per, M.D., Ph.D. Brodal：The Central Nervous System . Oxford University Press .2010

Reciprocal Inhibition：相反抑制（Ⅰa抑制）

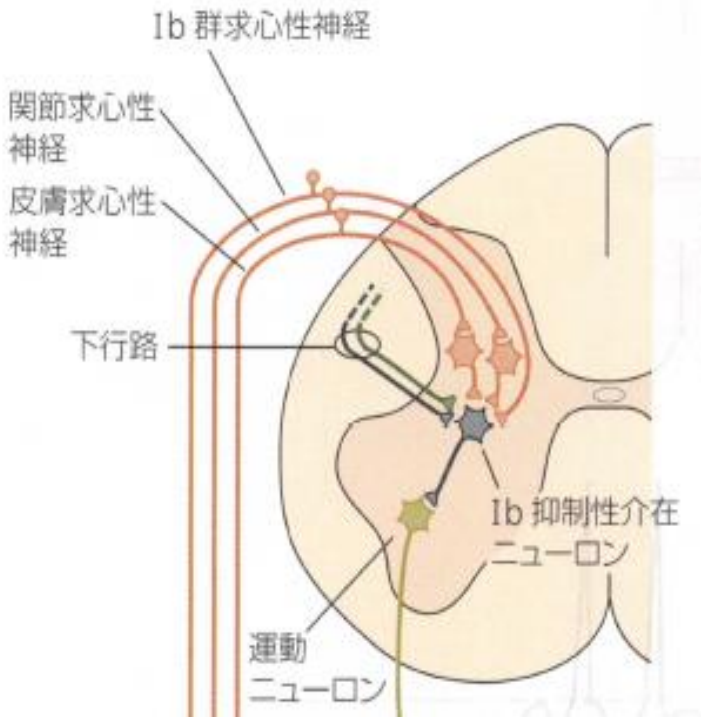
- ✓ 伸張反射，日常生活で行われる動作・活動などにおける関節運動は相反抑制の関係で成り立っている
- ✓ 求心的に収縮した筋と拮抗する筋(拮抗筋)に対して，他髄節を越えて**抑制性介在ニューロンを介してα運動ニューロンの興奮を抑制し，遠心的な筋の長さを保証**している

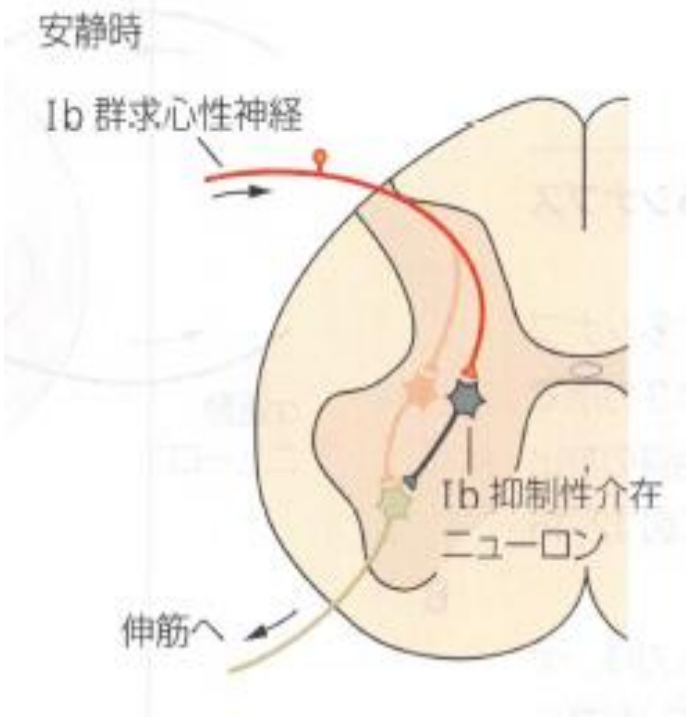


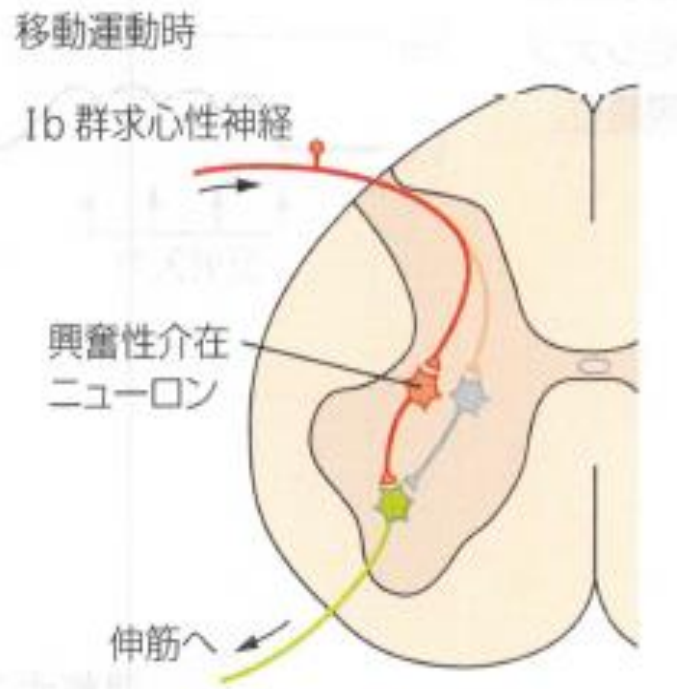
Per, M.D., Ph.D. Brodal：The Central Nervous System . Oxford University Press .2010

Ⅰb線維

- ✓ **Ib抑制**：腱器官・筋紡錘・関節受容器・皮膚受容器・下降路から入力を受け、同筋の抑制する
- ✓ **相反性Ib促通**：歩行を開始するときIb抑制性介在ニューロンが抑制され、興奮性介在ニューロンが活性化されるため、Ibからの入力が促通に働く





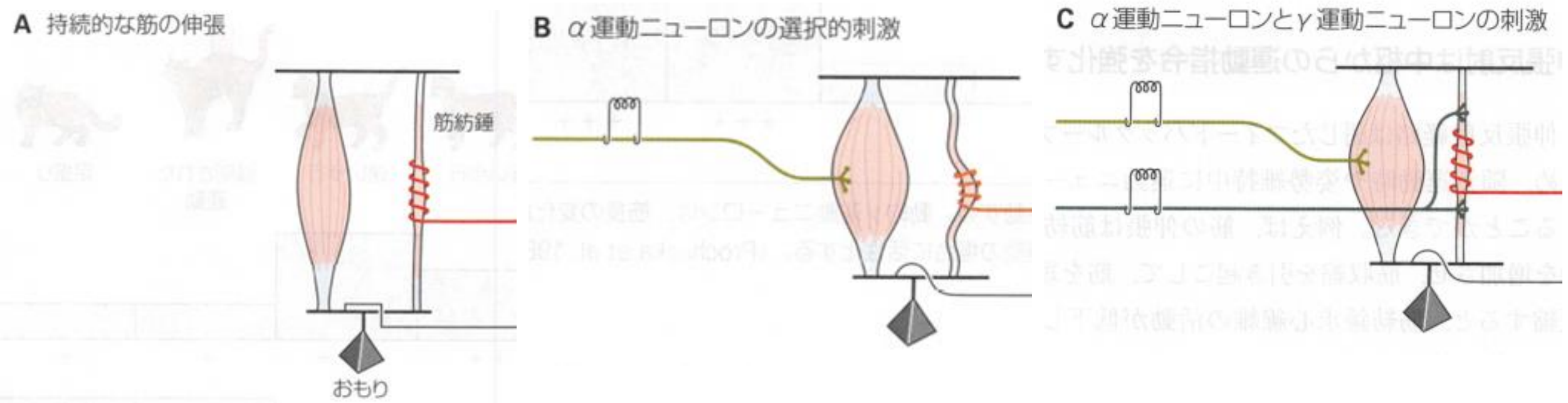


Dale Purves et al：Neuroscience．Sinauer Associates, Inc．2011

ス ト
ラ ボ

γ線維

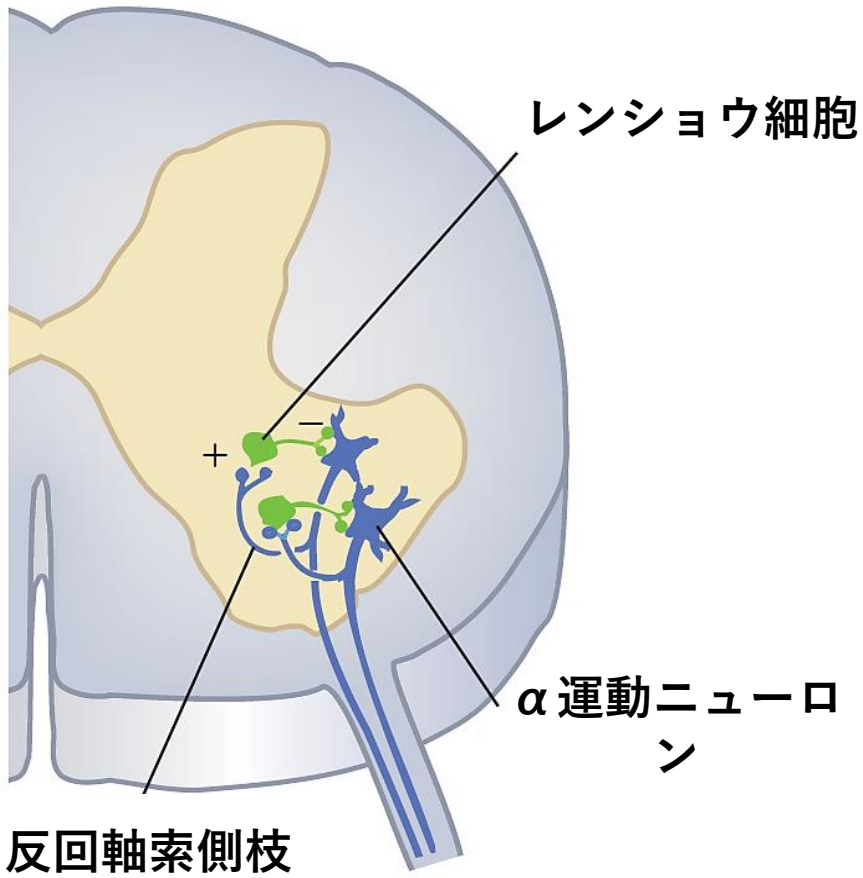
✓ α-γ連関：随意運動時にα運動ニューロンとγ運動ニューロンが共活動することによって筋紡錘からのフィードバックがα運動ニューロンの活動を調整できるようにする



Per, M.D., Ph.D. Brodal：The Central Nervous System . Oxford University Press .2010

レンショウ細胞と反回抑制

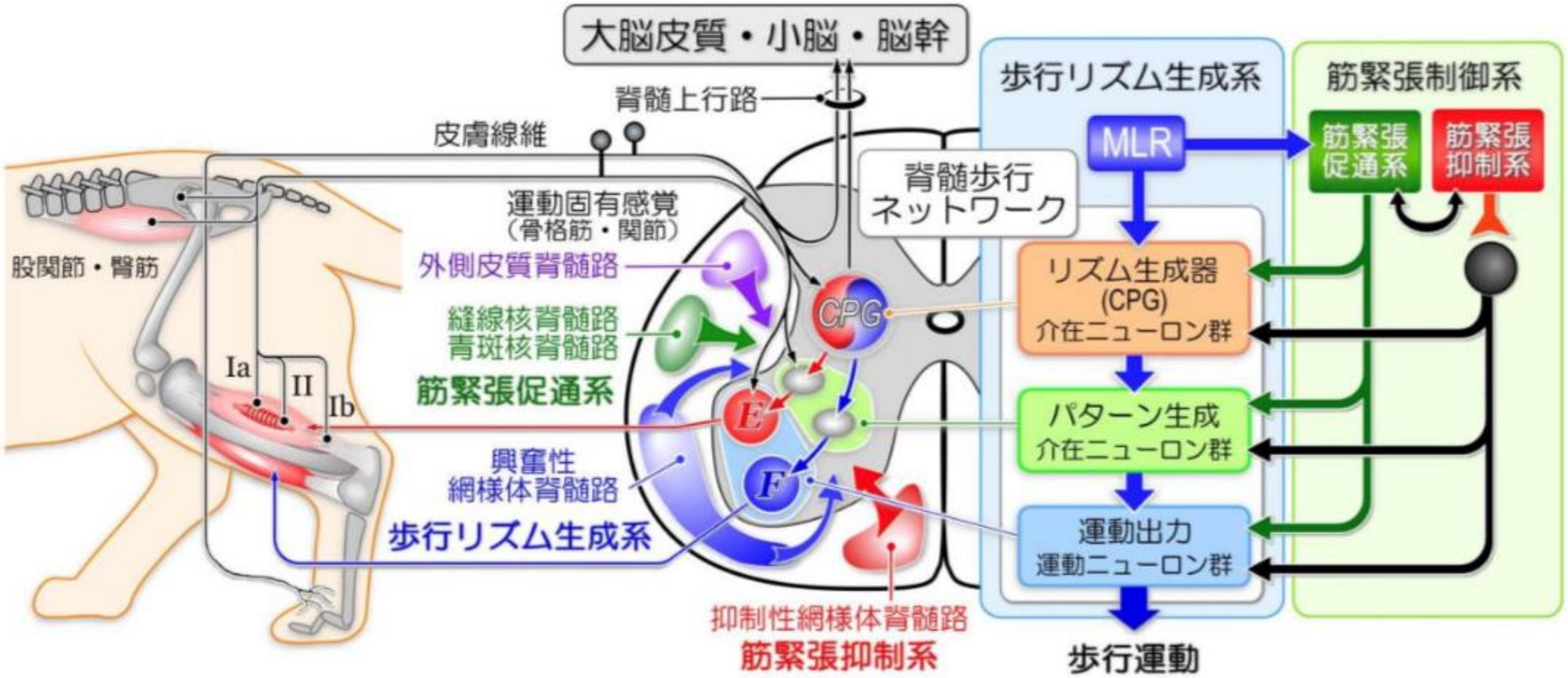
- ✓ α運動ニューロンは自己線維から側枝を伸ばし，**レンショウ細胞を通じて自己の興奮を抑制**している
- ✓ レンショウ細胞はα運動ニューロンの活動が一定の閾値を超えると活動し始める特性を持ち，歩行等のリズミカルな運動遂行(CPG：Central Pattern Generator)において重要な役割を担っている
- ✓ 運動の器用さに関係するのではないかと言及されている



高草木 薫：脊髄外科(2013,12月)27巻3号:208~2015.

脊髄における筋緊張と歩行の制御機構

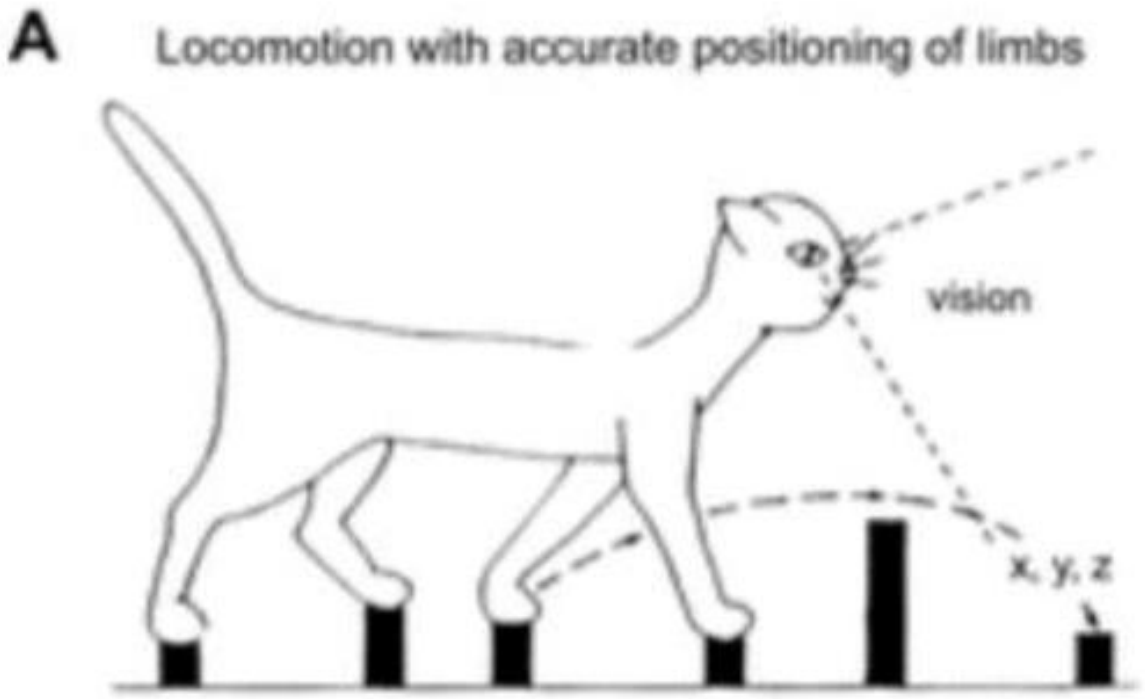
- ✓ 歩行のリズム生成は脊髄の中枢パターン発生器（CPG）で行われる
- ✓ CPGに影響を与える因子は、主に上位中枢からの下行性信号と感覚フィードバックである

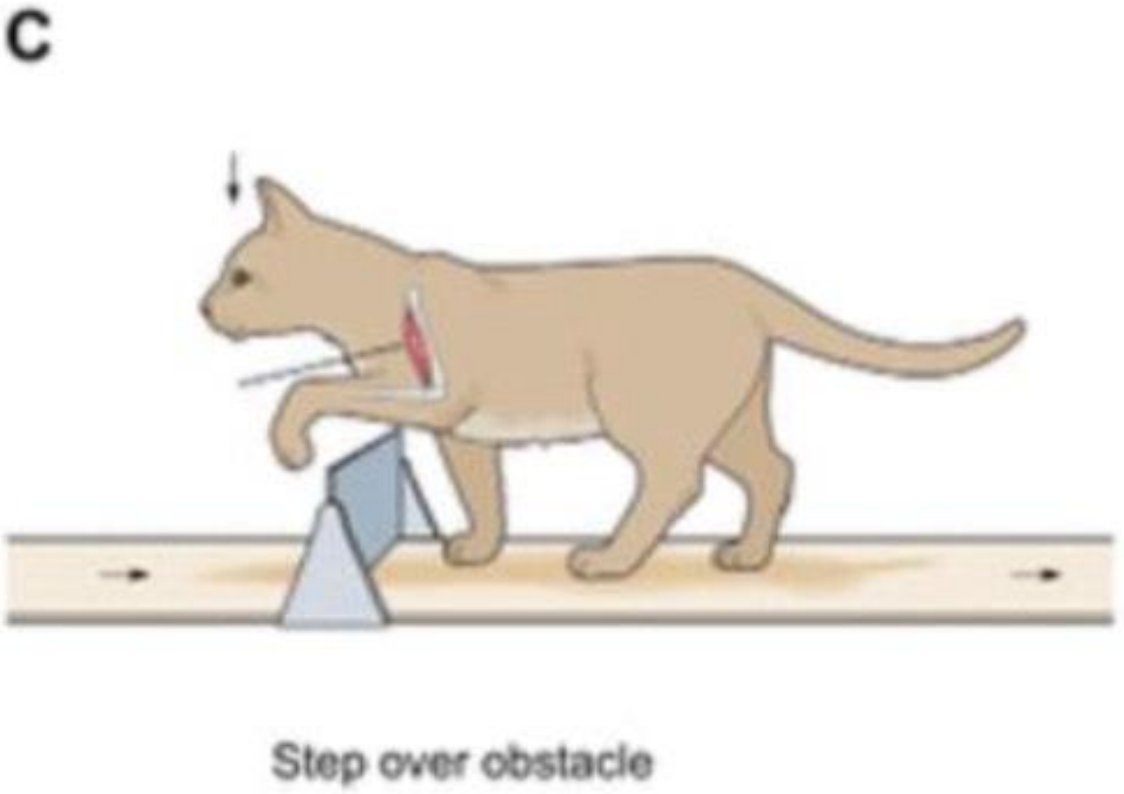


Sten Grillner et al:Current Principles of Motor Control,with Special Reference to Vertebrate Locomotion,Physiol Rev100:271-320,2020

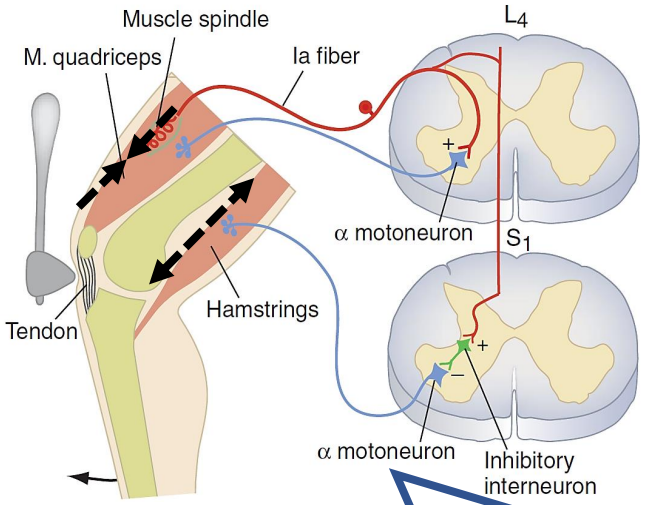
歩行の制御に重要な皮質

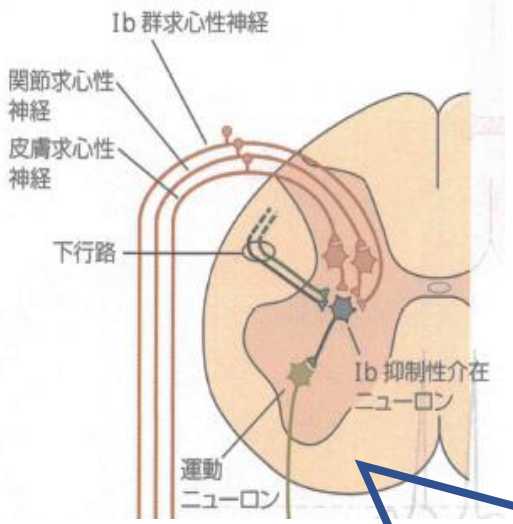
- ✓ 哺乳類における運動皮質は精密な歩行をするために重要である.
- ✓ 障害物を克服するために手足の軌道を変更する場合、歩行中に細胞が強く変調されることを示している.これらの矯正は視力に依存する.

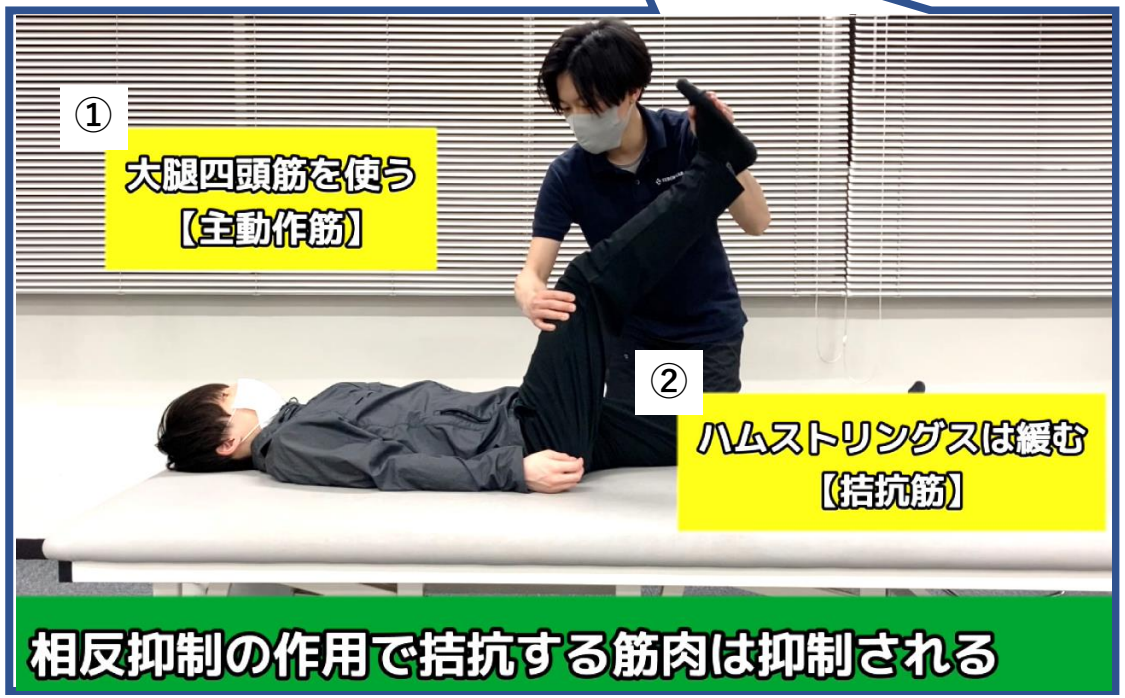




Ⅰa繊維とⅠb線維の臨床応用（アイディア）







Dale Purves et al：Neuroscience．Sinauer Associates, Inc．2011

Ⅰａを臨床的に捉える

- ✓ 筋を他動的に伸張することはⅠａFeedbackを介して同筋に求心的な筋収縮を誘発することに繋がる
- ✓ 一度**弱化している筋を明確に伸張する**ことが有効なことが多い
- ✓ 見かけ上は伸張しているつもりでも，**他関節や拮抗する筋の安定性等を保証しない限りは効果的な伸張は困難**