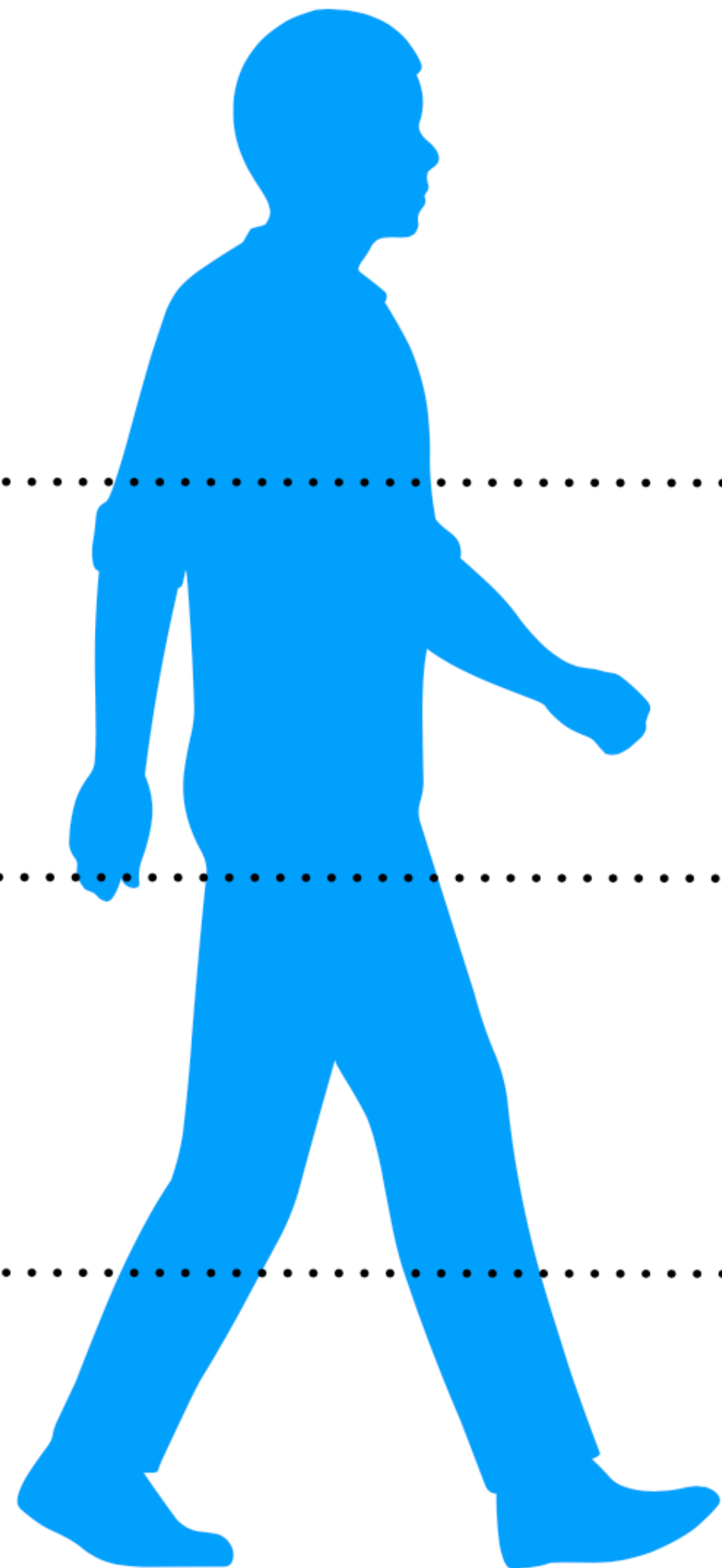


Brain
Image

リーチと歩行に対する治療のための評価と脳画像の見方 ～随意運動・プログラム・高次脳・運動学習～

脳外臨床研究会 歩行セミナー講師 理学療法士 中上 博之

脳卒中の後遺障害と4つの階層



認知機能

行為

社会性

連合野

セルフケア

作業活動

上肢操作

皮質・間脳

移動動作

重心を運送

歩行

脳幹

基本動作

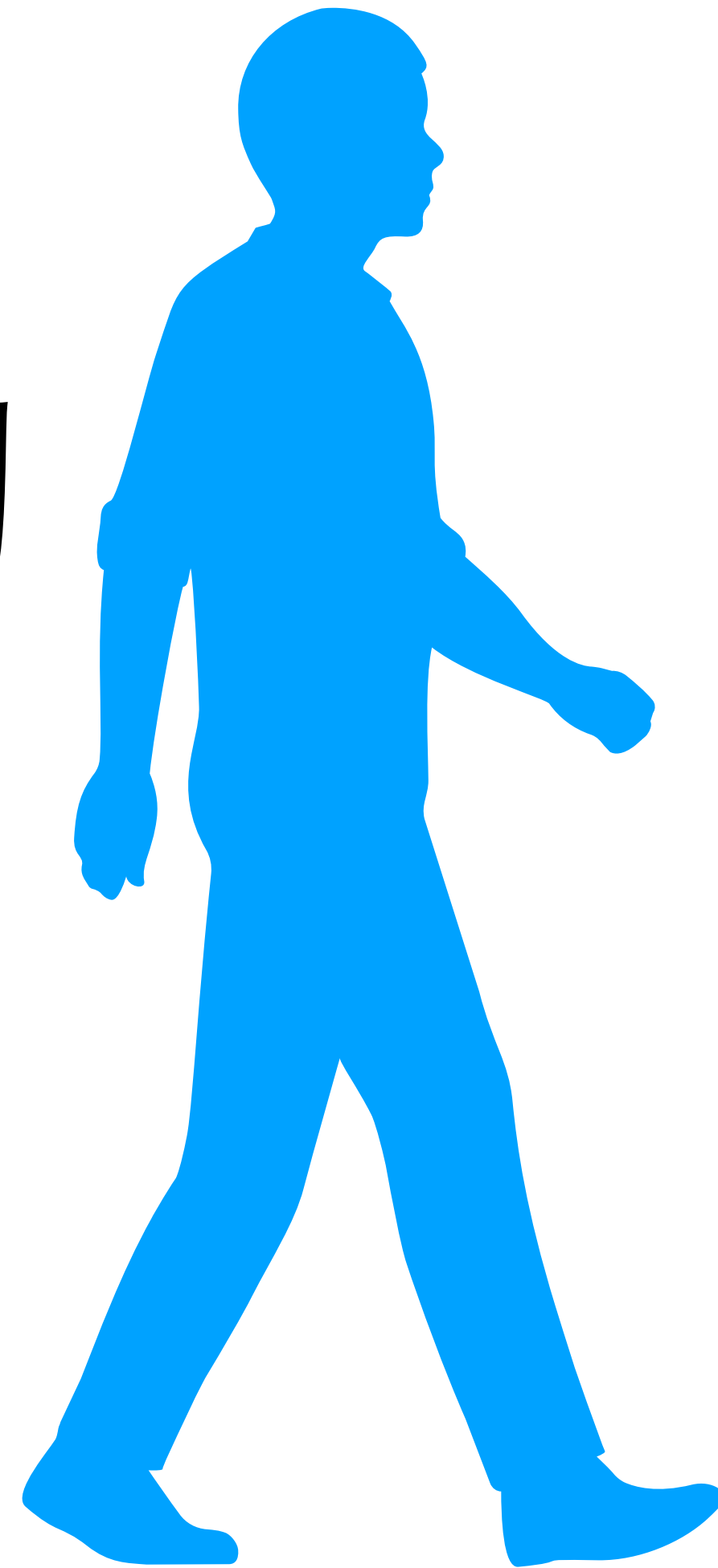
重心の上下移動

基礎

脳幹

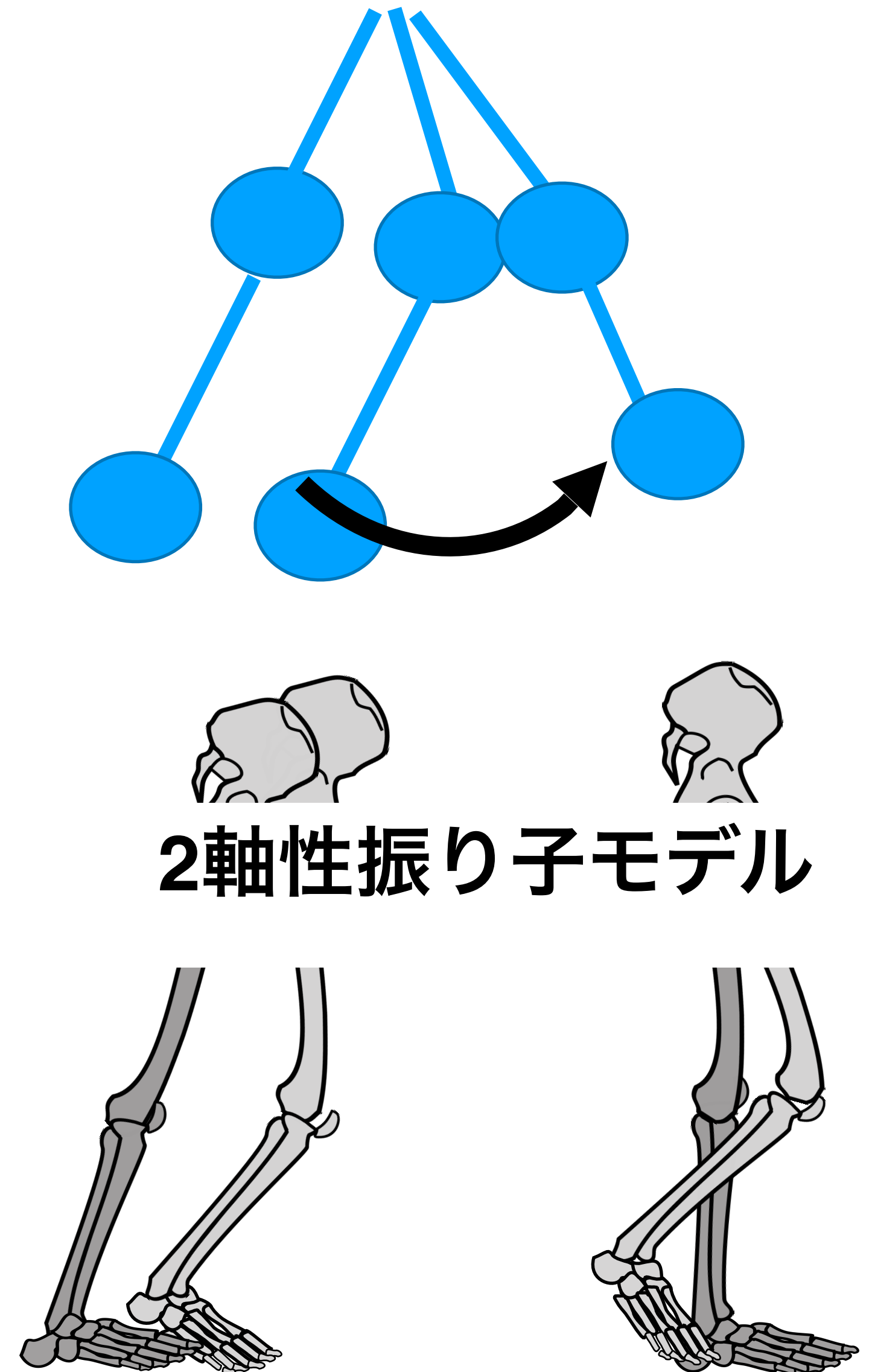
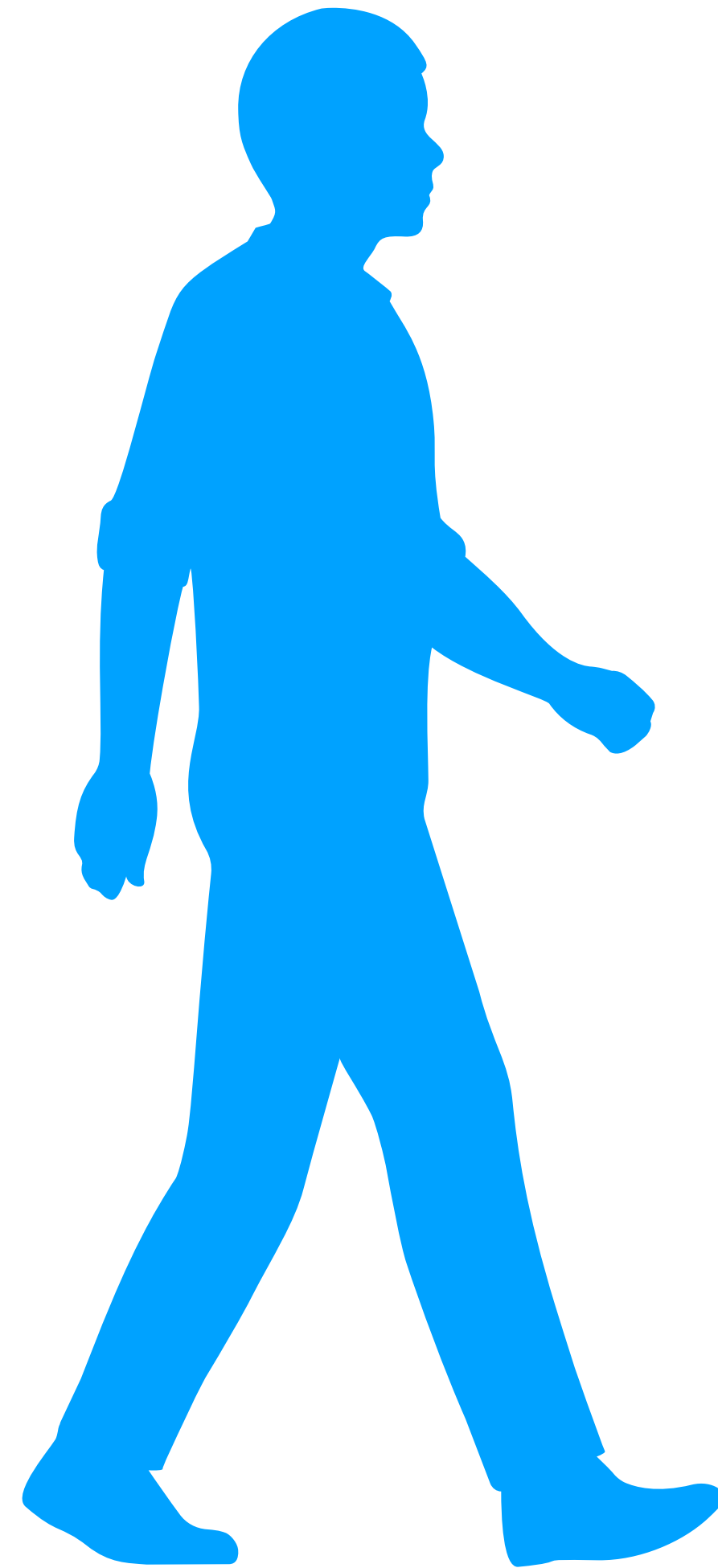
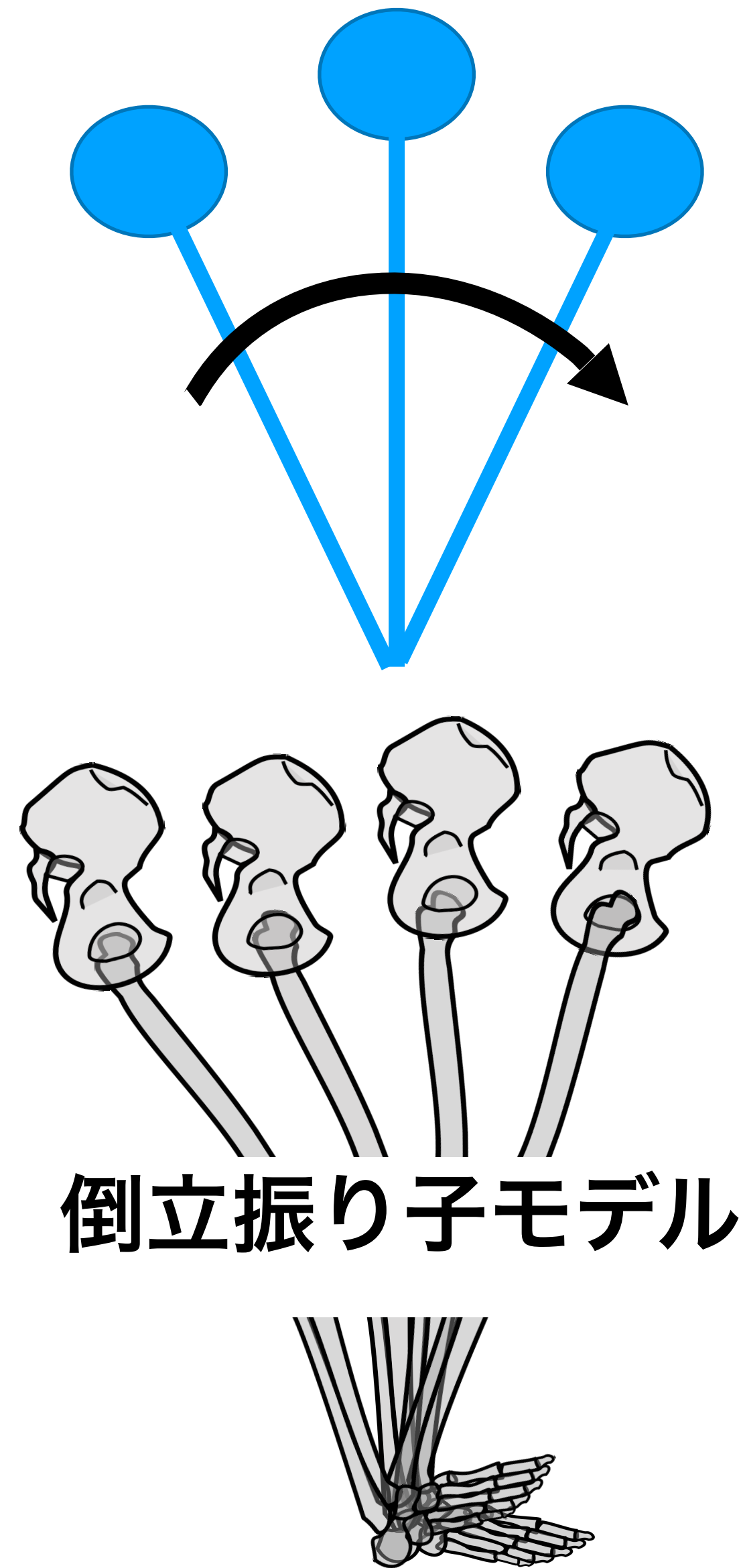
歩行機能
2つの視点

**重心の
保持・移動**



**支持基底面
の生成**

歩行機能 振り子運動

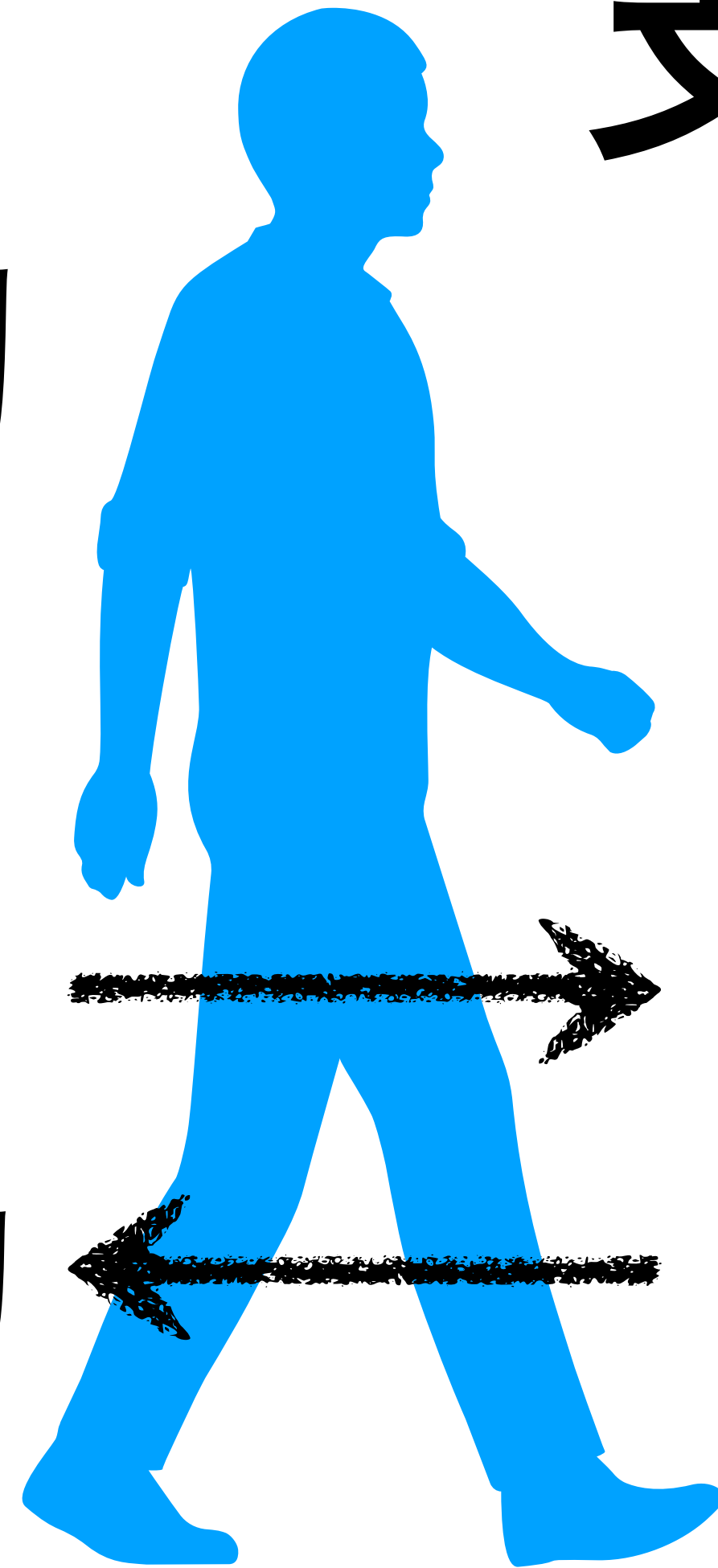


**歩行機能
2つの視点**

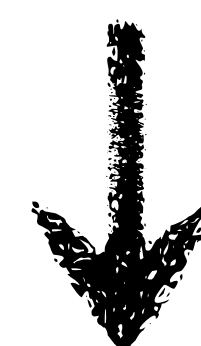
**重心の
保持・移動**



**支持基底面内
での保持・移動**

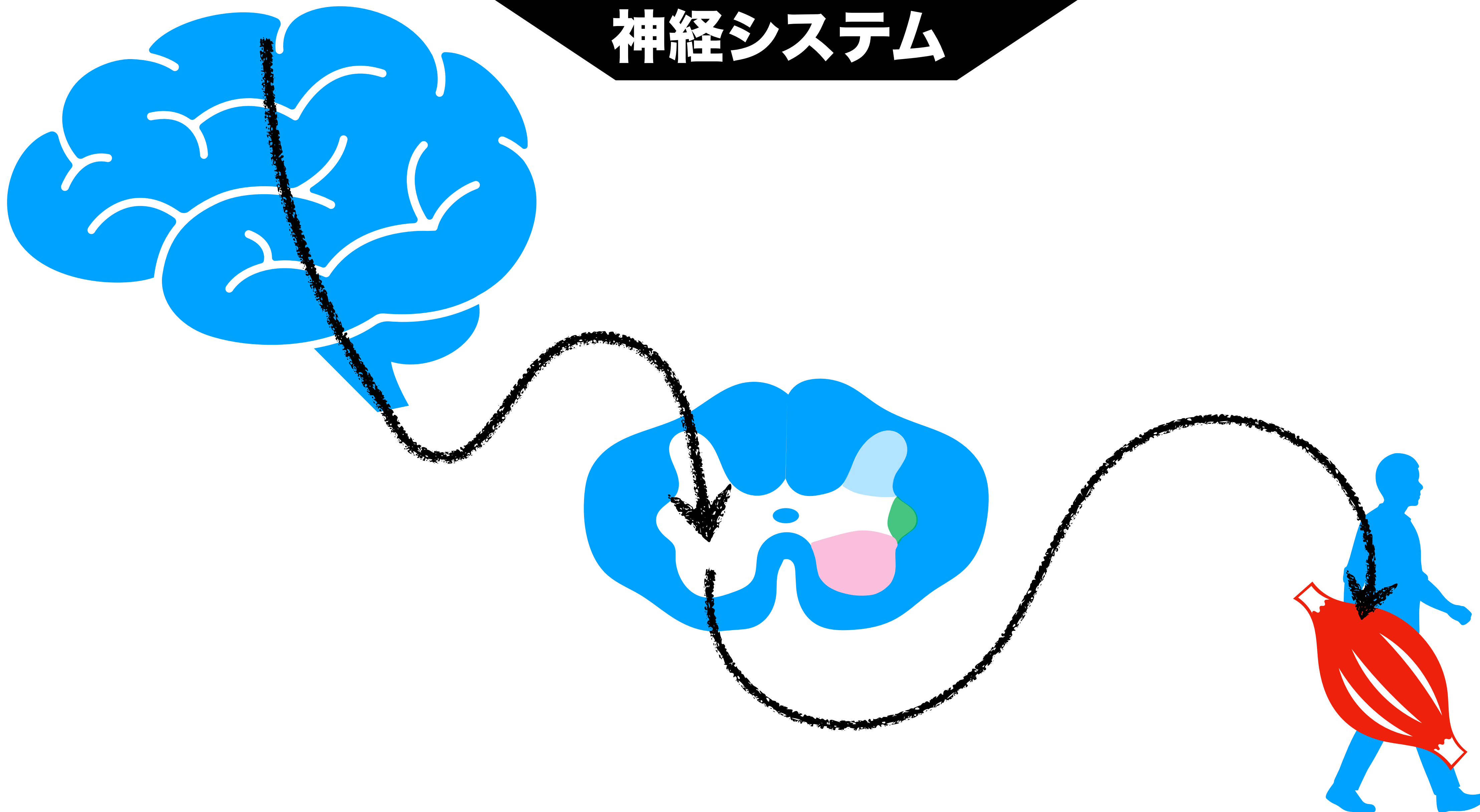


**支持基底面の
生成**



**関節運動を伴う
運動出力**

歩行機能 神経システム



歩行機能 神経システム

補足運動野
運動前野
運動野

6 4 3

基底核

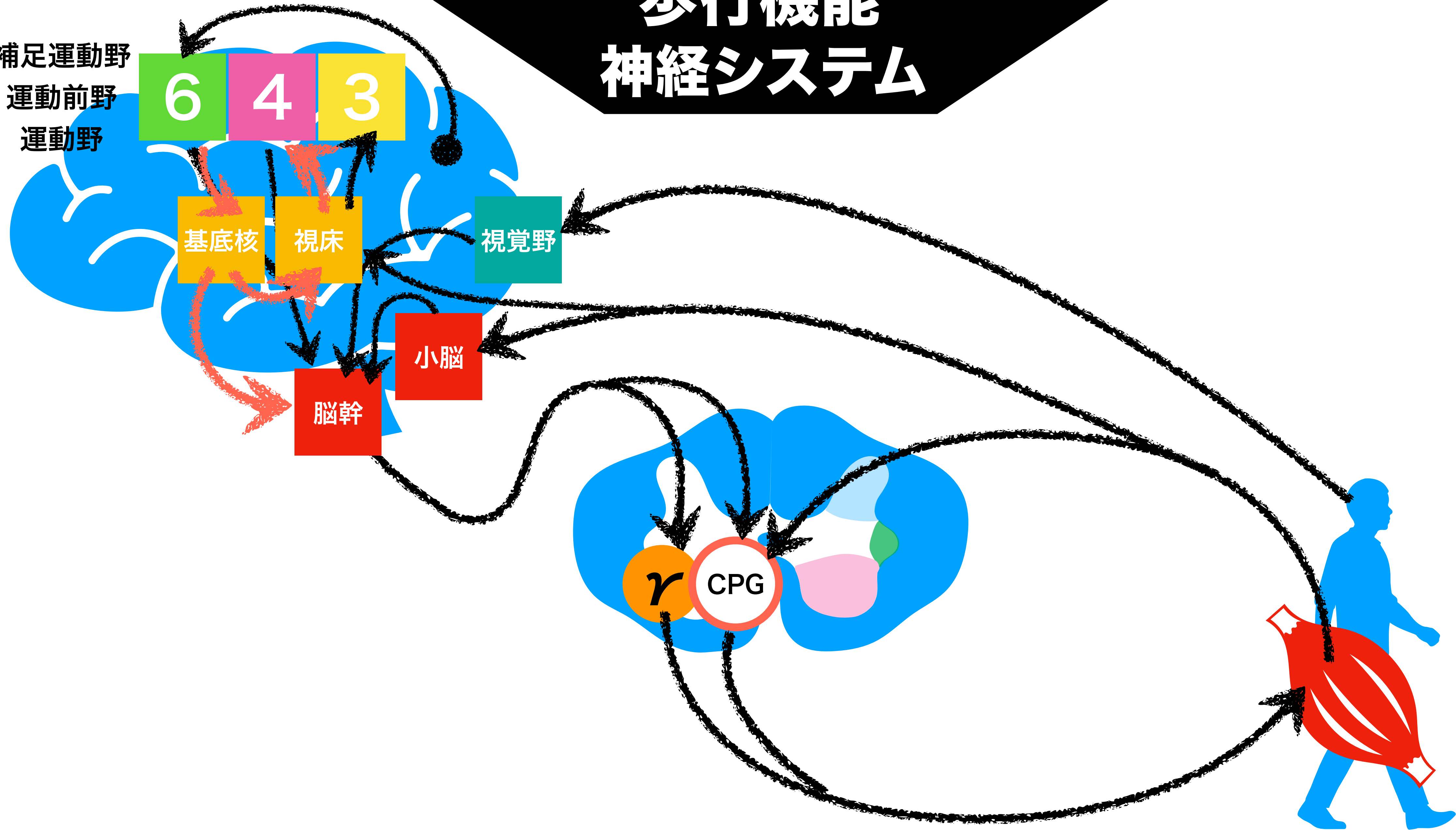
視床

視覚野

小脳

脳幹

γ CPG

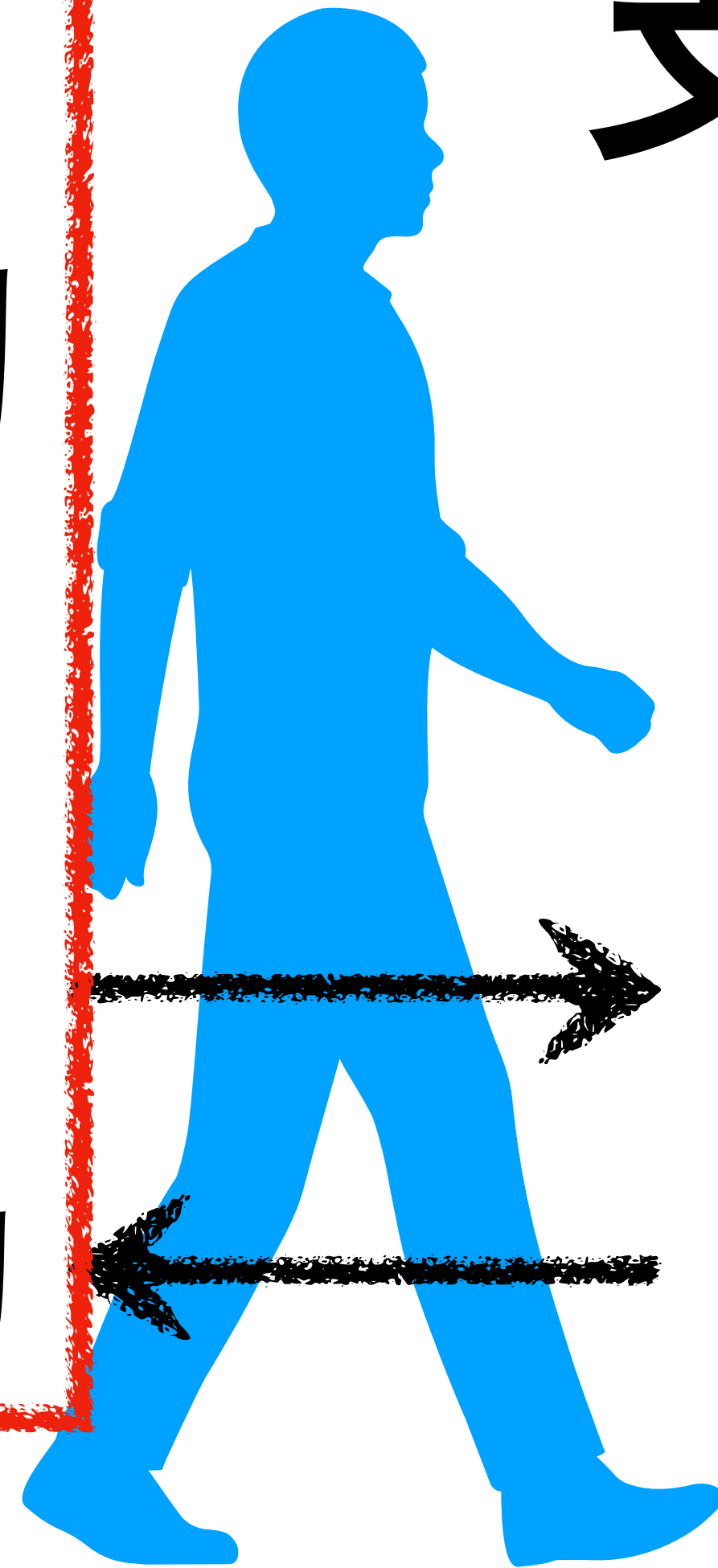


歩行機能
2つの視点

重心の
保持・移動



支持基底面内
での保持・移動

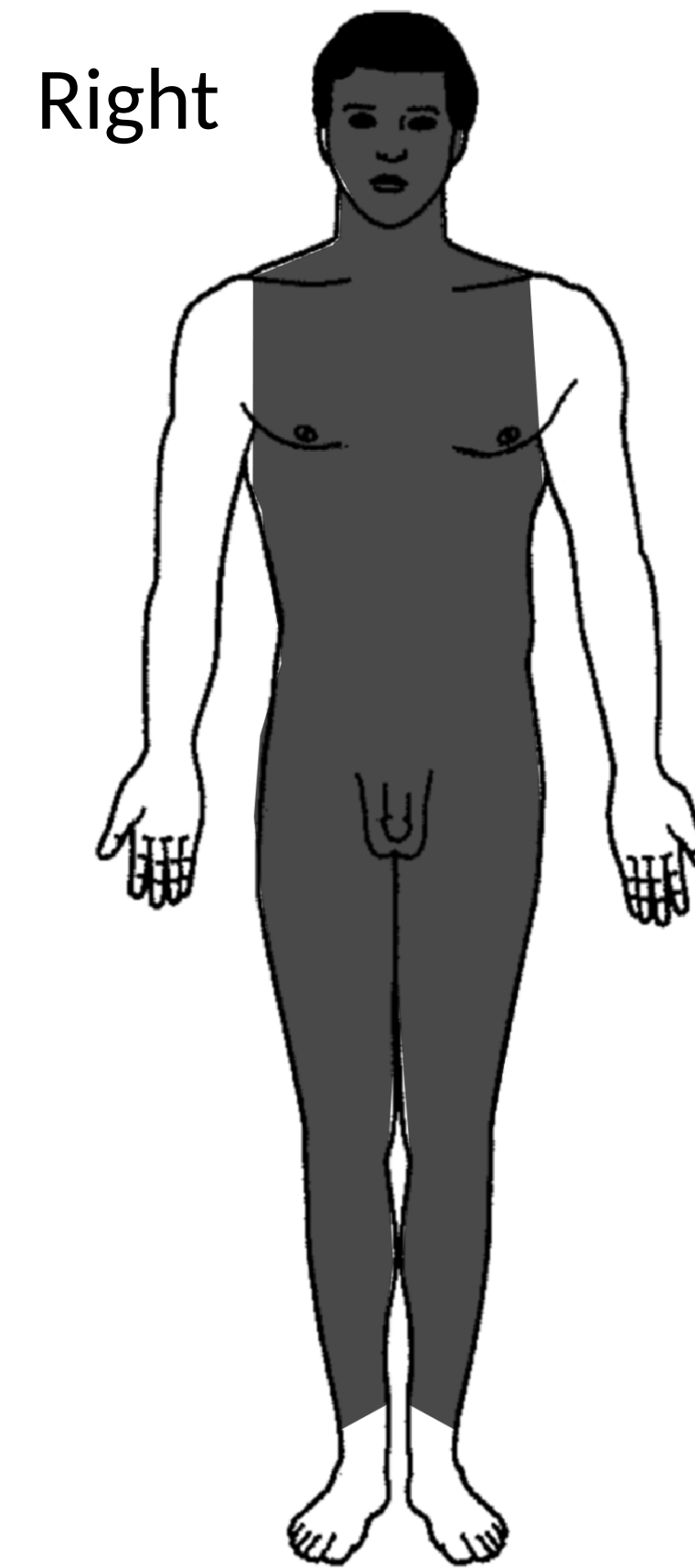
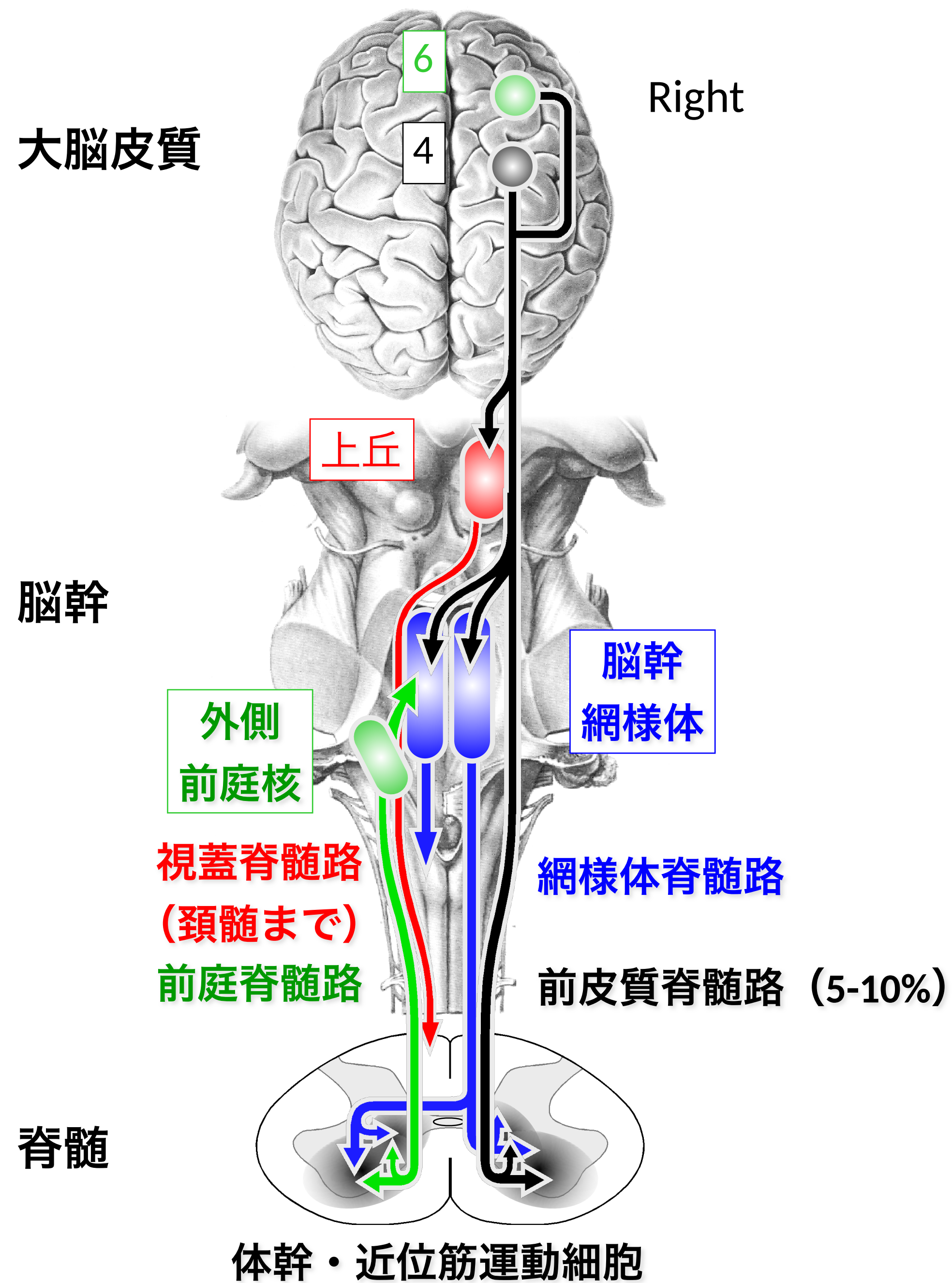


支持基底面の
生成



関節運動を伴う
運動出力

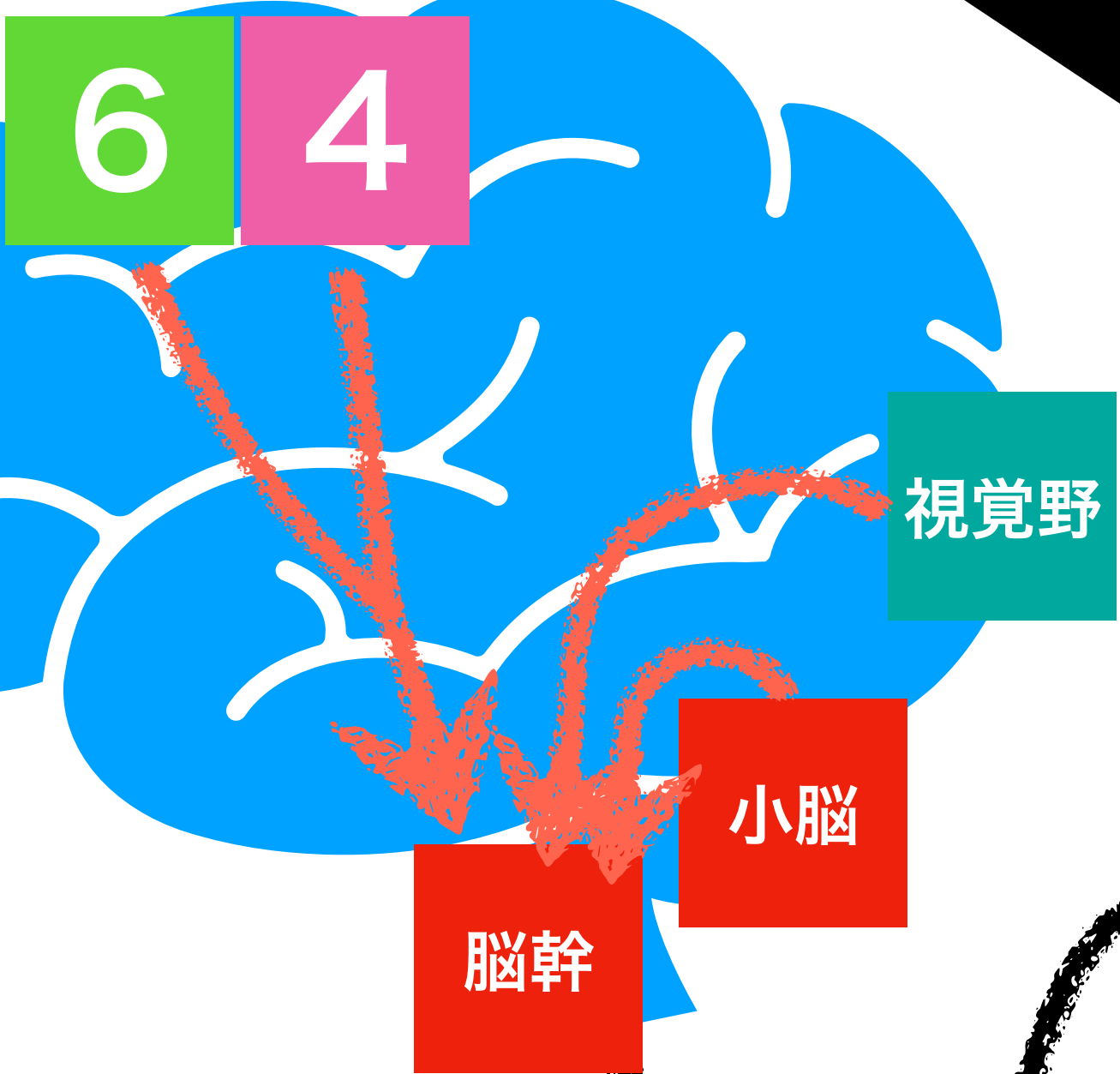
内側運動制御系



- 同側の前索を下行
- 両側性支配
- 体幹筋・近位伸筋群を制御
- 起立・歩行
- 姿勢反射・平衡・筋緊張

歩行機能 神経システム

補足運動野
運動前野
運動野



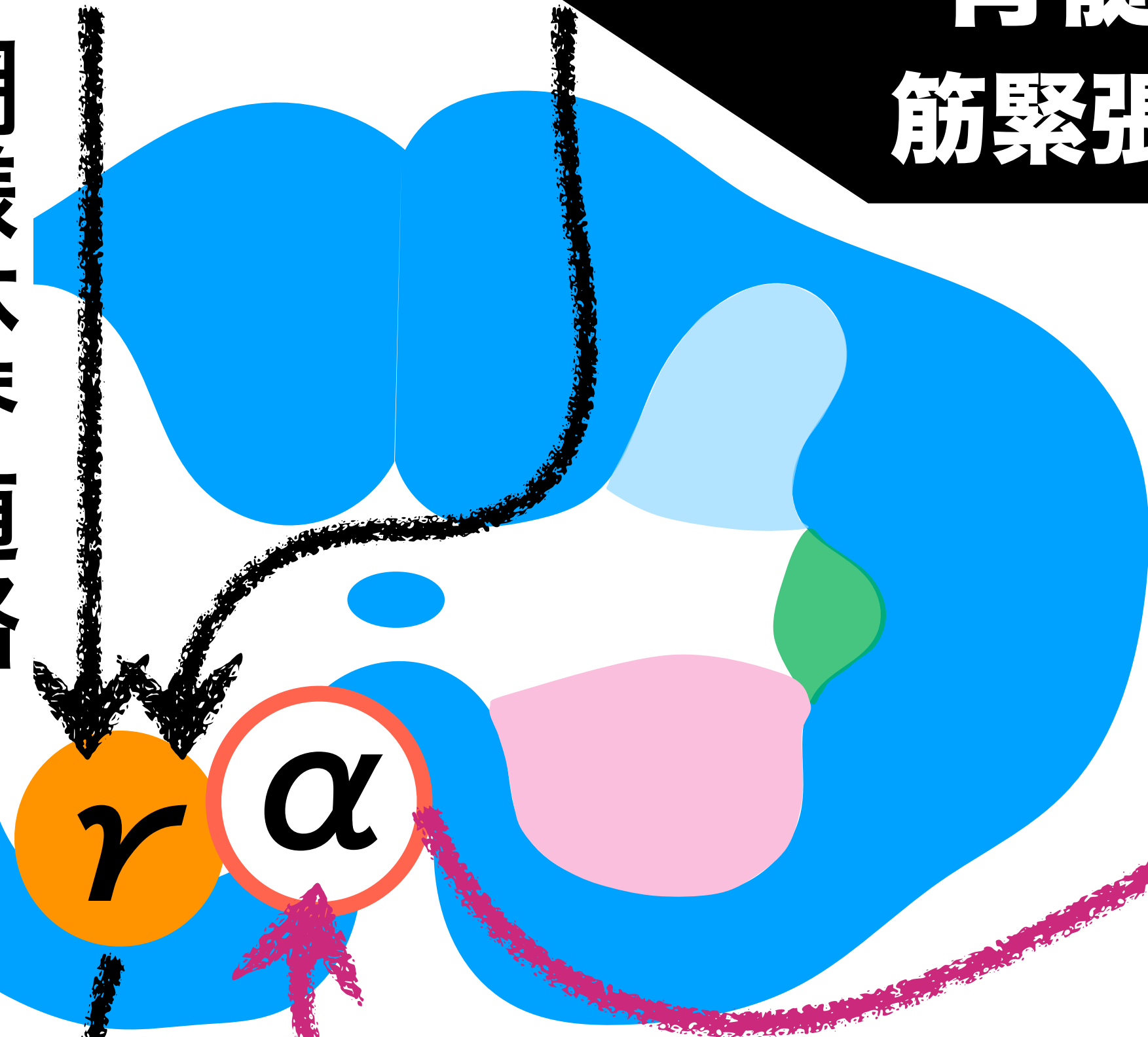
重心保持システム

歩行機能における
重心保持能力に必要な
情報を脊髄に送る



脊髄機能 筋緊張制御系

網様体脊髄路

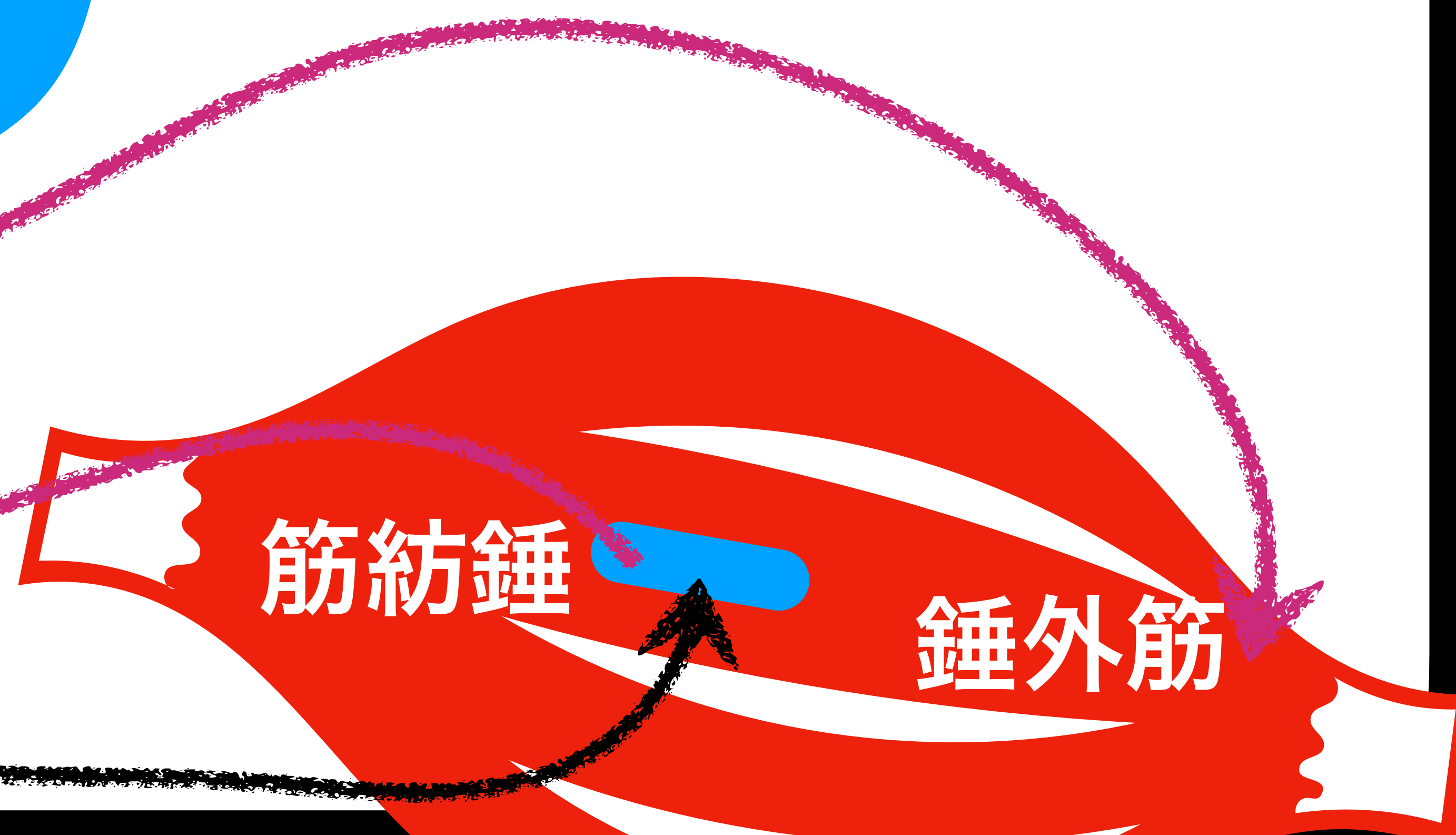


- 網様体脊髄路は γ 運動ニューロンを支配
- γ 運動Nは筋紡錘の感度を調整する
- 伸張反射のメカニズムで筋緊張を制御

I a/II

筋紡錘

錘外筋



脳幹機能 筋緊張制御系

中脳歩行
誘発野
MLR

促通

青斑核
縫線核

抑制

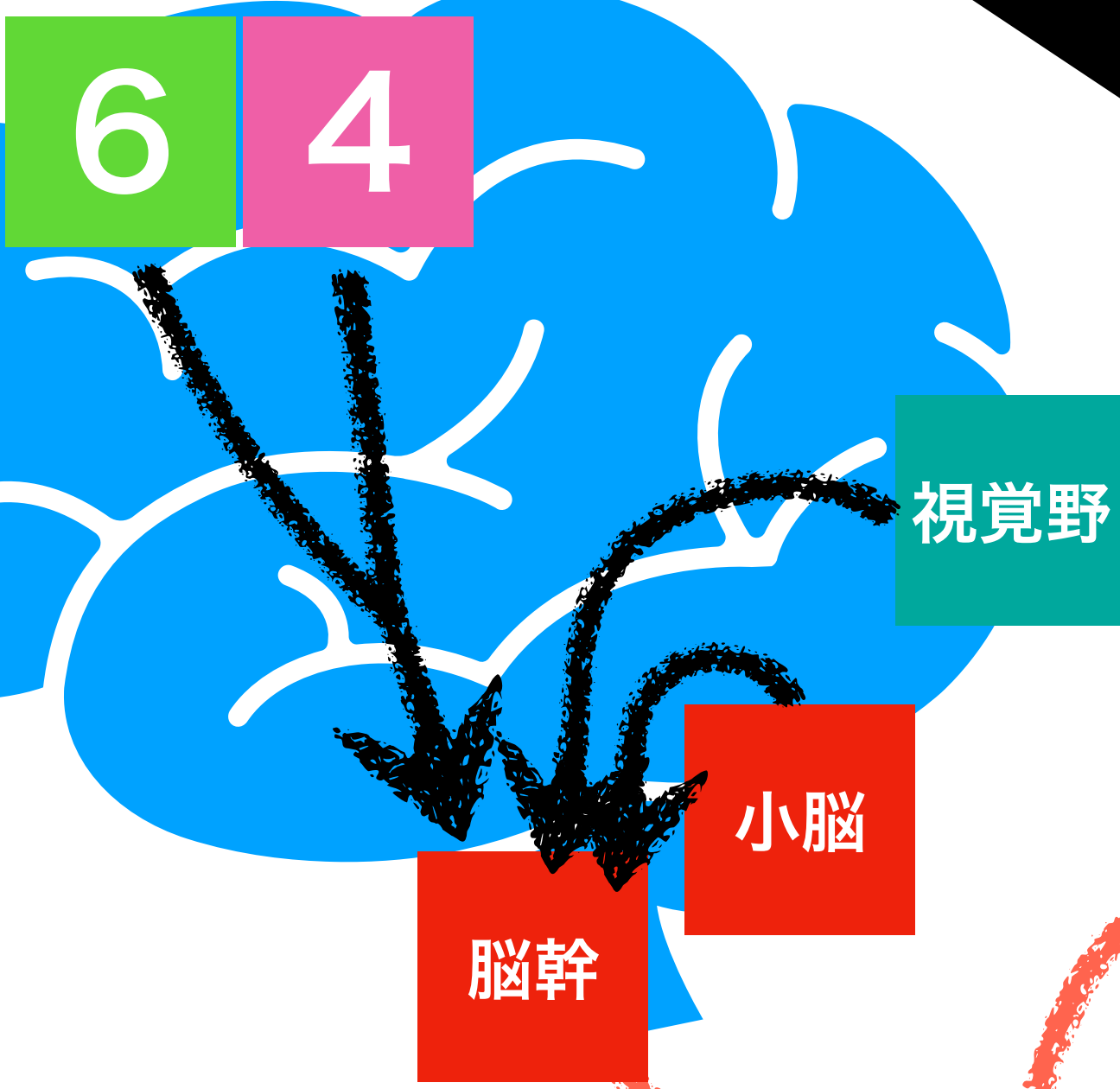
脚橋被蓋核
PPN

- 脳幹には筋緊張**促通系**と**抑制系**がある
- 2つの間では“**相互抑制**”が働く
- MLRは筋緊張に作用する

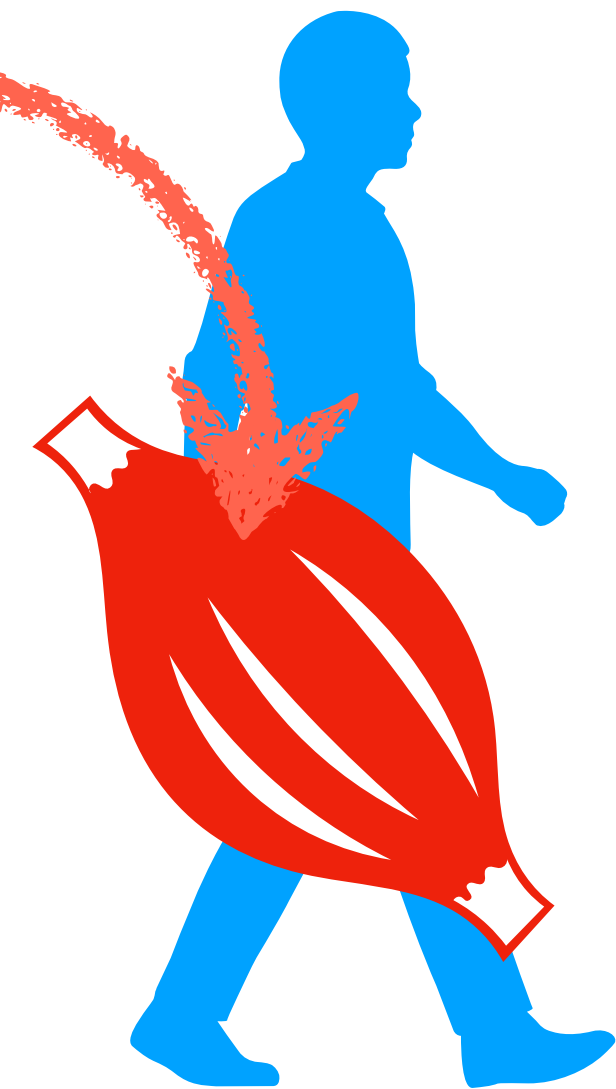
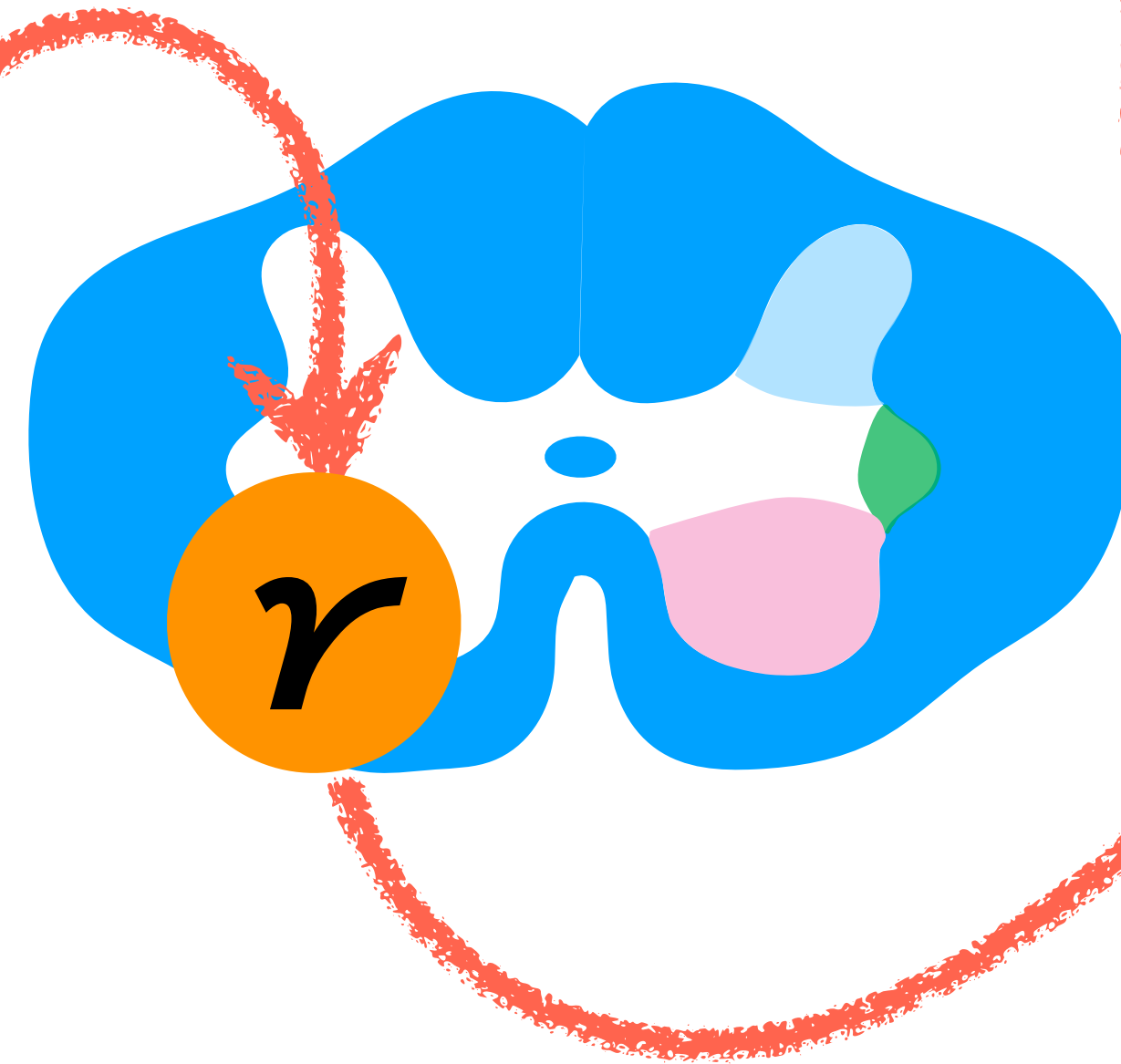
γ

歩行機能 神経システム

補足運動野
運動前野
運動野

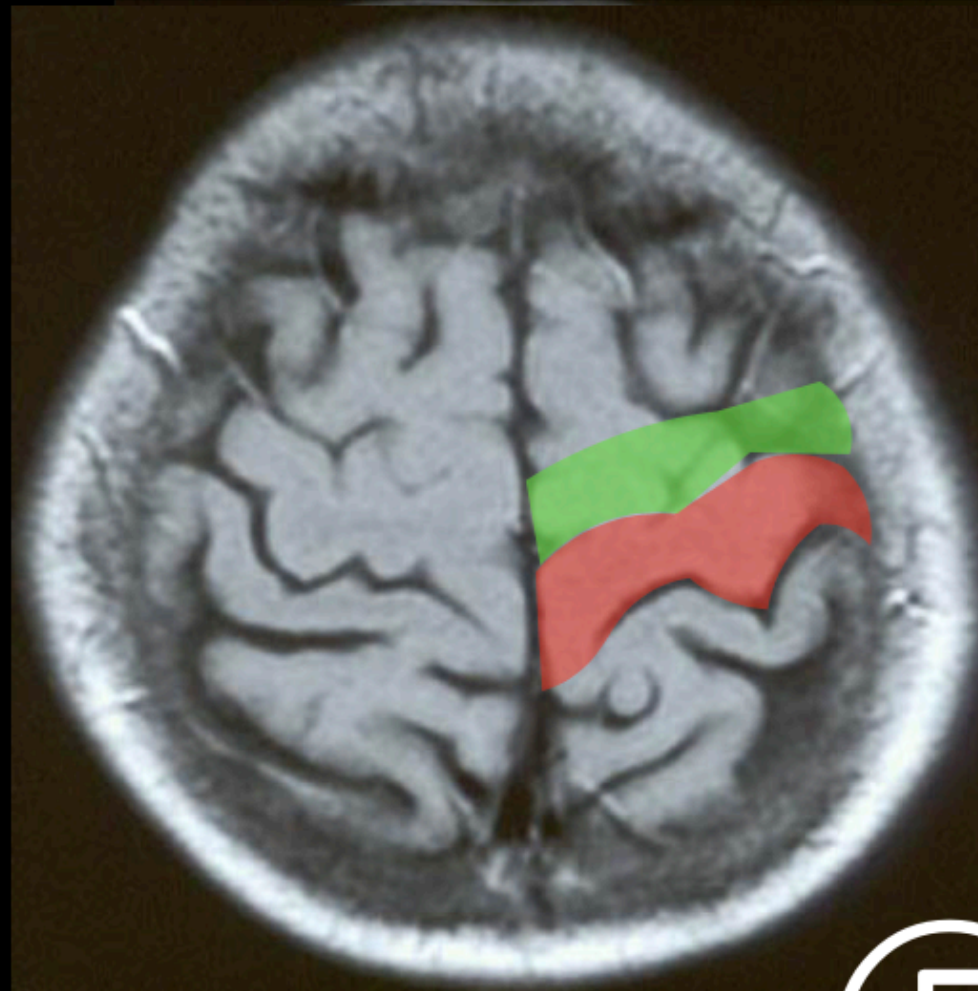


重心保持システム
重心保持能力（立脚期）
に必要な姿勢筋緊張
の制御を行う

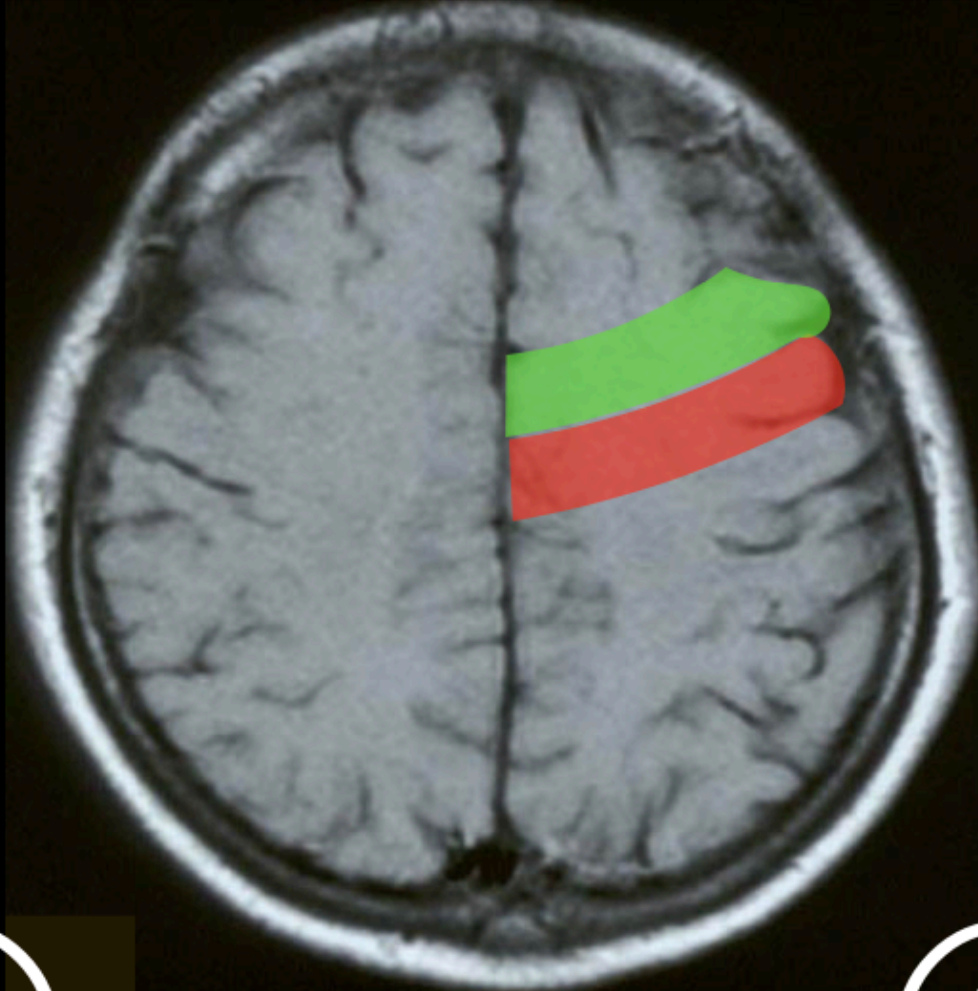


運動麻痺 + 痙性の脳画像

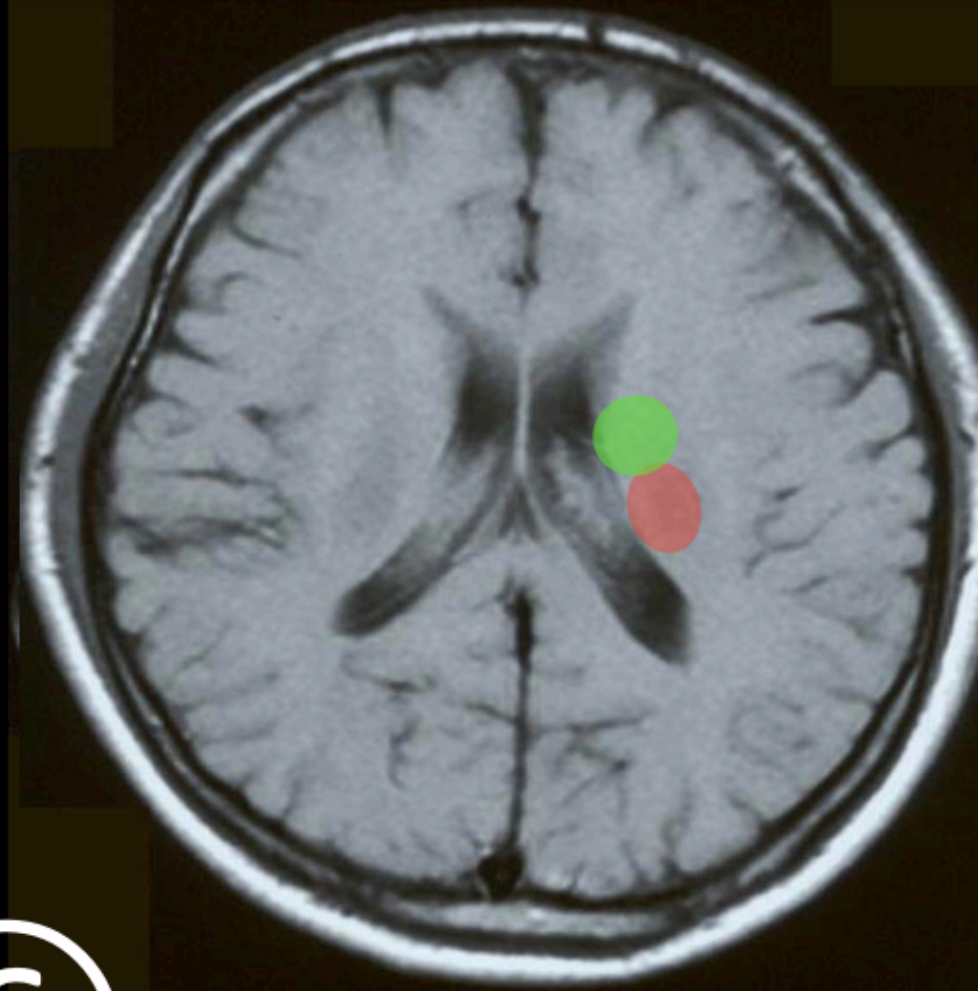
①



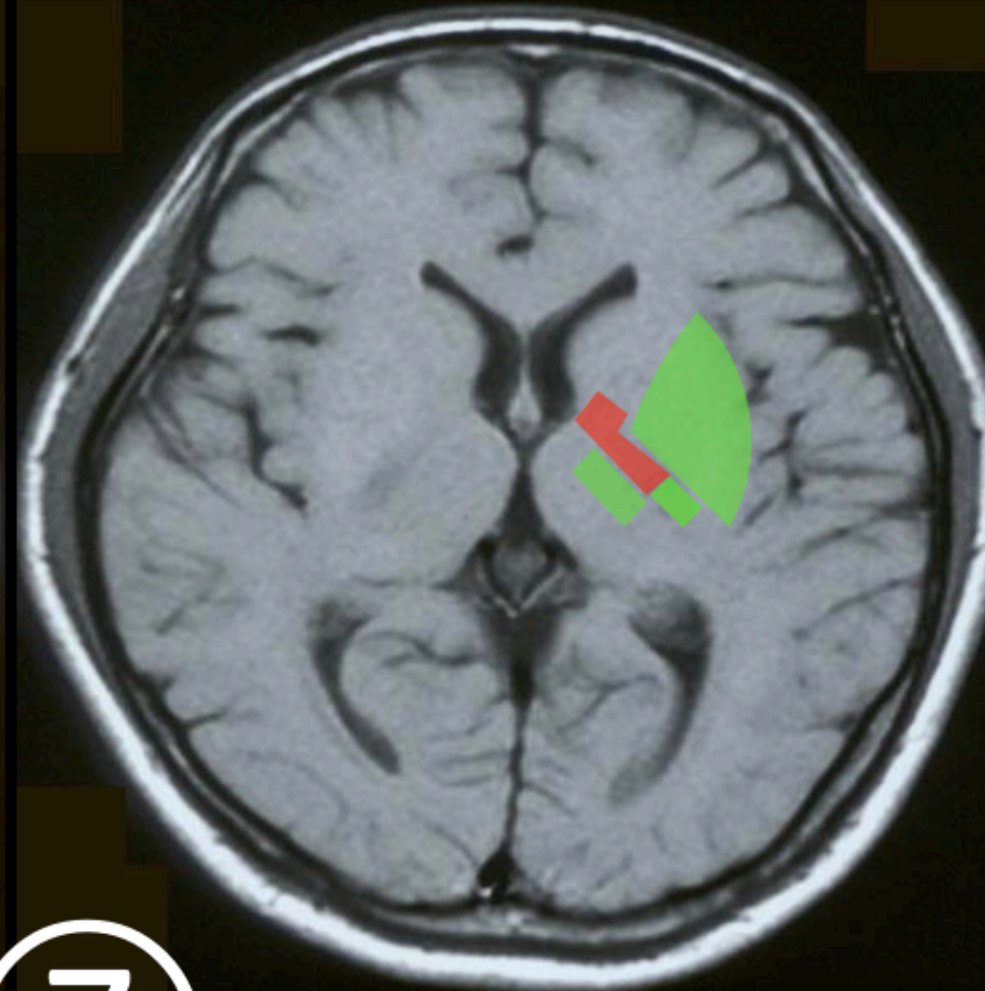
②



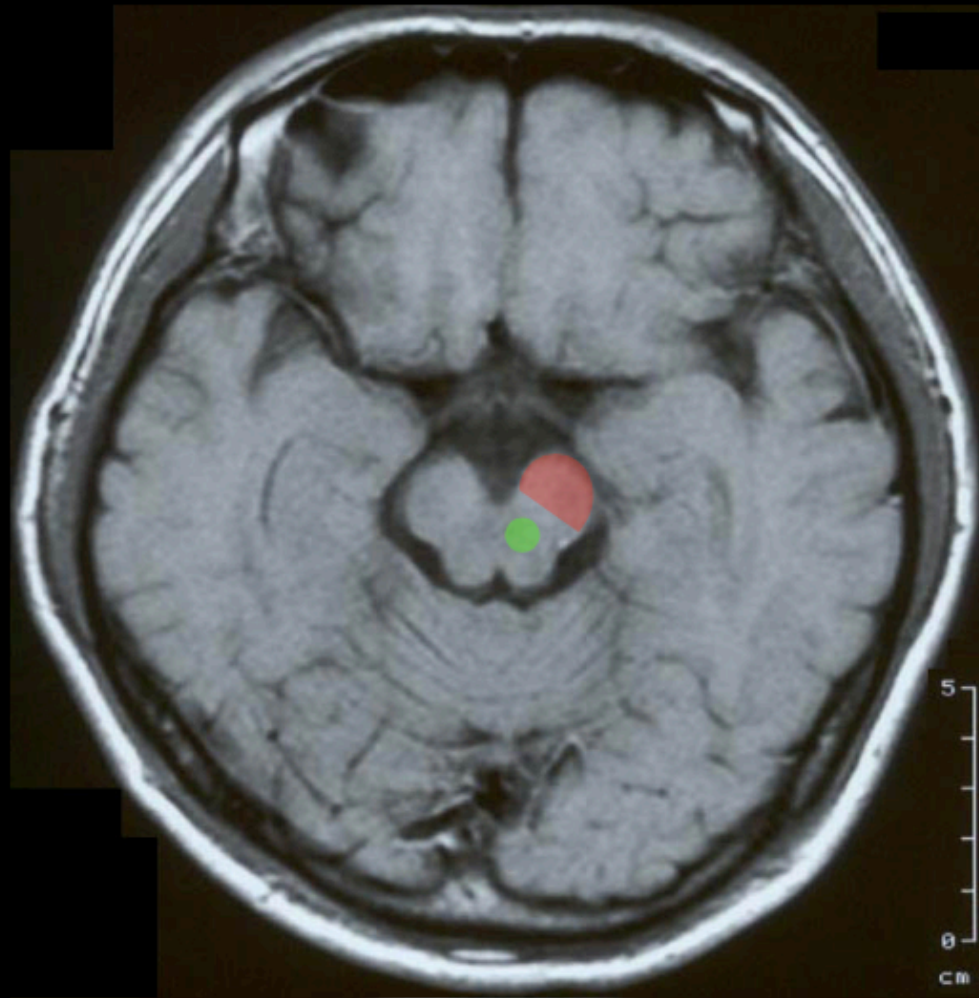
③



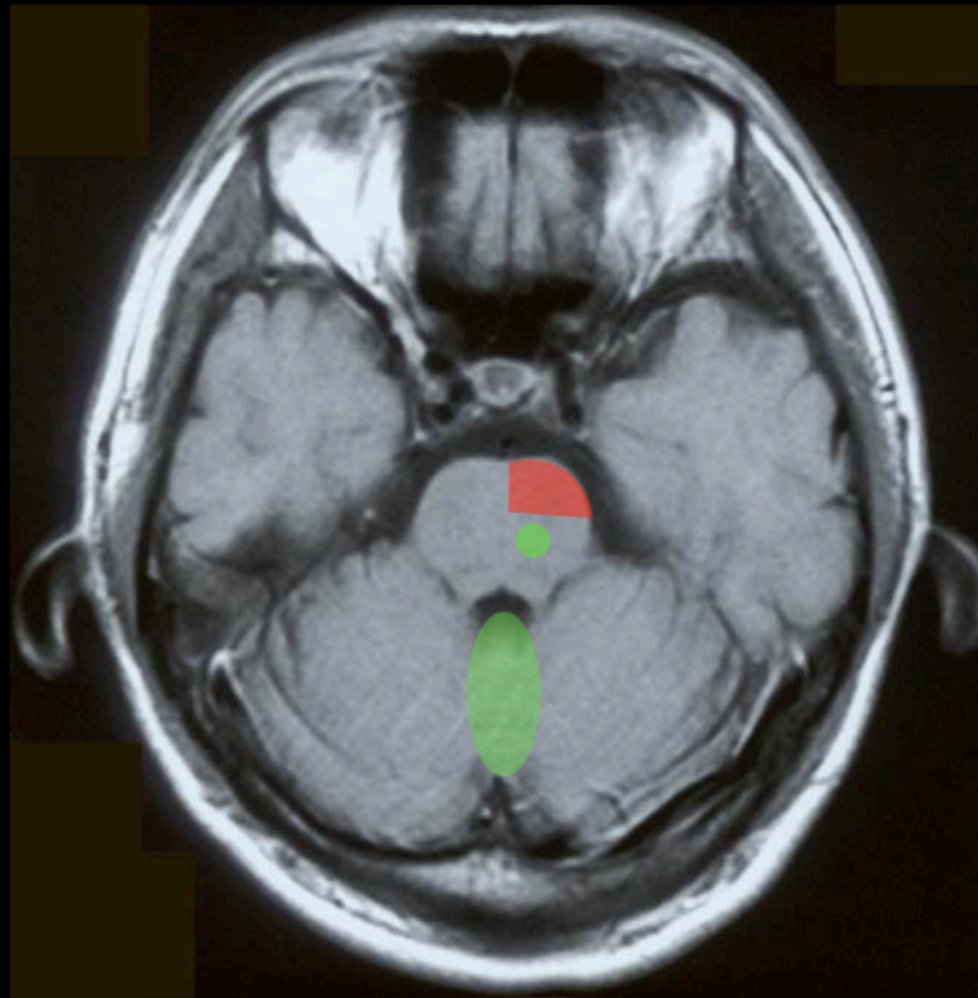
④



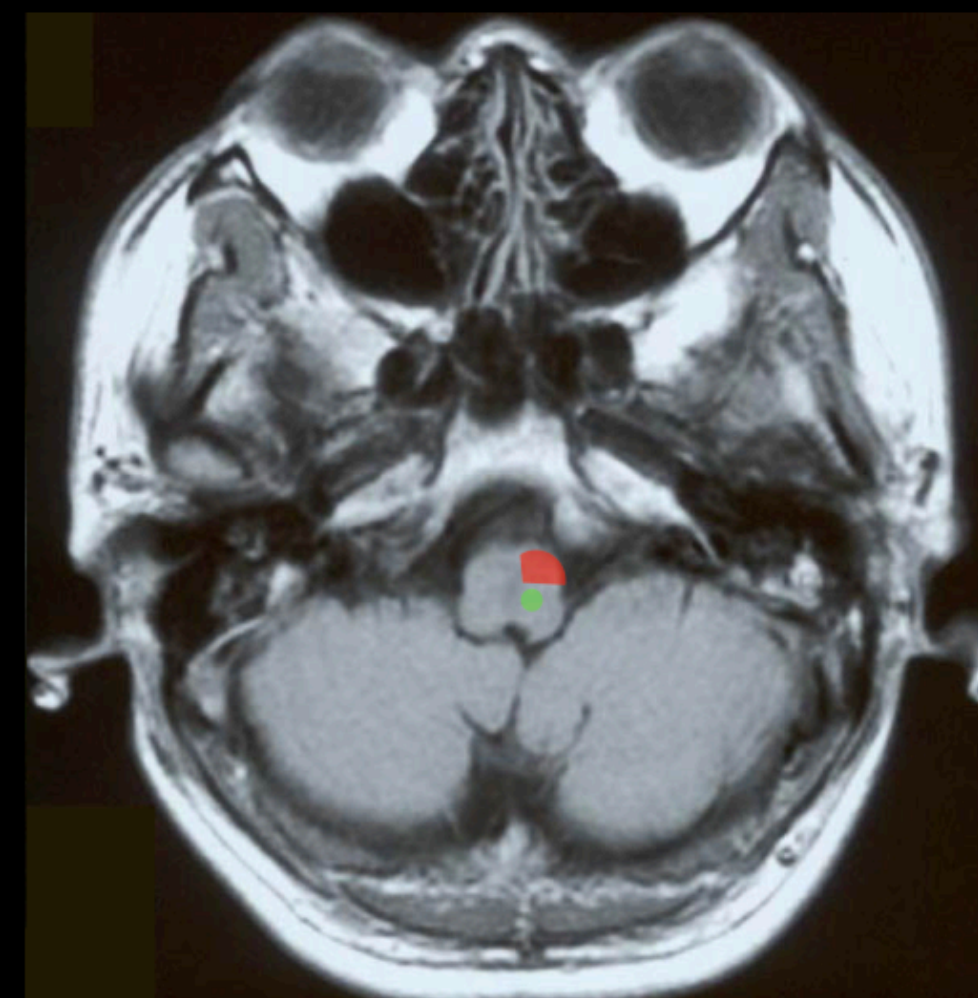
⑤

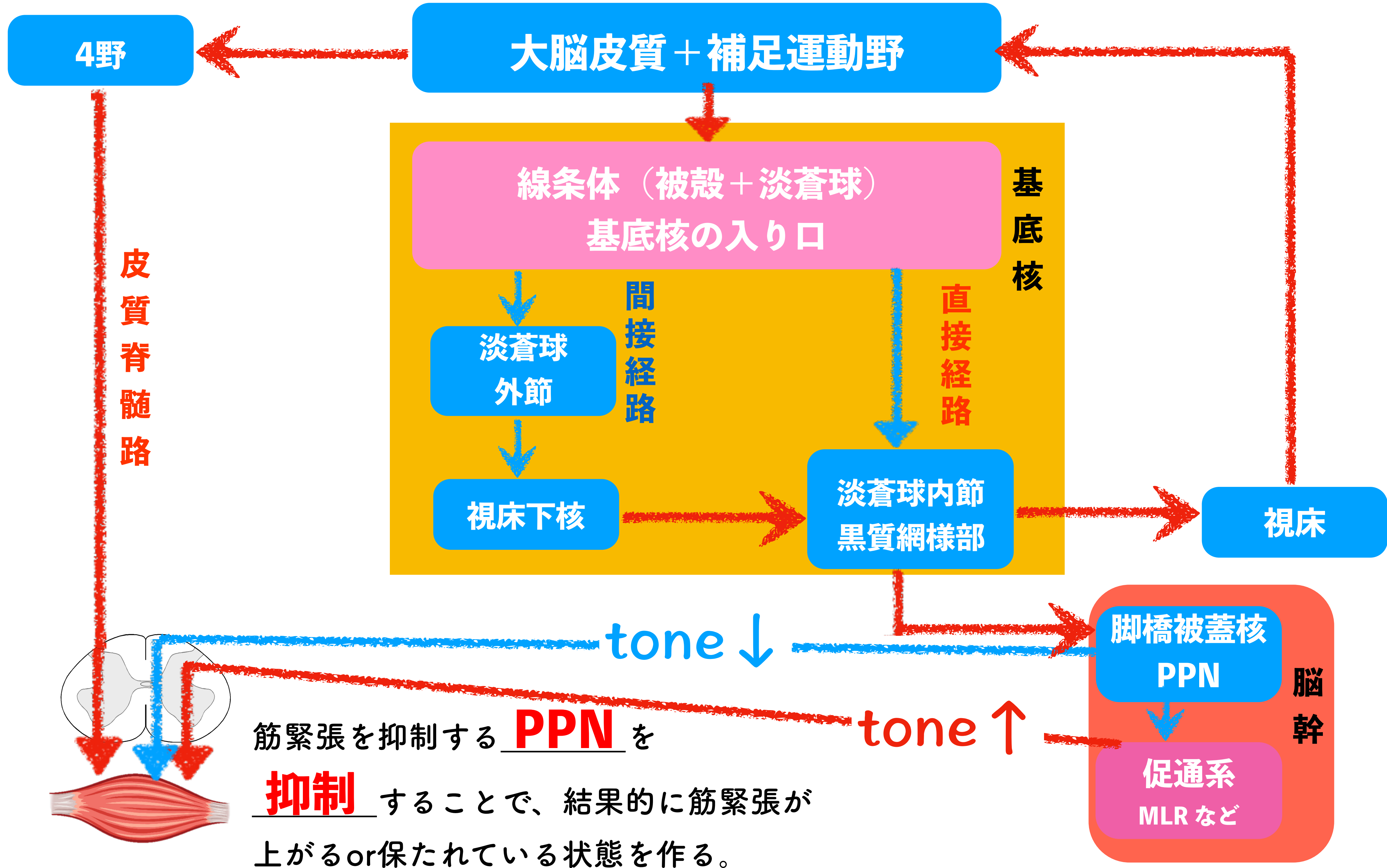


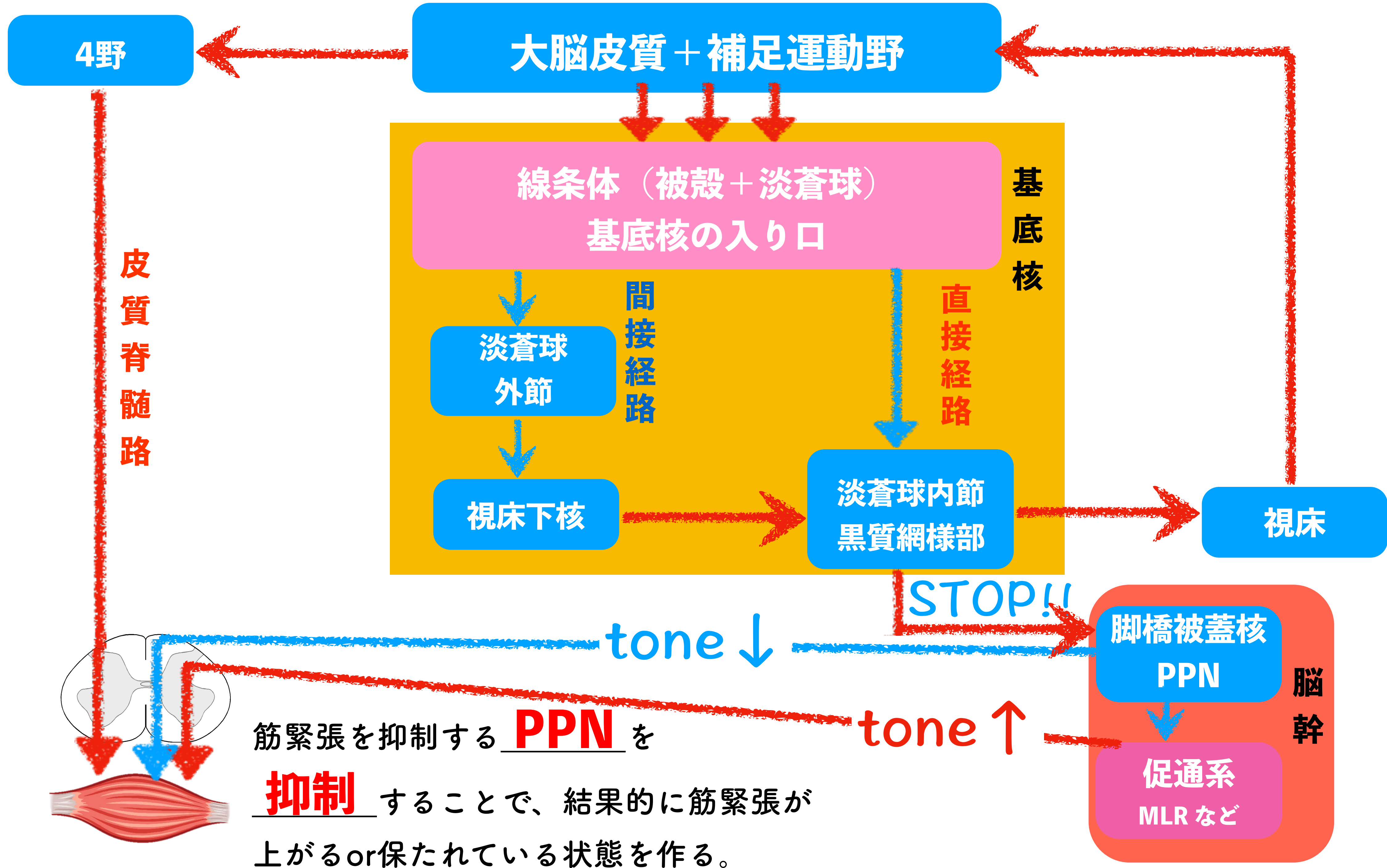
⑥



⑦

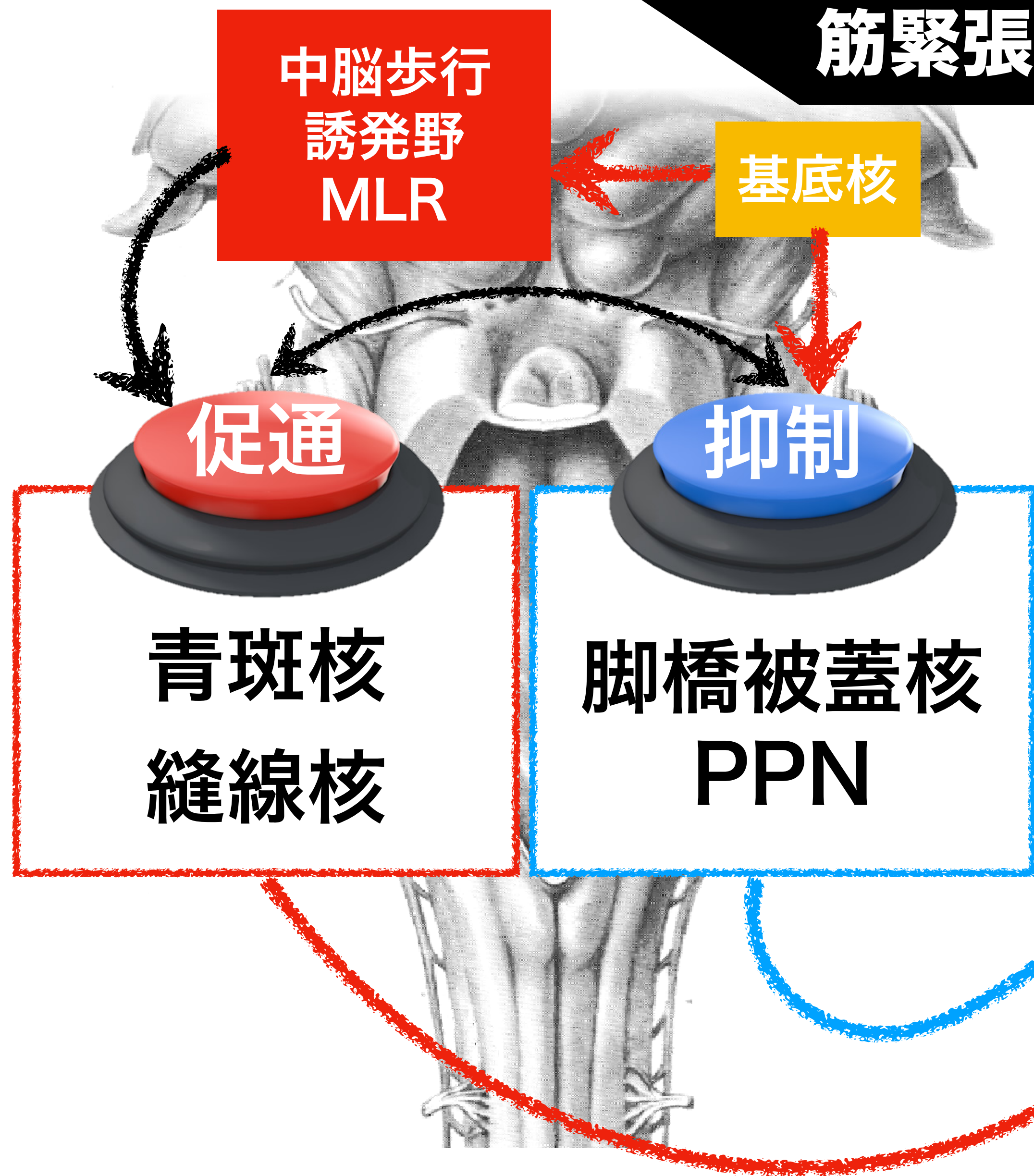




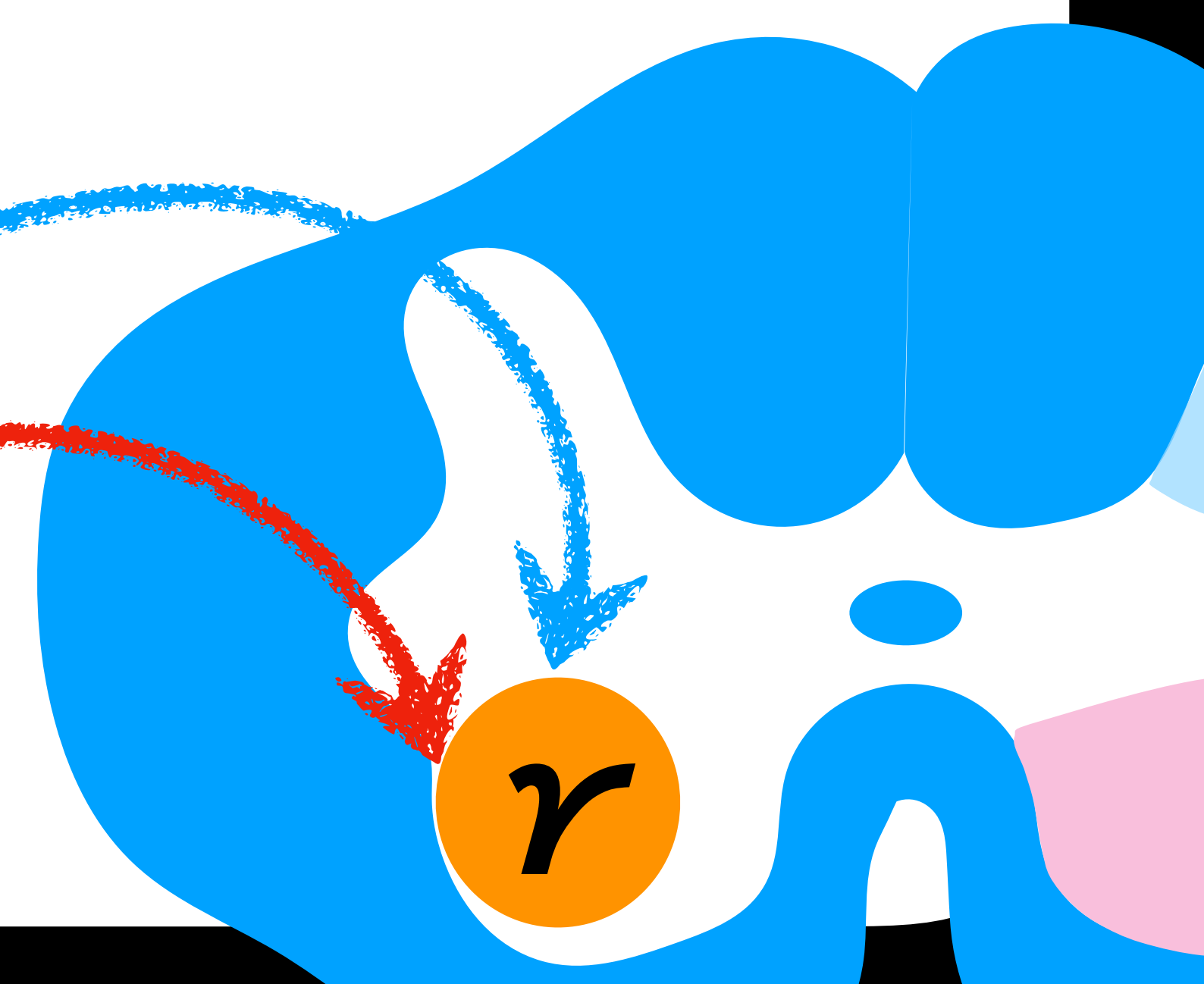


基底核—脳幹機能

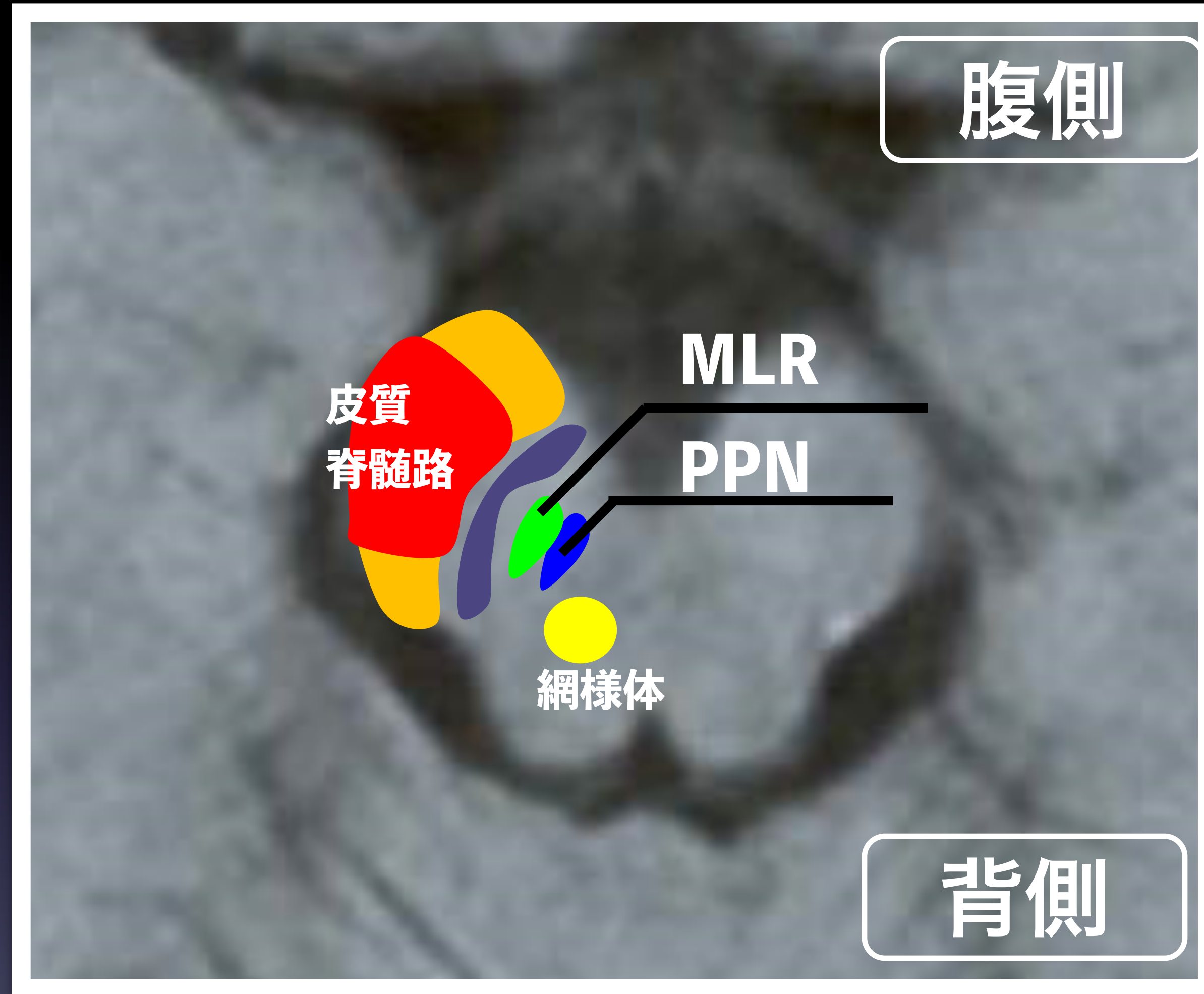
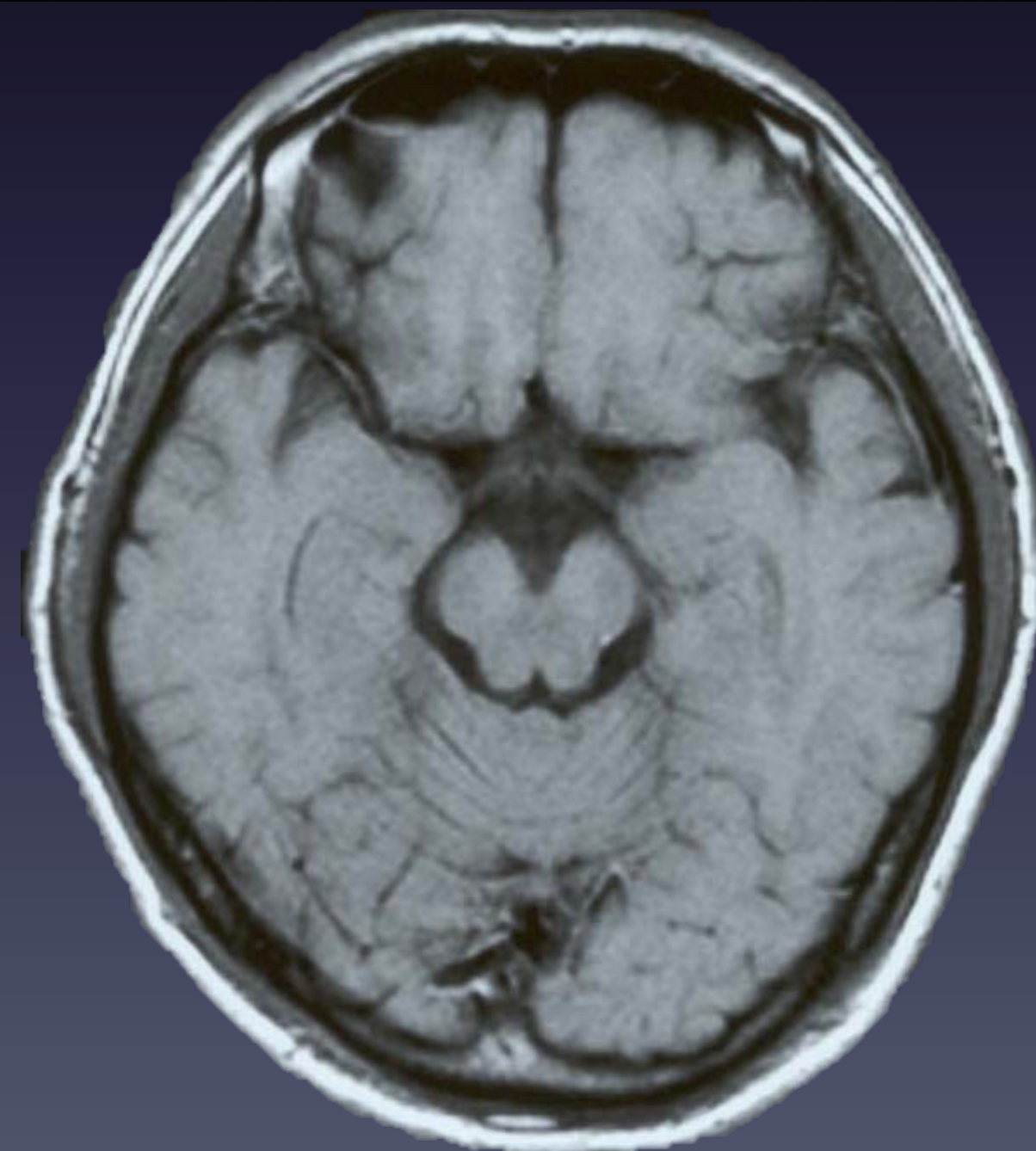
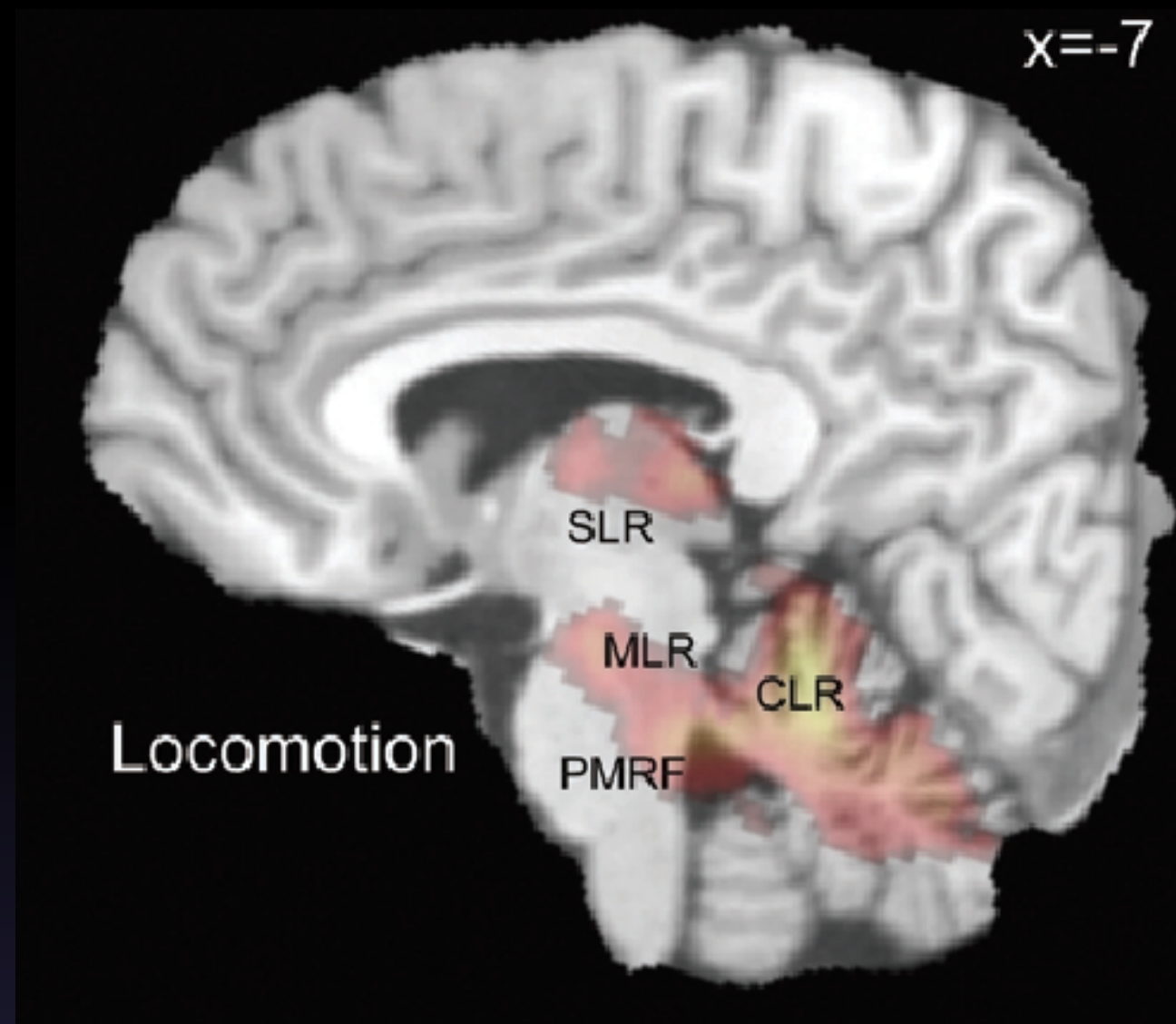
筋緊張制御系



- 基底核はPPNに対してブレーキの作用を持つ
- 中脳歩行誘発野を刺激する皮質からの運動指令をコントロール



中脳レベル

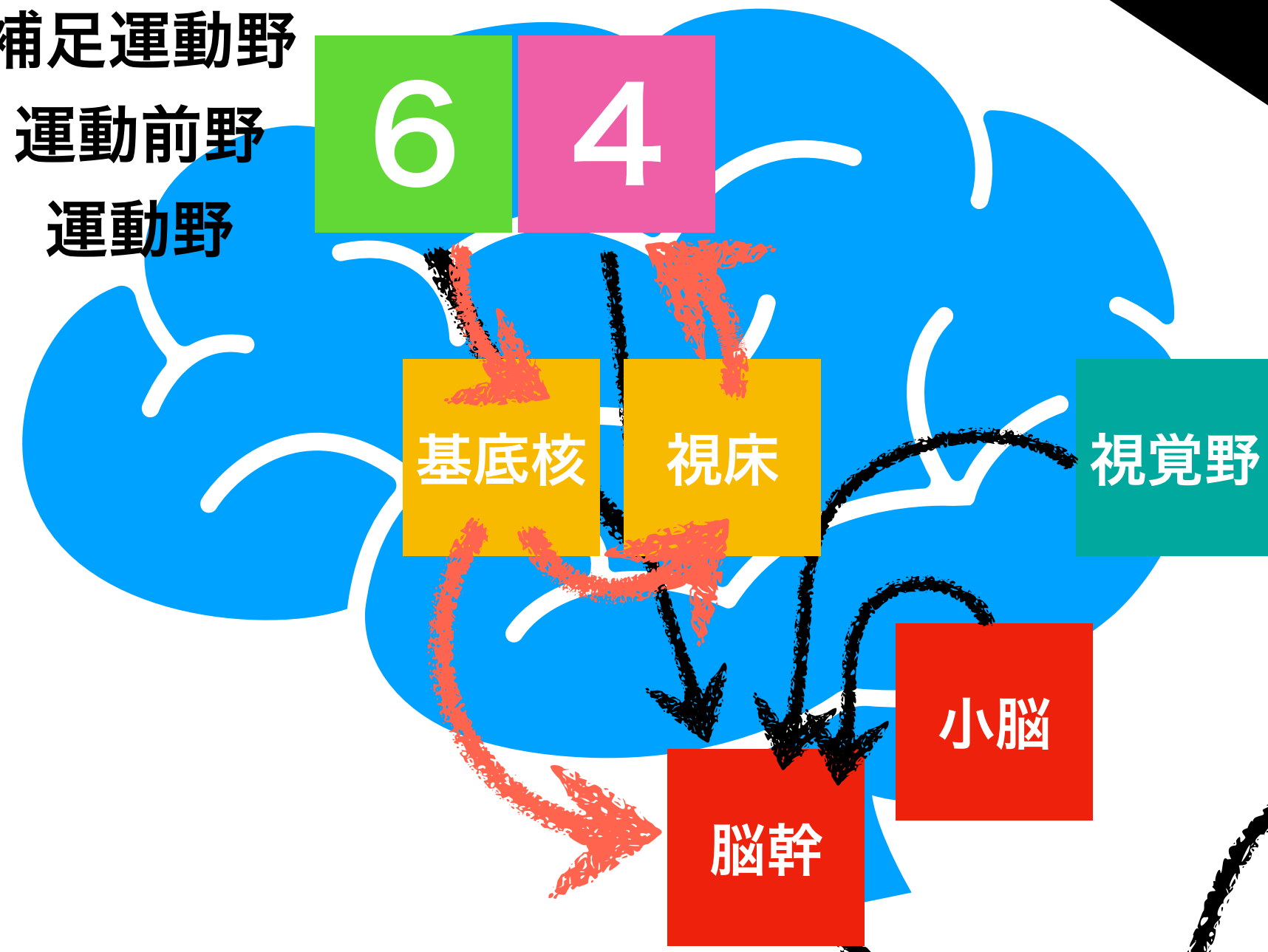


MLR:中脳歩行誘発野 (筋緊張促通系)

PPN:脚橋被蓋核 (筋緊張抑制系)

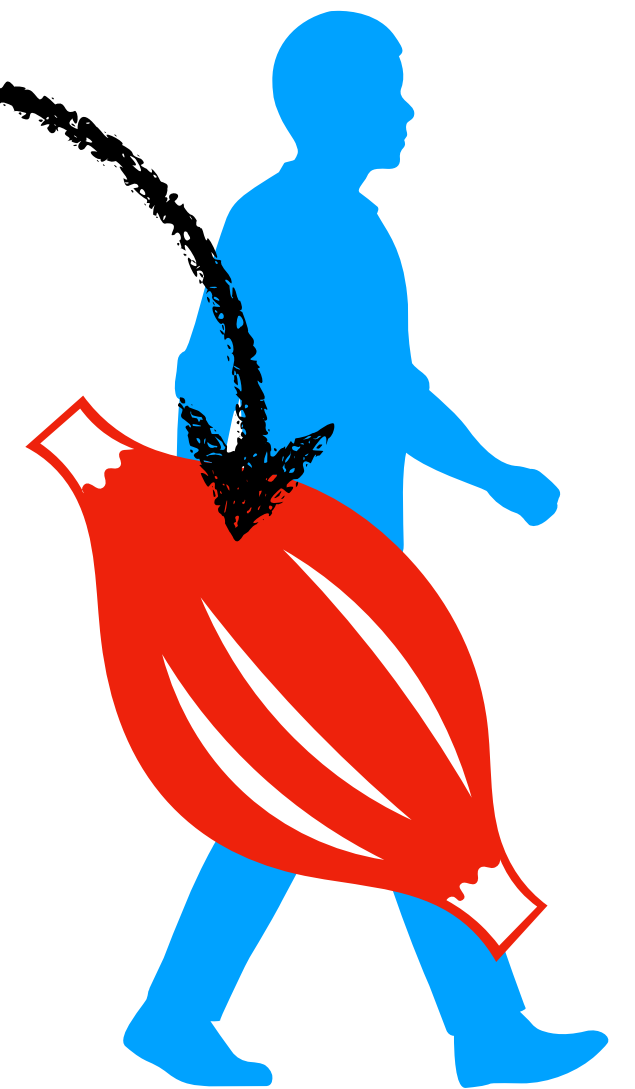
歩行機能 神経システム

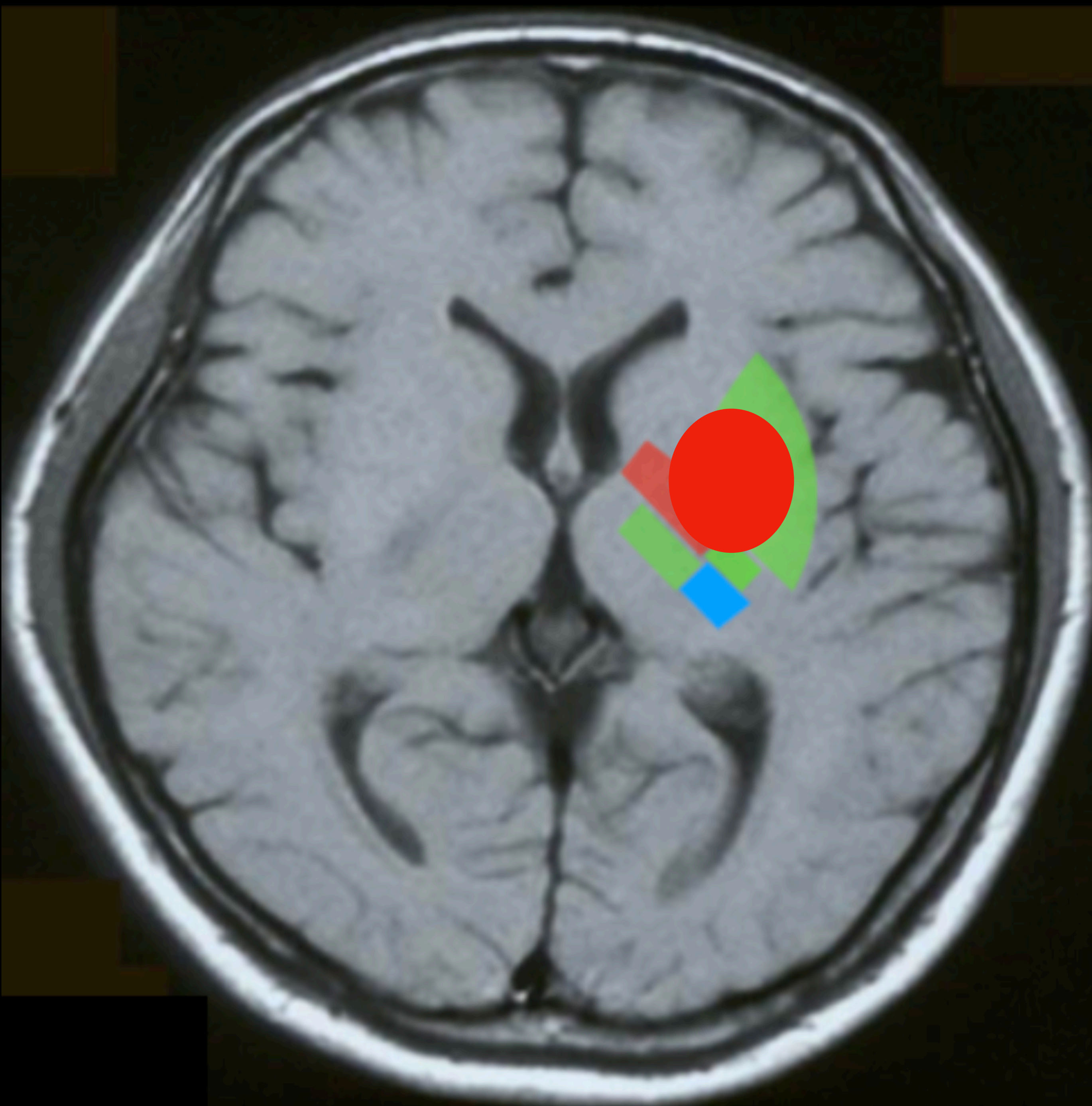
補足運動野
運動前野
運動野



重心移動システム

基底核のブレーキ作用
による運動の開始・停止
筋緊張制御に関与

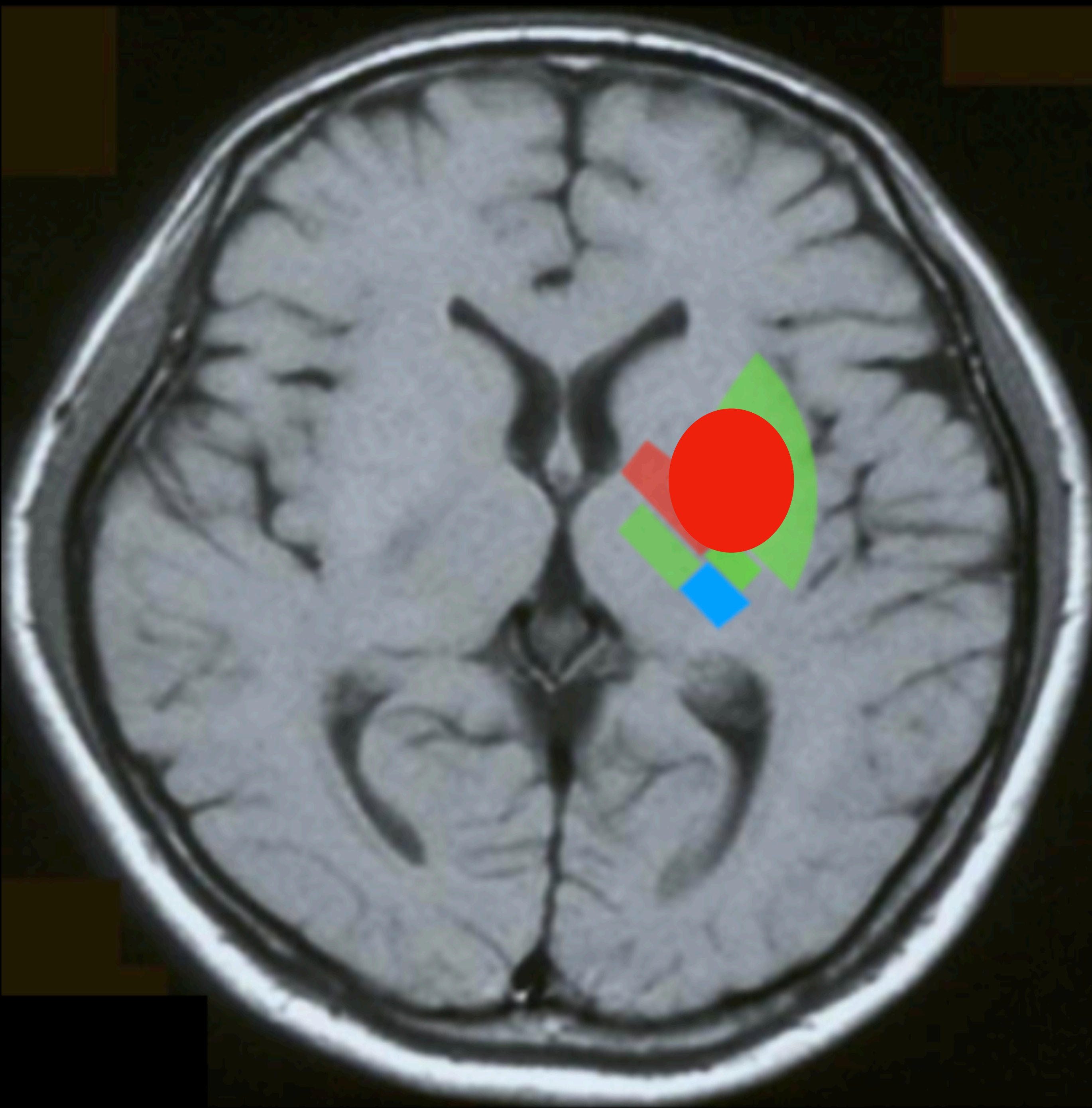




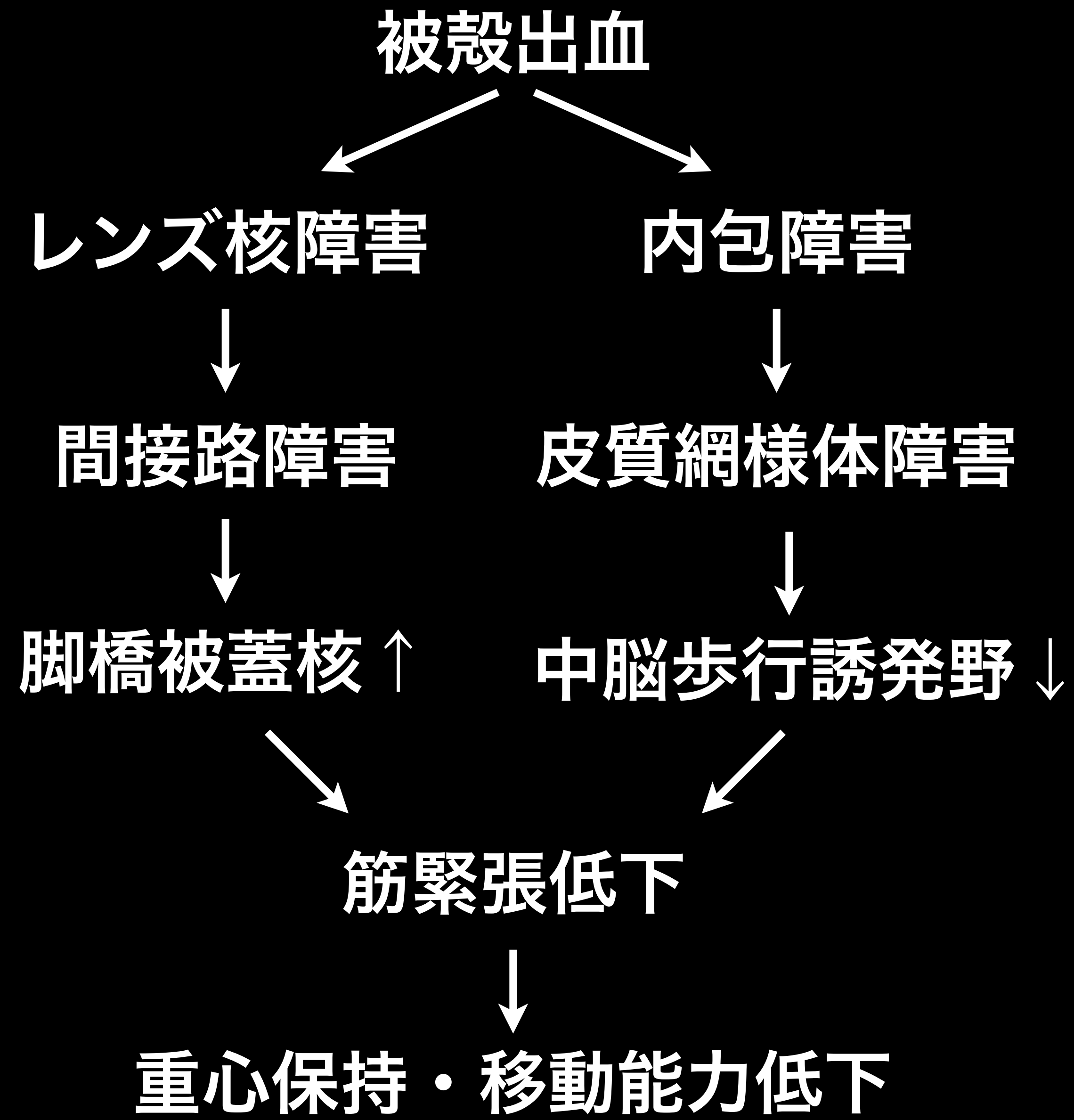
どんな下肢機能障害が起こる？

被殻出血





どんな下肢機能障害が起こる？

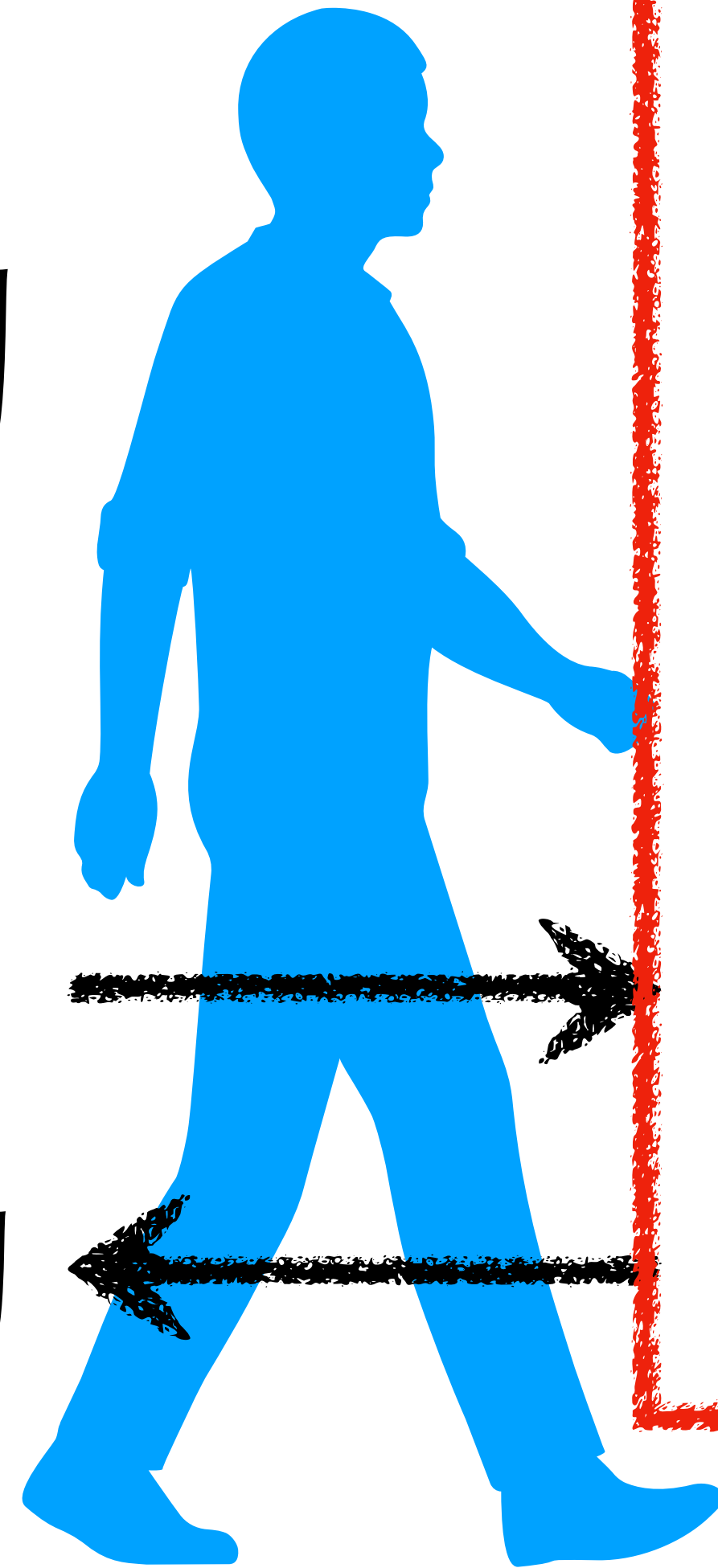


歩行機能
2つの視点

重心の
保持・移動



支持基底面内
での保持・移動



支持基底面
の生成



関節運動を伴う
運動出力

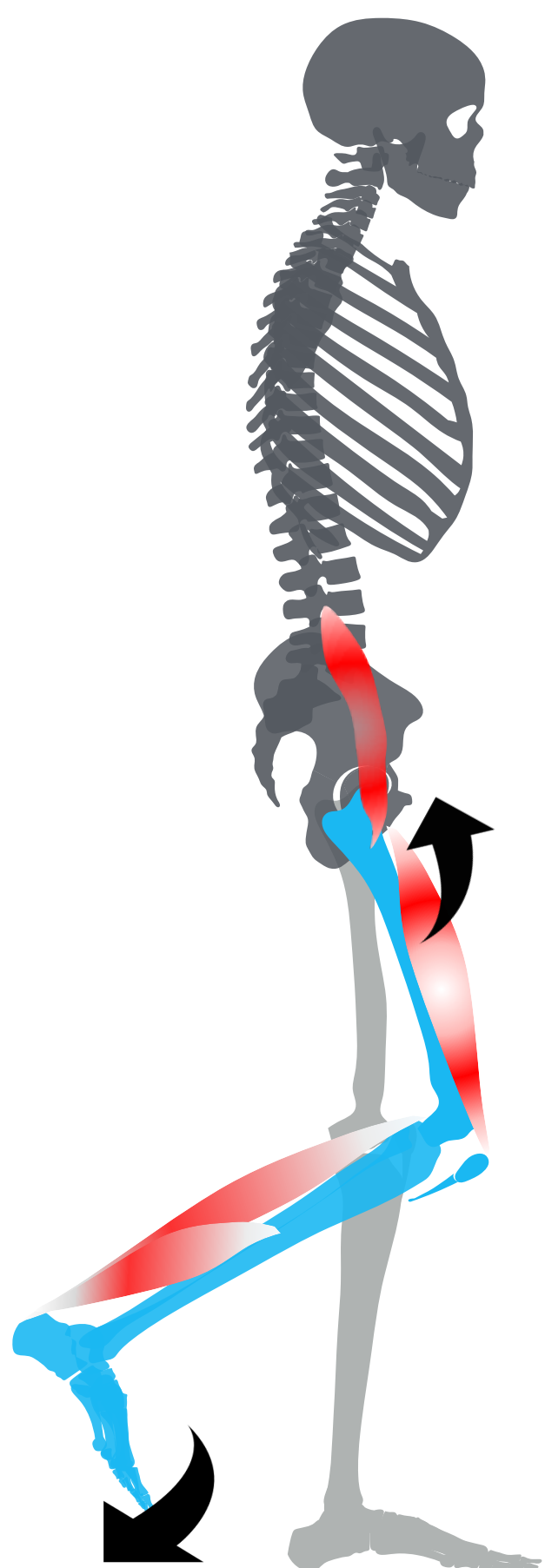
歩行機能 神経システム



swingにおける下肢コントロール

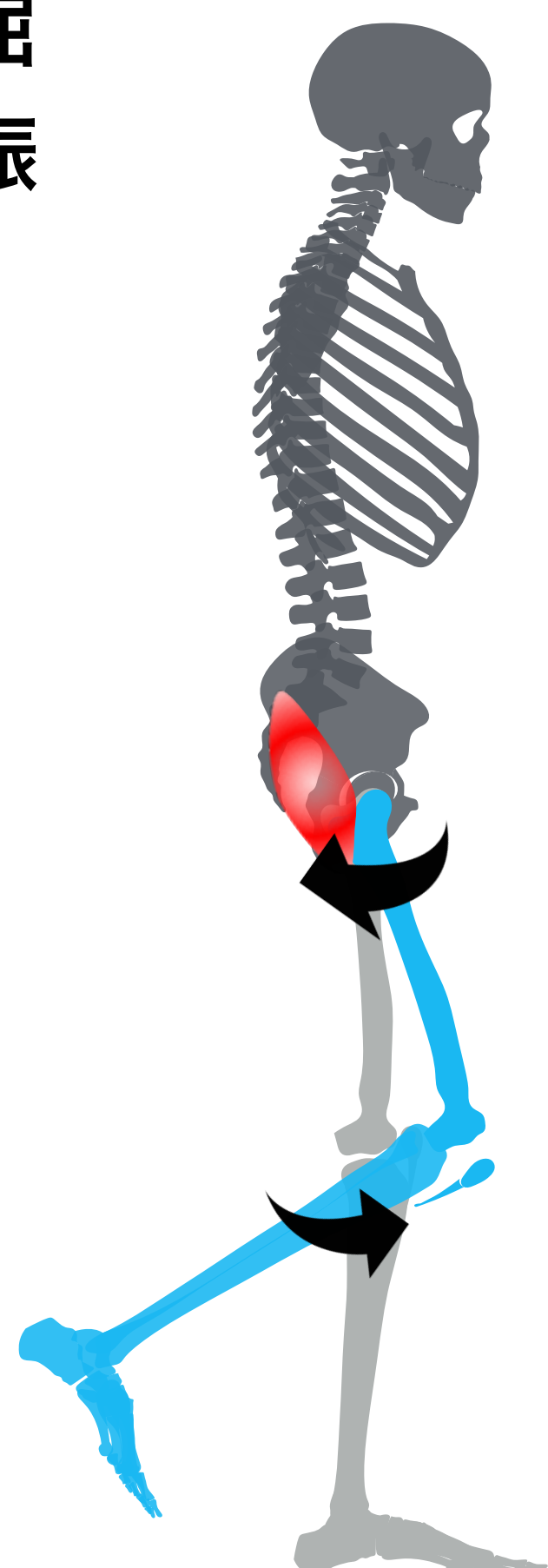
P.Sw
遊脚前期

底屈、股関節屈曲運動による振り出し



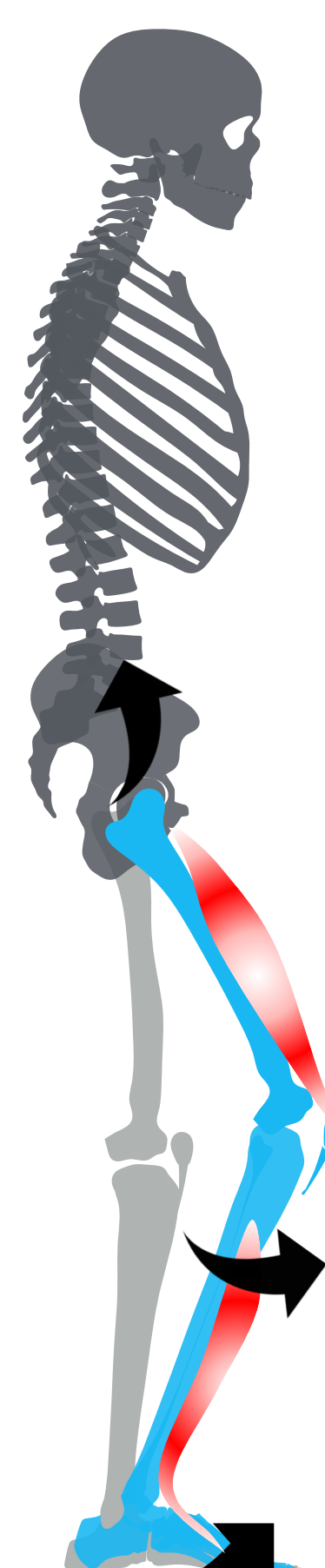
I.Sw
遊脚初期

大殿筋のブレーキ作用により下腿の振り出し↑



M.Sw
遊脚中期

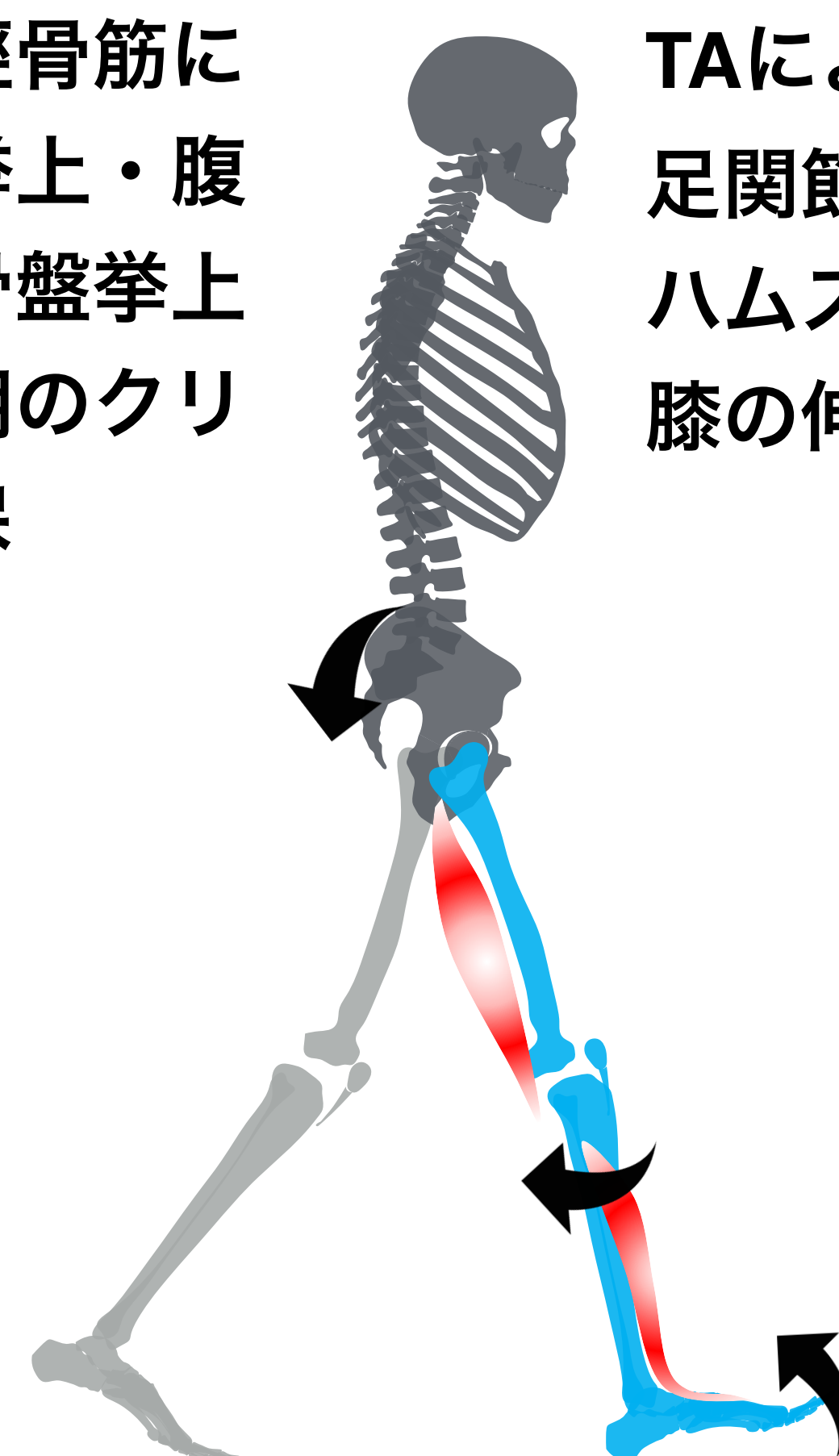
四頭筋、前脛骨筋による下肢の挙上・腹斜筋による骨盤挙上
が働き遊脚期のクリアランス確保



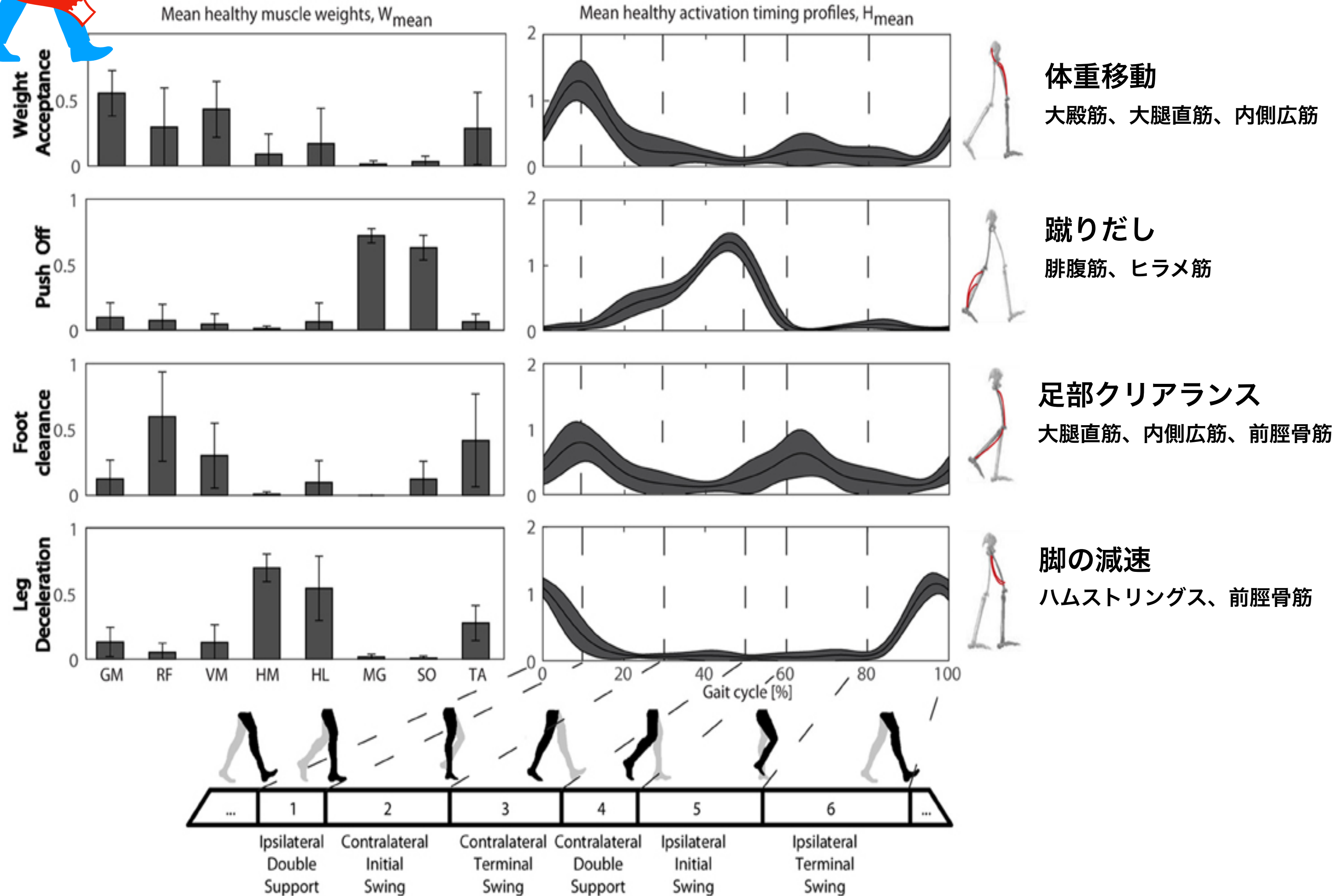
T.Sw
遊脚後期

I.C
足底接地

TAによる足関節背屈
ハムストによる膝の伸展

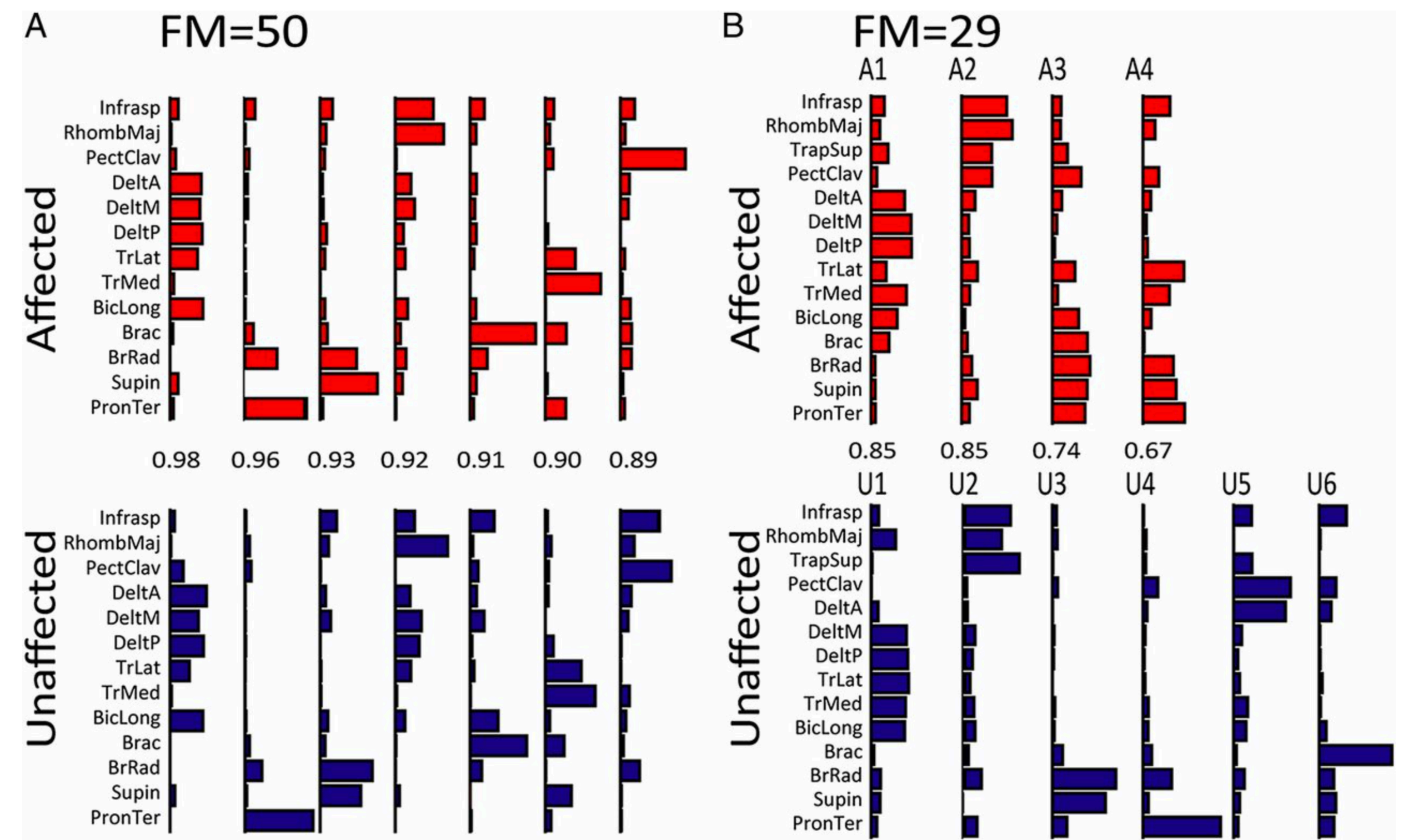
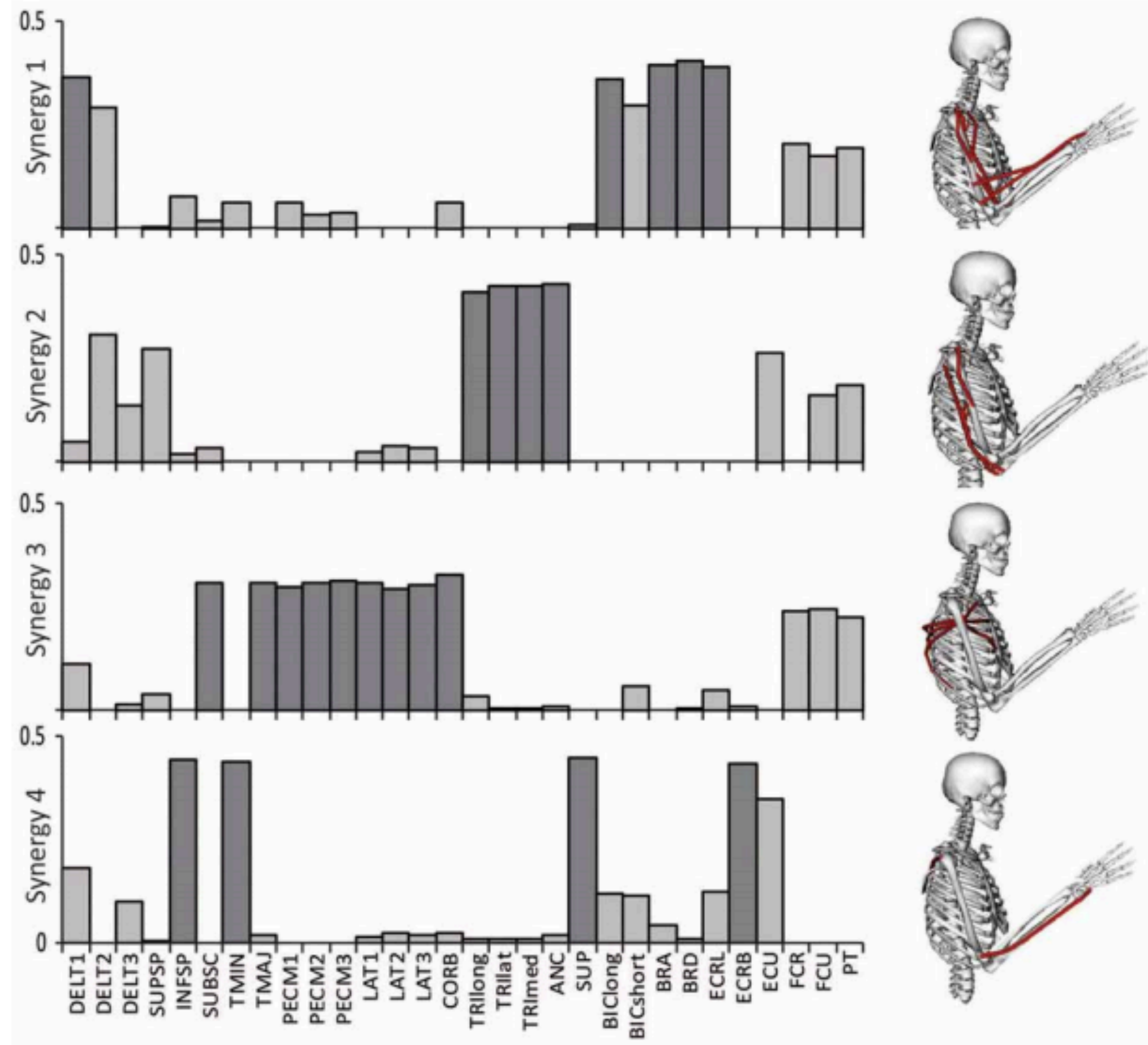


歩行機能 筋シナジー



歩行において時間的な筋活動パターンの比重が異なり、4つのパターンを示す。
歩行の筋シナジー
(組み合わせ)

リーチ機能 筋シナジー



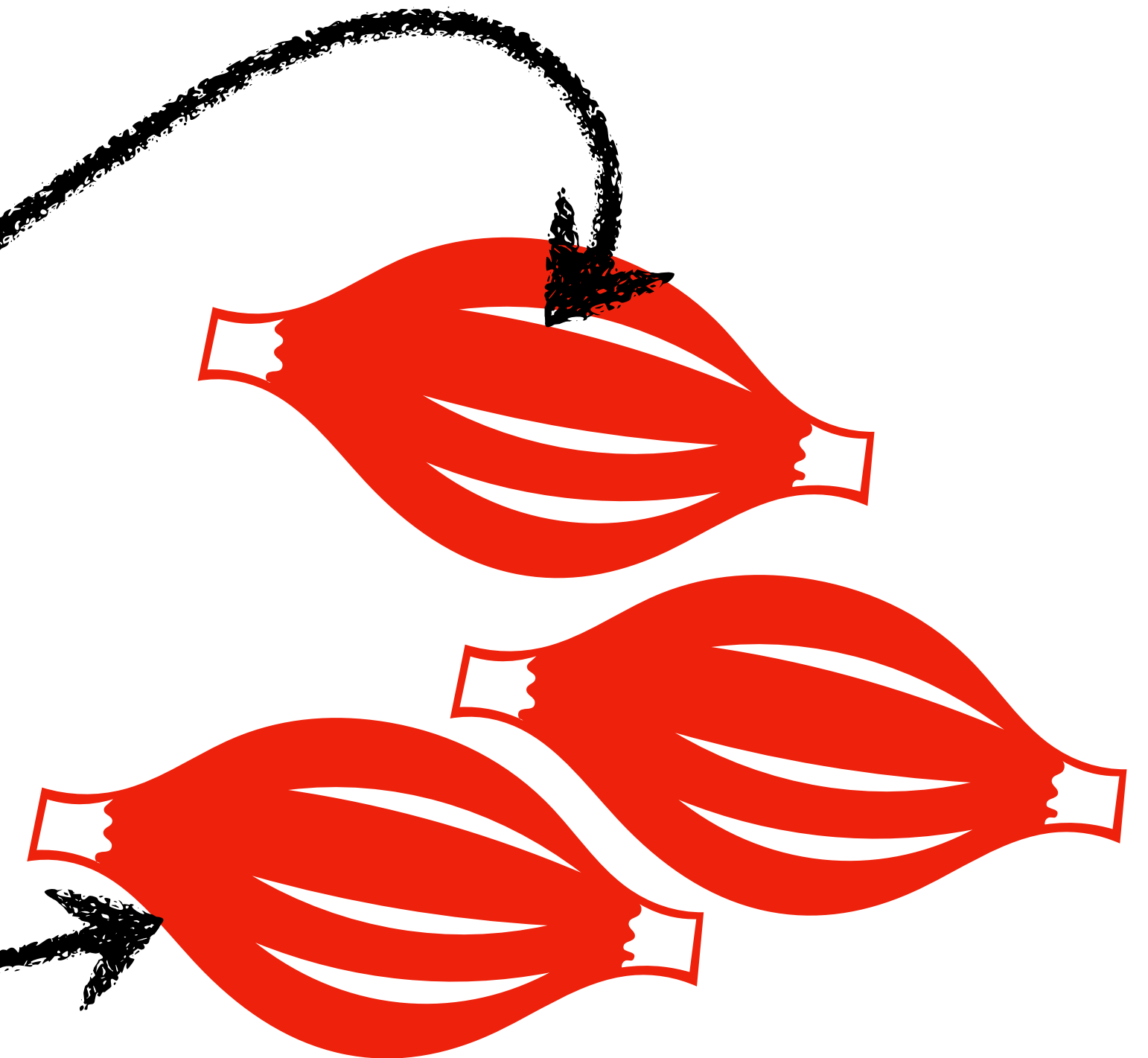
Katherine M. S, et al: The number and choice of muscles impact the results of muscle synergy analyses. *Front Comput Neurosci.* 2013; 7: 105

Vincent C. K. Cheung et al: Muscle synergy patterns as physiological markers of motor cortical damage. *PNAS* September 4, 2012 109 (36) 14652-14656

脊髄機能 CPG (出力)



- CPGは**リズム生成器**と**パターン生成器**の2つの介在ニューロンの作用がある
- この働きにより**筋活動の組み合わせ** (**筋シナジー**) が円滑となる



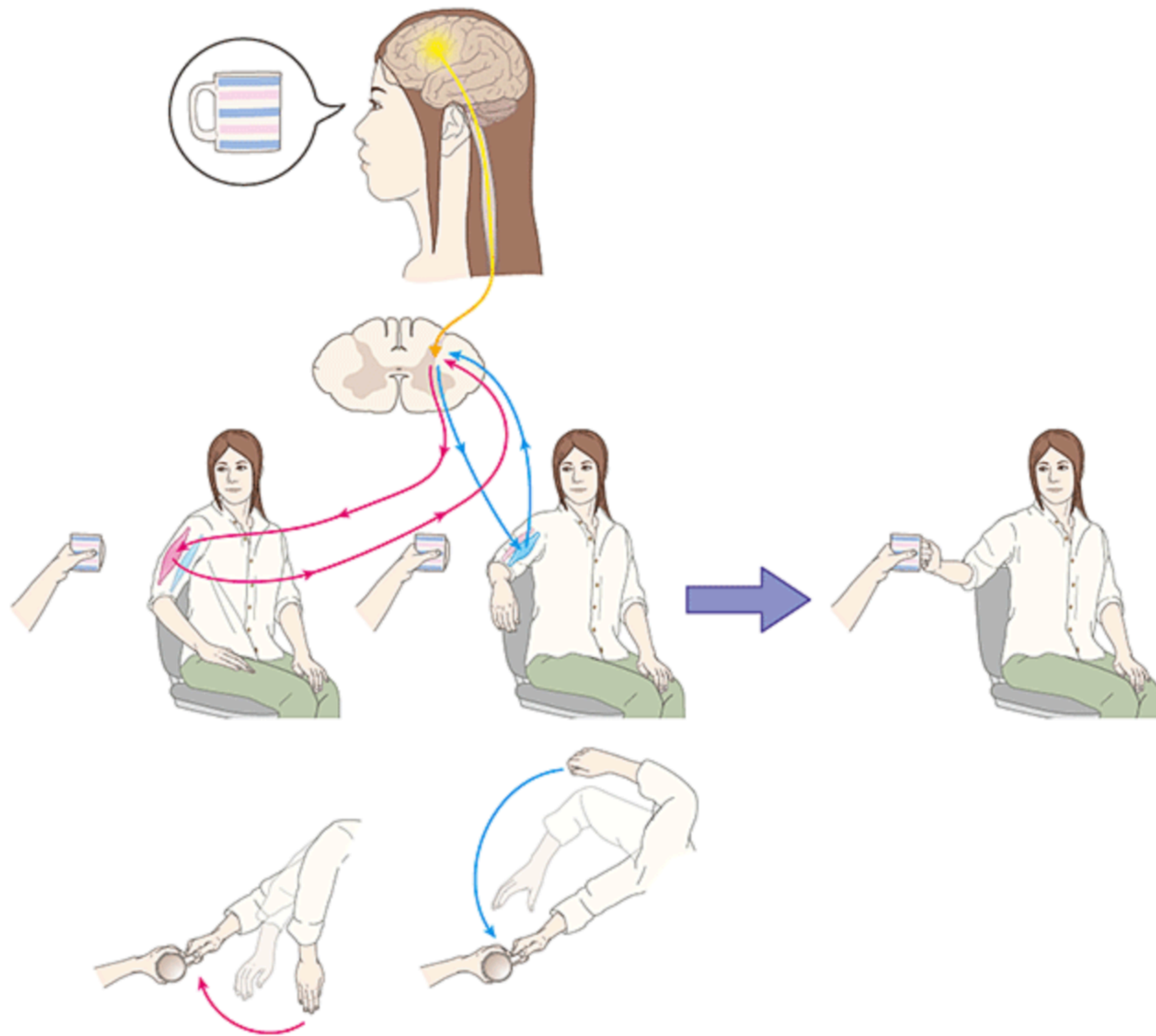
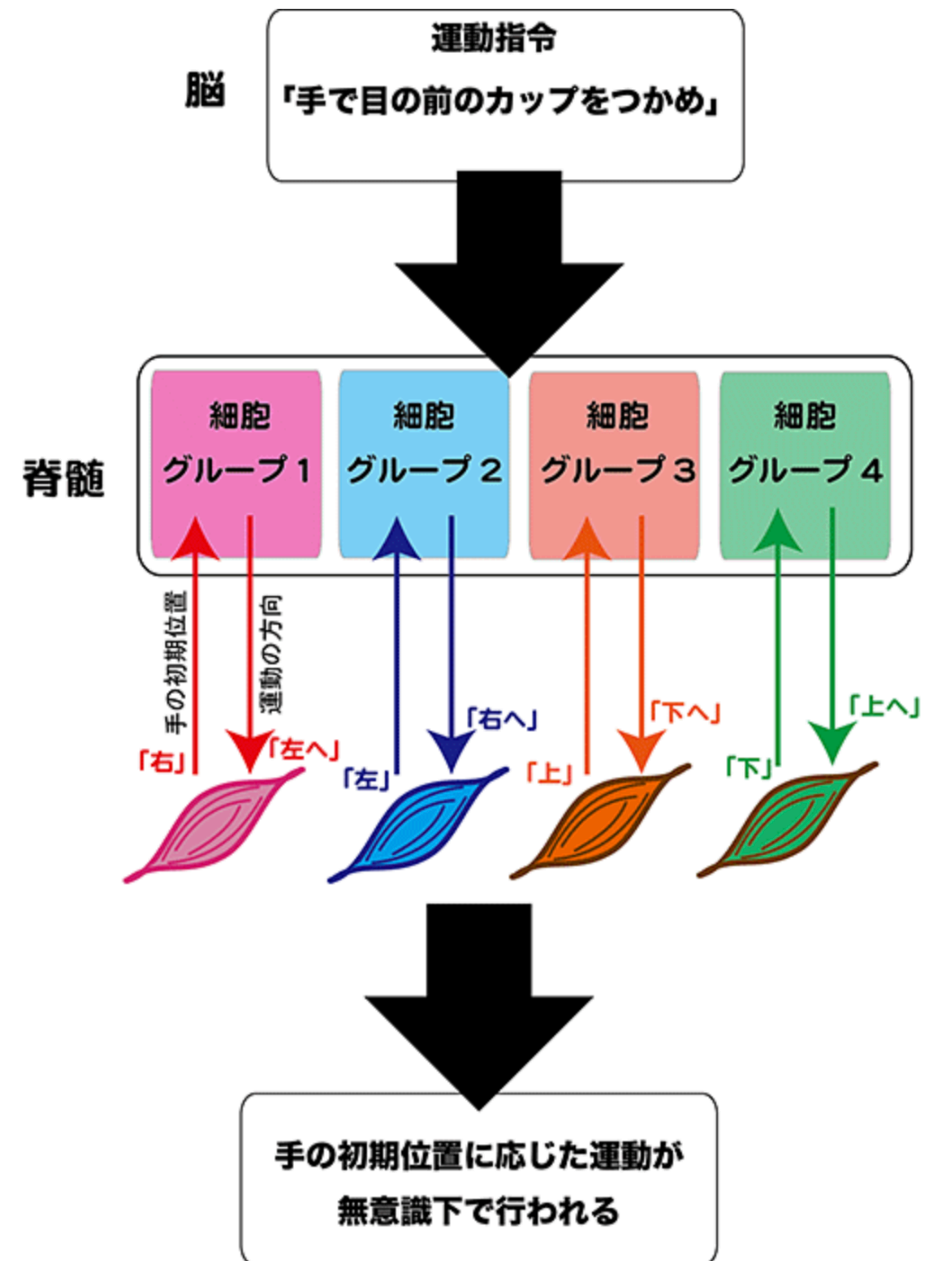


図1 手の初期位置に応じて無意識下で行われる運動指令の変換



身体の初期位置に応じて、脳からの運動指令を脊髄神経回路が変換

swingにおける下肢コントロール

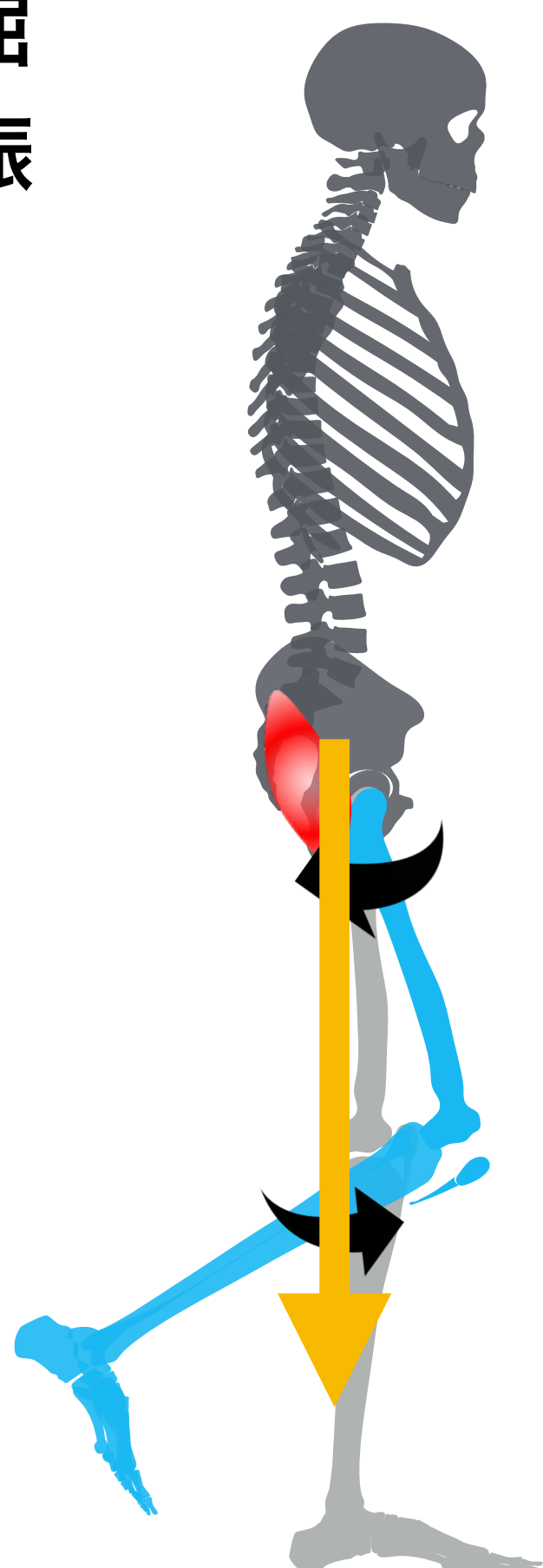
P.Sw
遊脚前期

底屈、股関節屈曲運動による振り出し



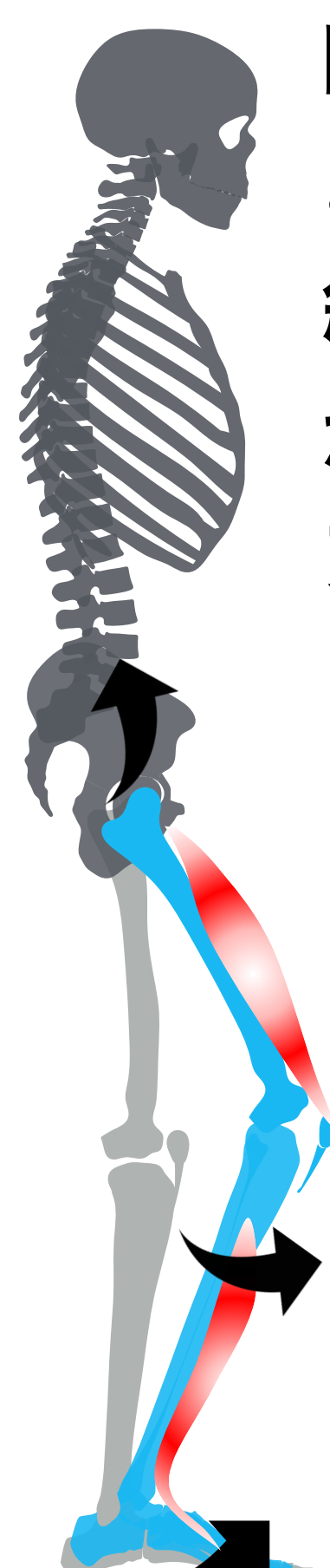
I.Sw
遊脚初期

大殿筋のブレーキ作用により下腿の振り出し↑



M.Sw
遊脚中期

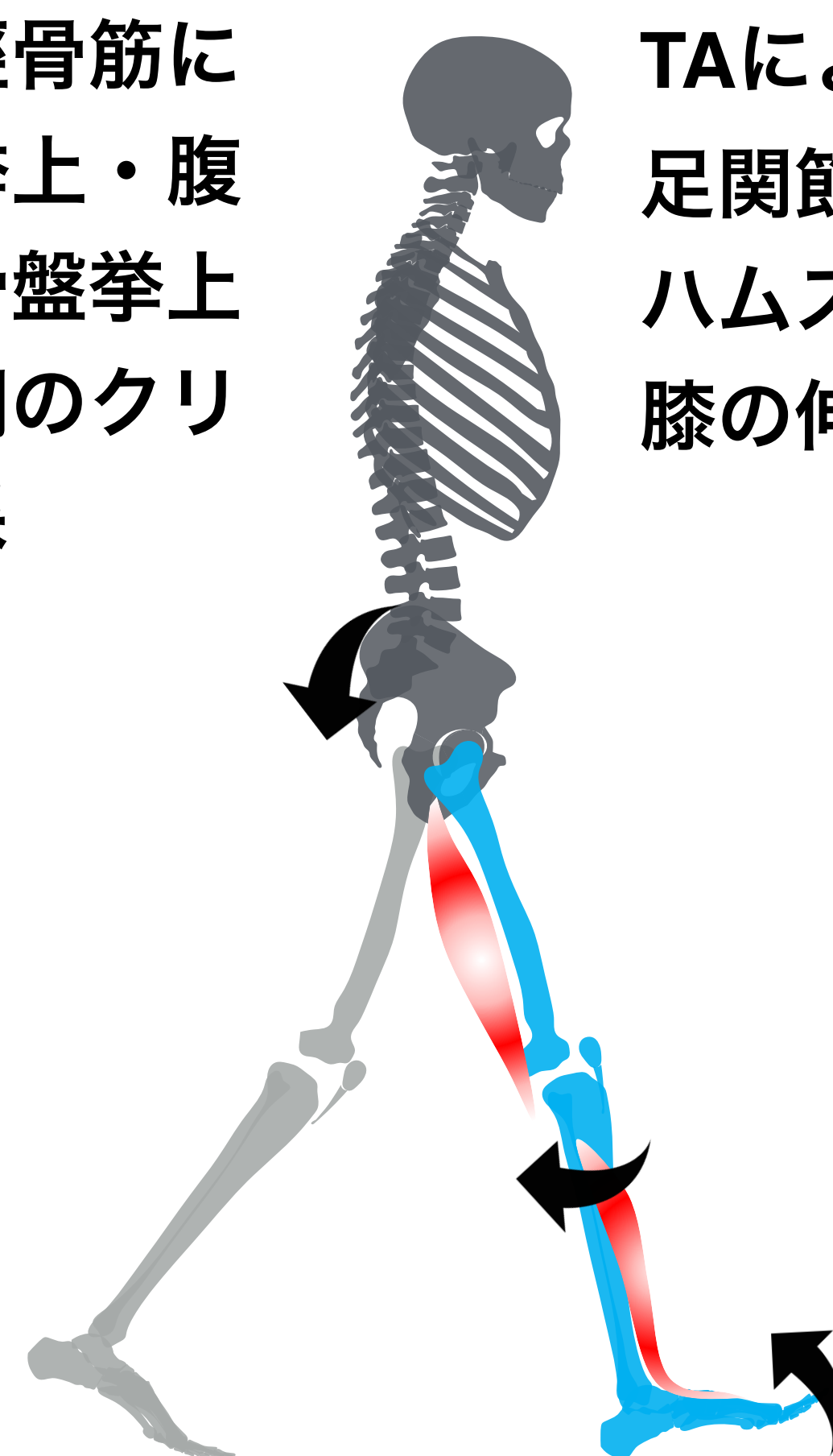
四頭筋、前脛骨筋による下肢の挙上・腹斜筋による骨盤挙上
が働き遊脚期のクリアランス確保



T.Sw
遊脚後期

I.C
足底接地

TAによる足関節背屈
ハムストによる膝の伸展

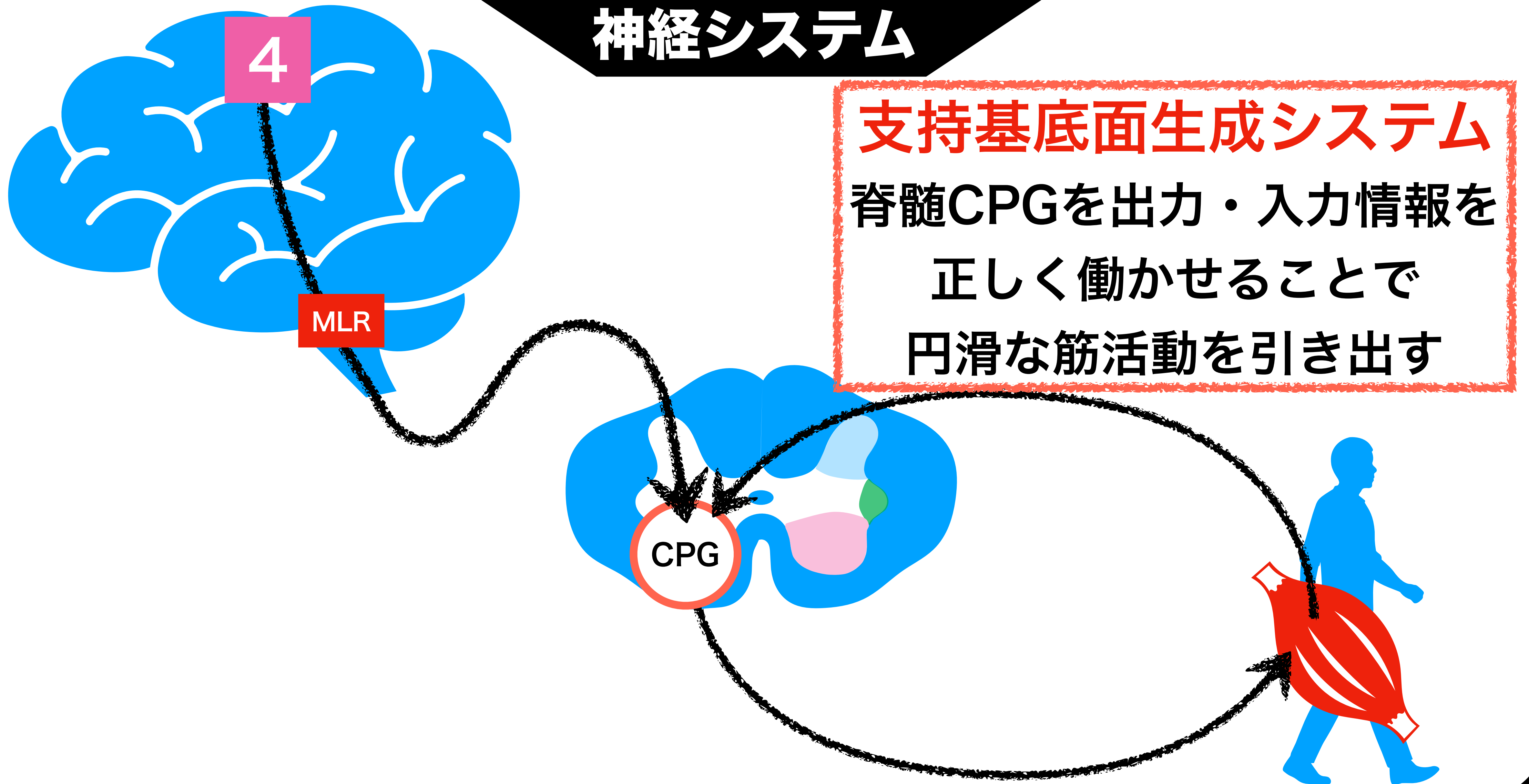


脊髄機能 CPG (入力)



- CPGは**関節運動の情報**や**筋肉からの情報**、**荷重刺激**などの感覚入力を通して、コントロールされる
- それによって歩行に適切な筋活動パターンを引き出す

歩行機能 神経システム

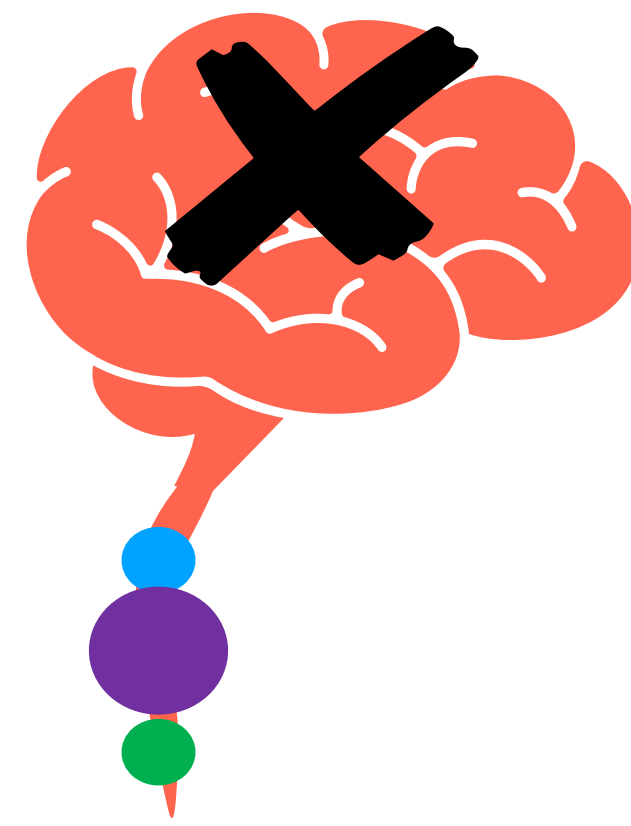




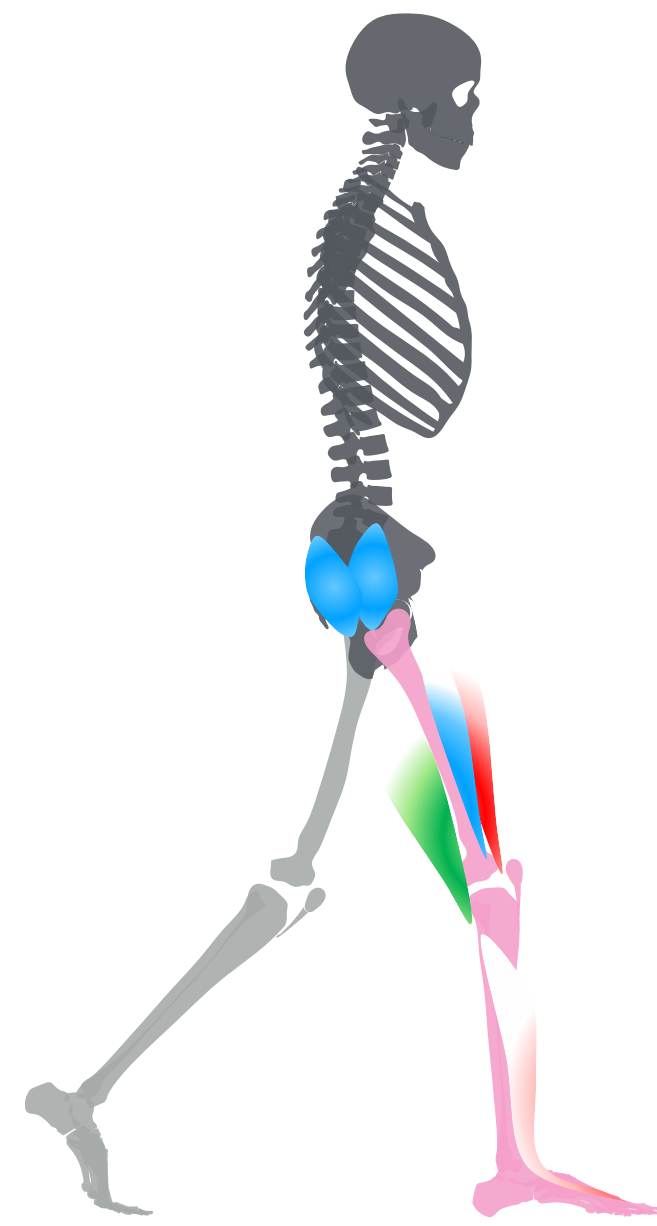
どんな下肢機能障害が起こる？

被殻出血

脳卒中による モジュール変化

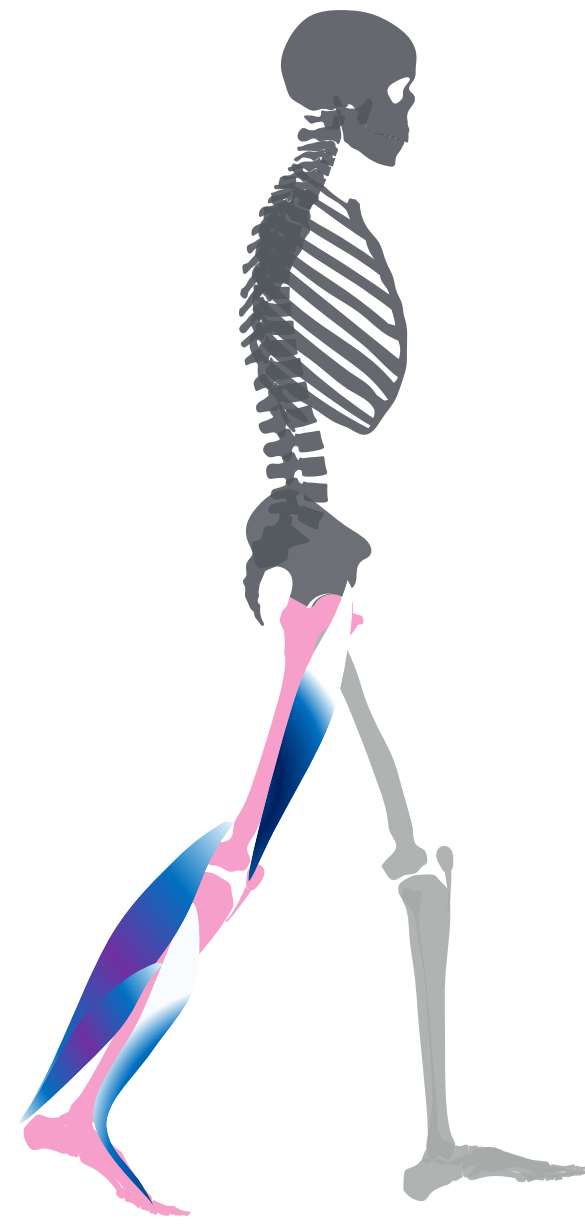


底屈筋と近位伸展筋の
機能分化が乏しい
(独立した活性化が困難)



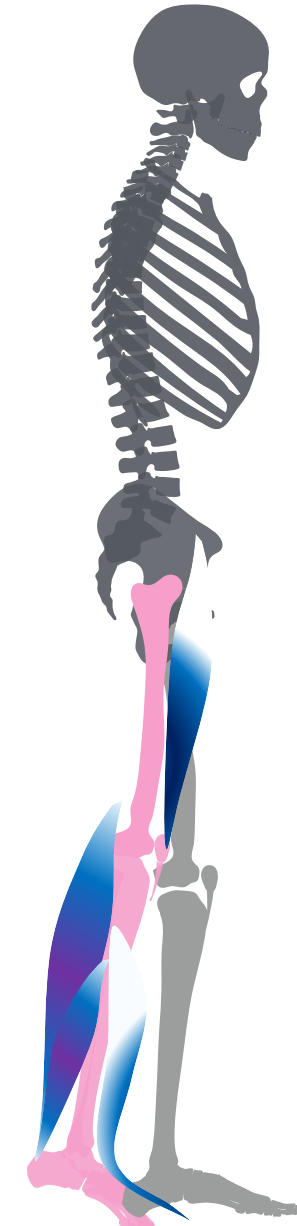
立脚初期

モジュール1
広筋群, 大腿直筋
, 中殿筋

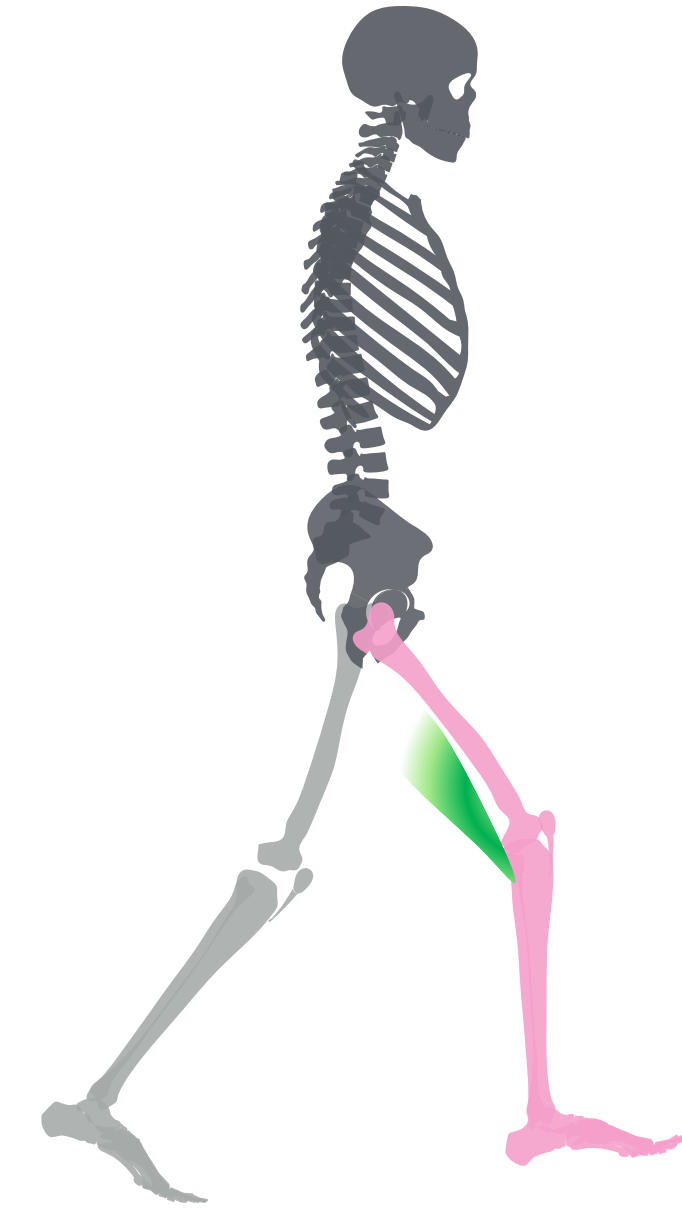


立脚終期

モジュール2 + 3
大腿直筋, 前脛骨筋
ヒラメ筋, 腓腹筋



遊脚初期



遊脚終期

モジュール4
ハムストリングス



どんな下肢機能障害が起こる？

被殻出血



内包後脚障害



皮質脊髄路障害



運動麻痺・痙性・連合反応・CPG ↓



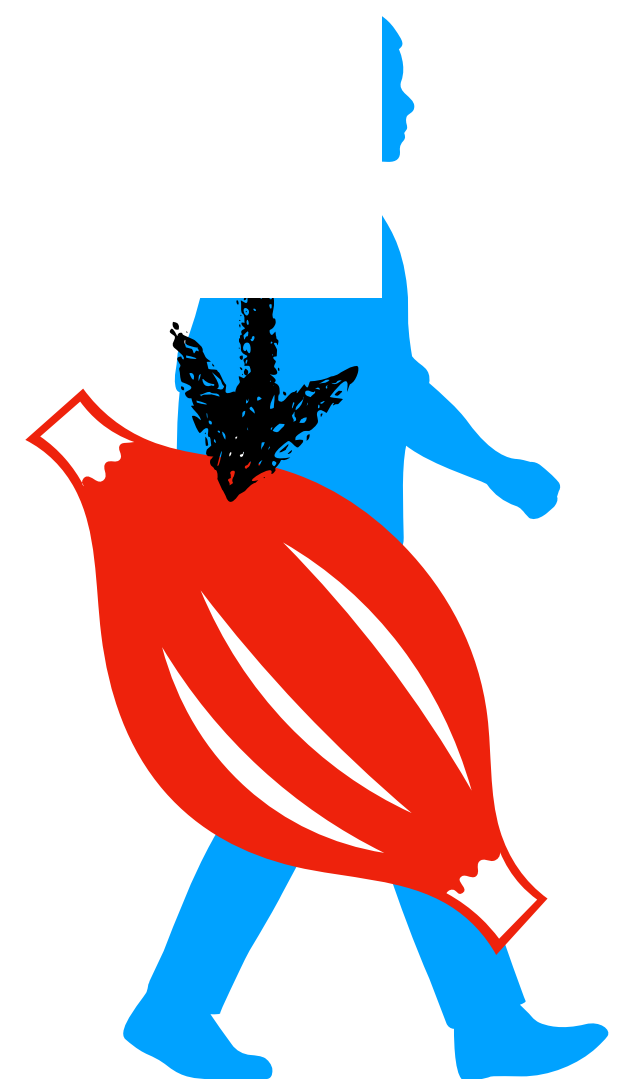
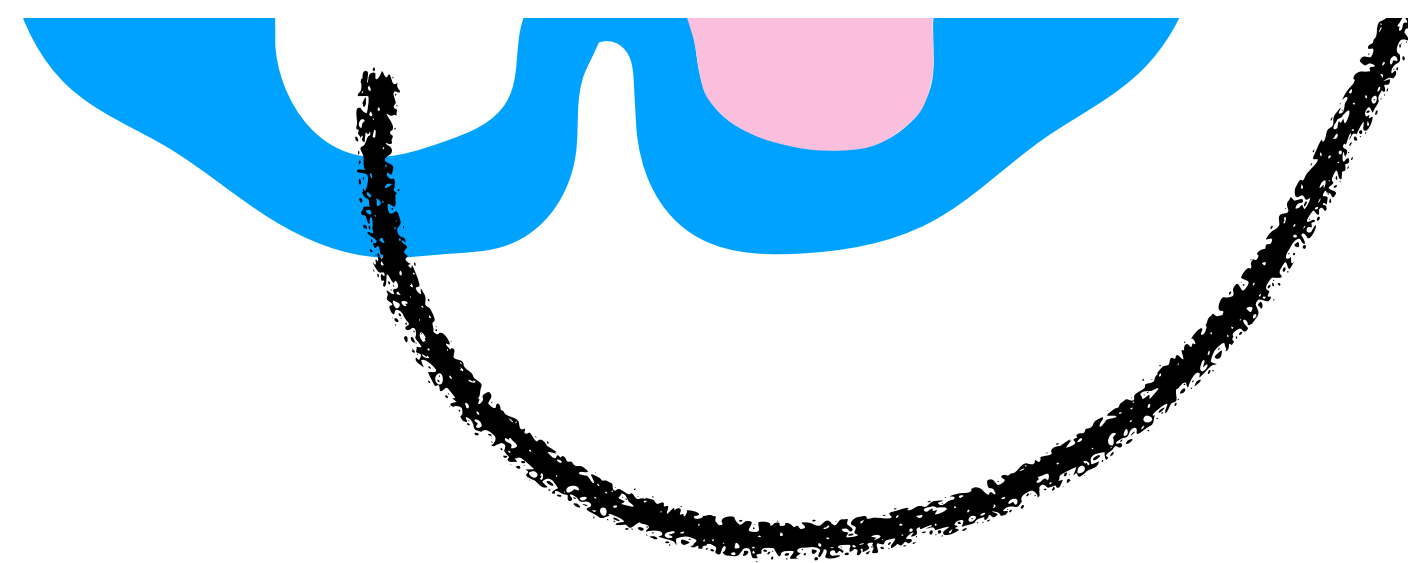
支持基底面の生成困難

歩行機能
臨床応用



脳-脊髄機能を臨床応用

していくには？



歩行機能 神経システム

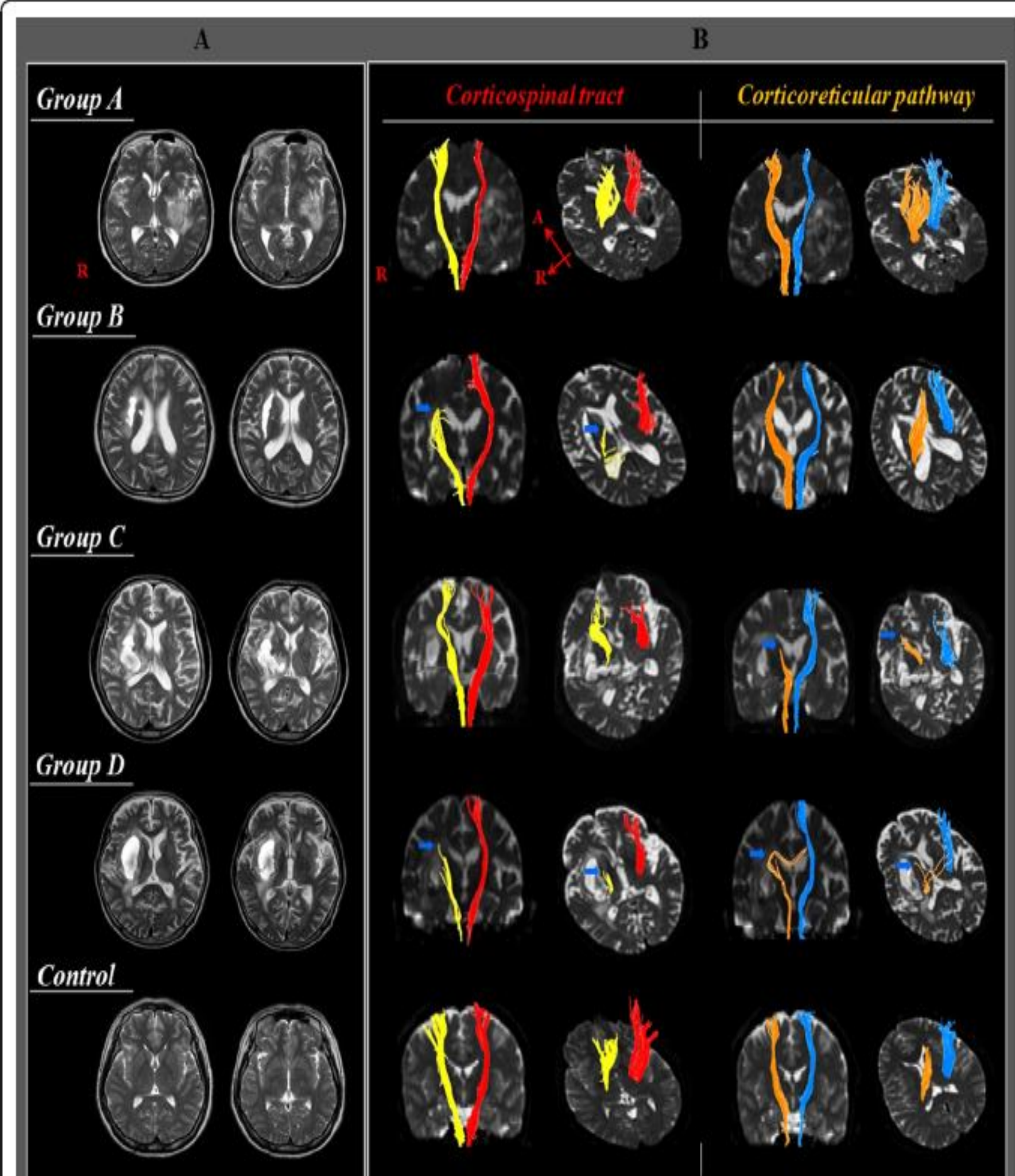


Figure 1 T2-weighted brain MR images (A) and diffusion tensor tractography image (B) of the corticospinal tract and corticoreticular pathway for each patient of four groups and a control subject (arrow: discontinuation of a neural tract).

	皮質脊髄路	皮質網様体路	歩行能力低下
○	○	○	なし
×	×	○	軽度
○	○	×	中等度
×	×	×	重度

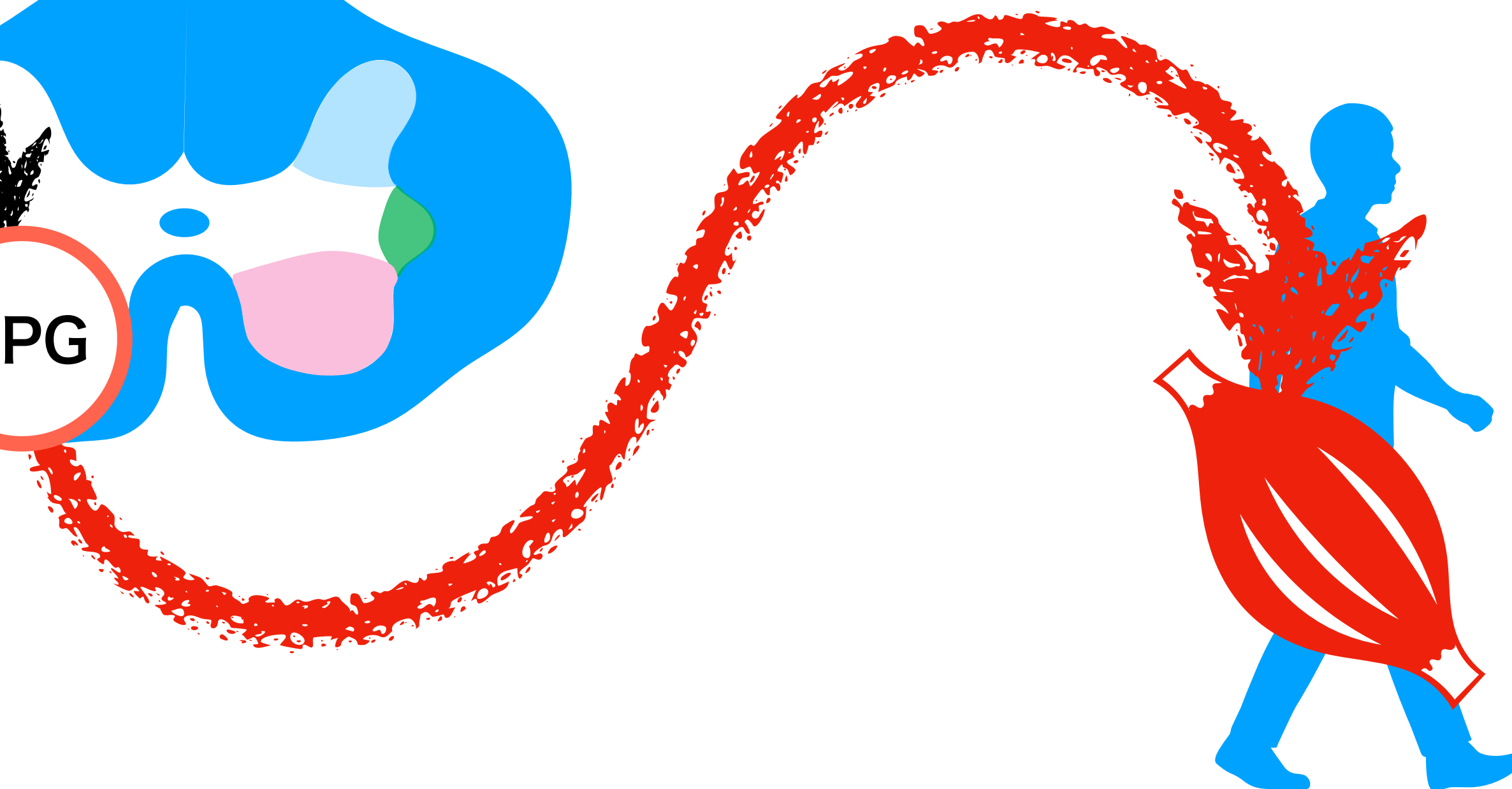
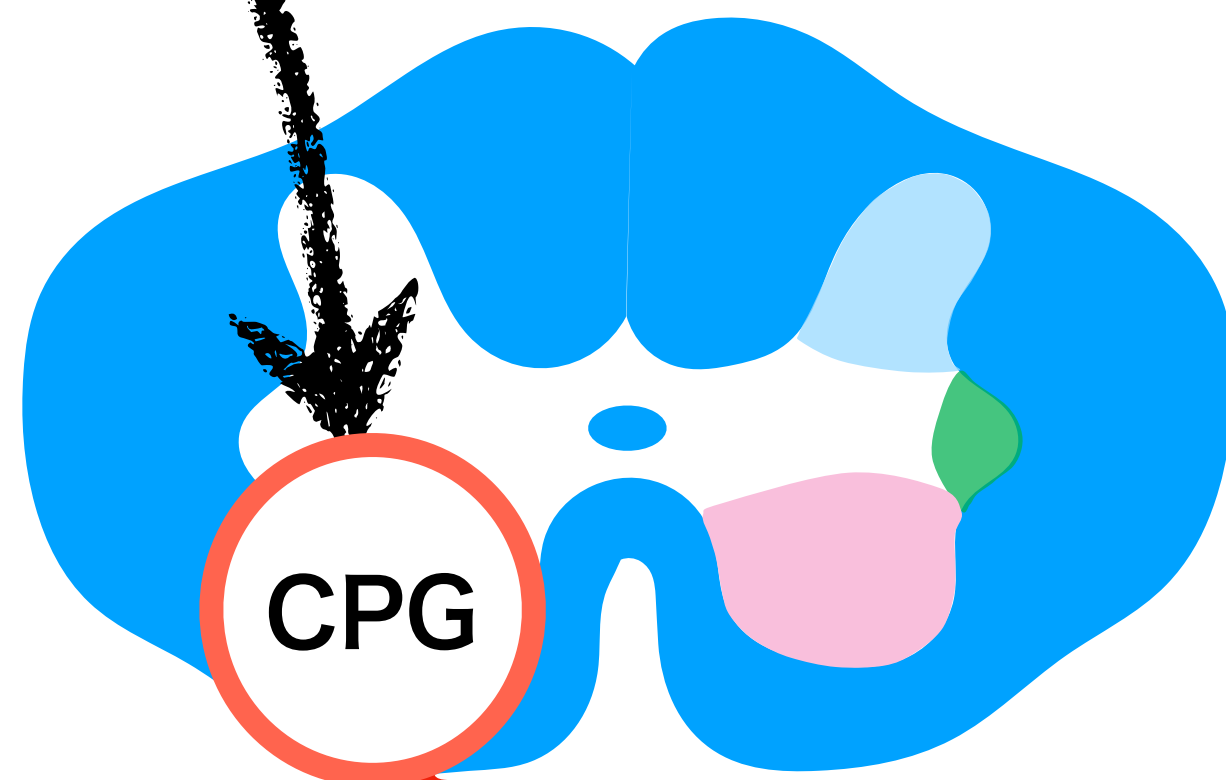
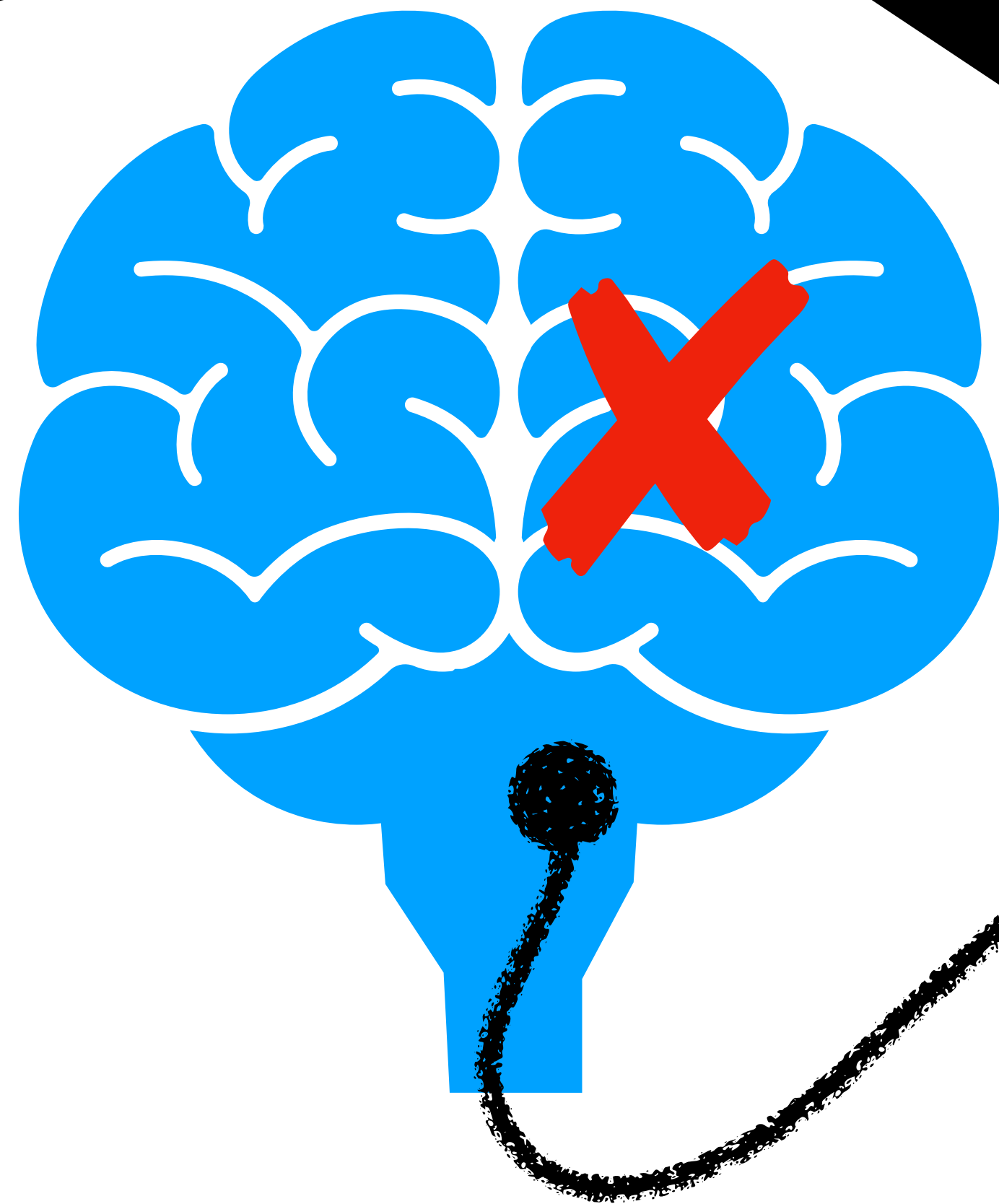
被
CS
CS

CRPは
重度に

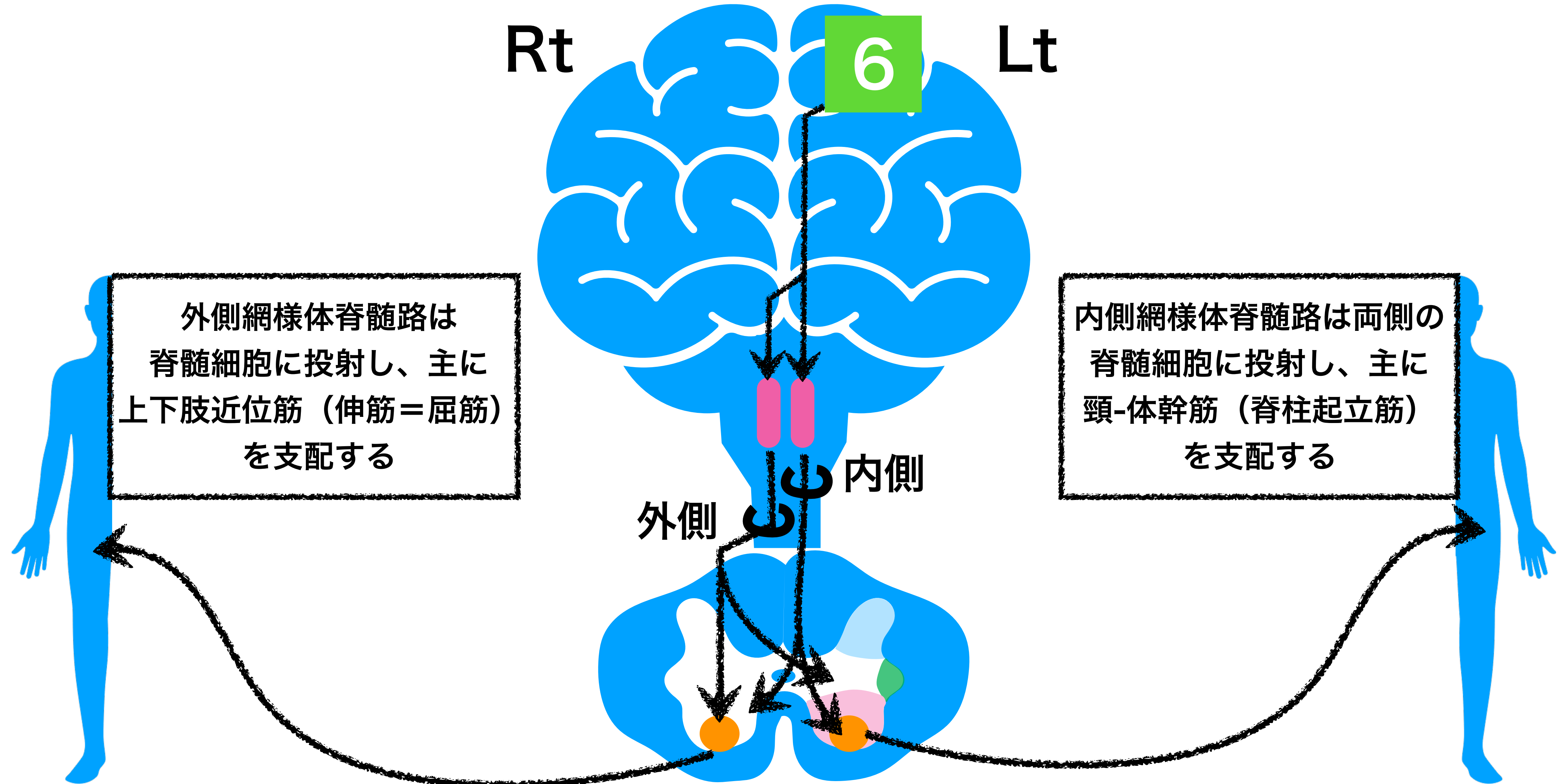
なりやすいことが考えられる。

CSTを損傷したグループは手の機能が不良であったのに対し、CRPを損傷したグループは歩行機能が不良であった。

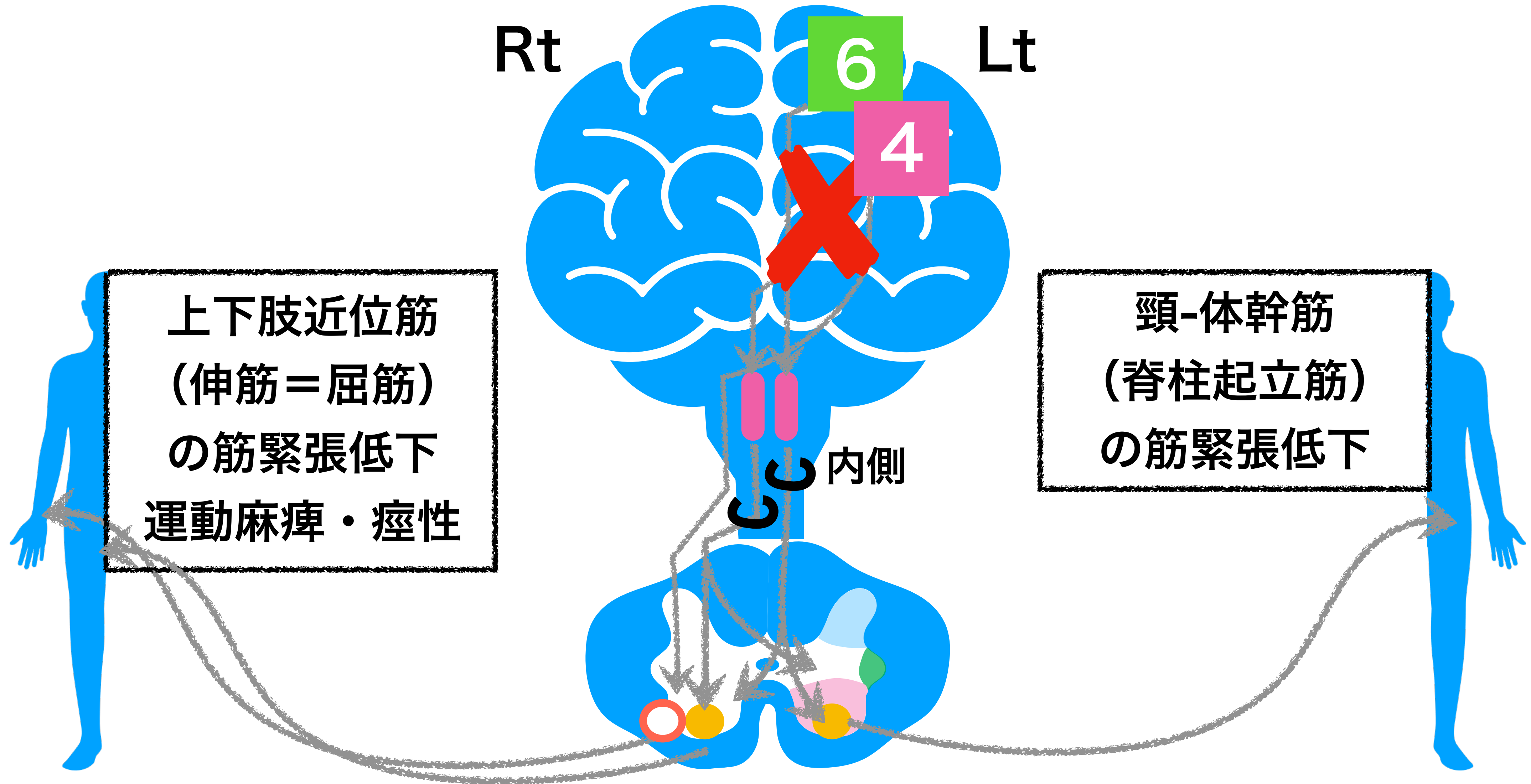
歩行機能 神経システム



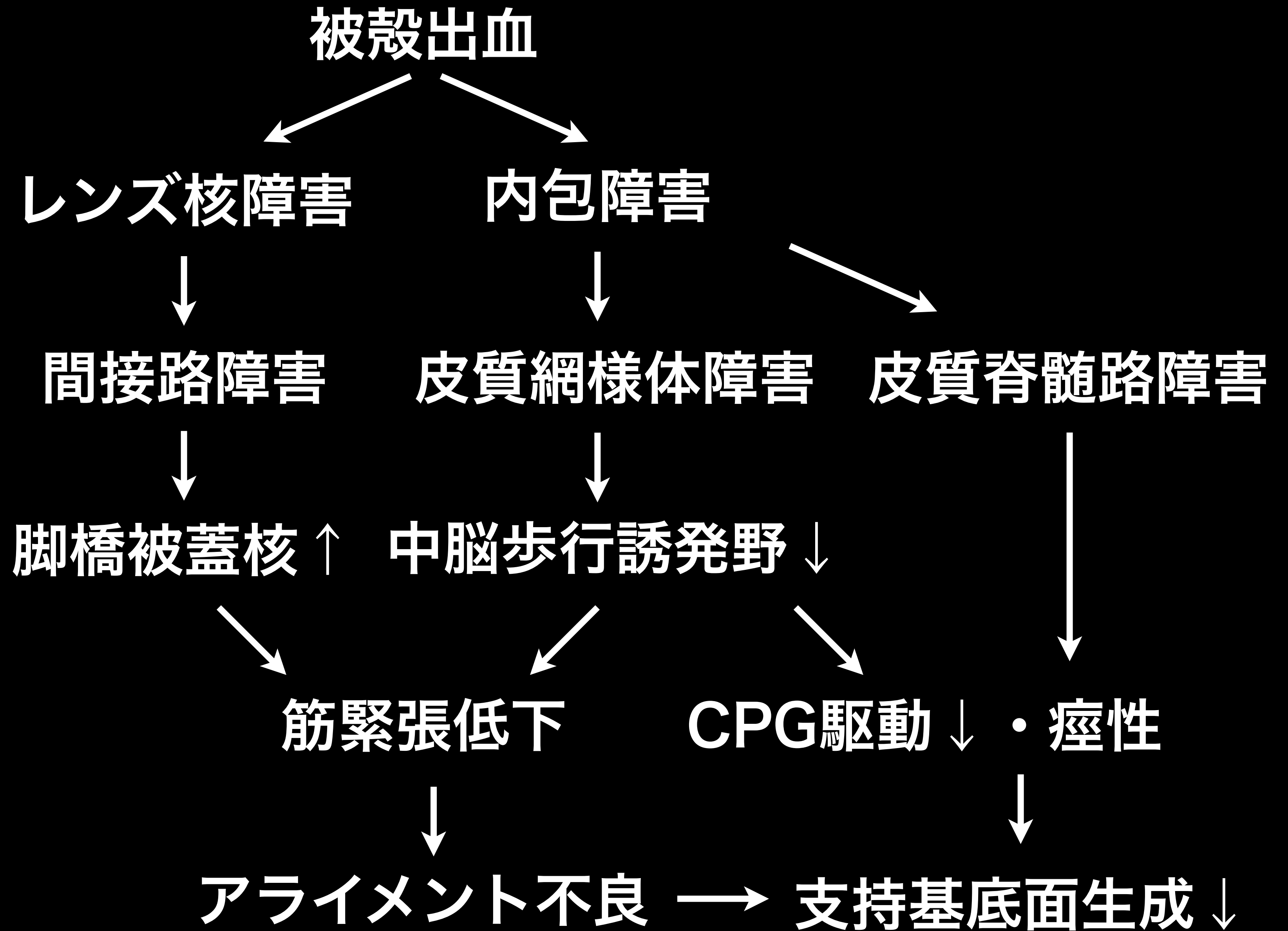
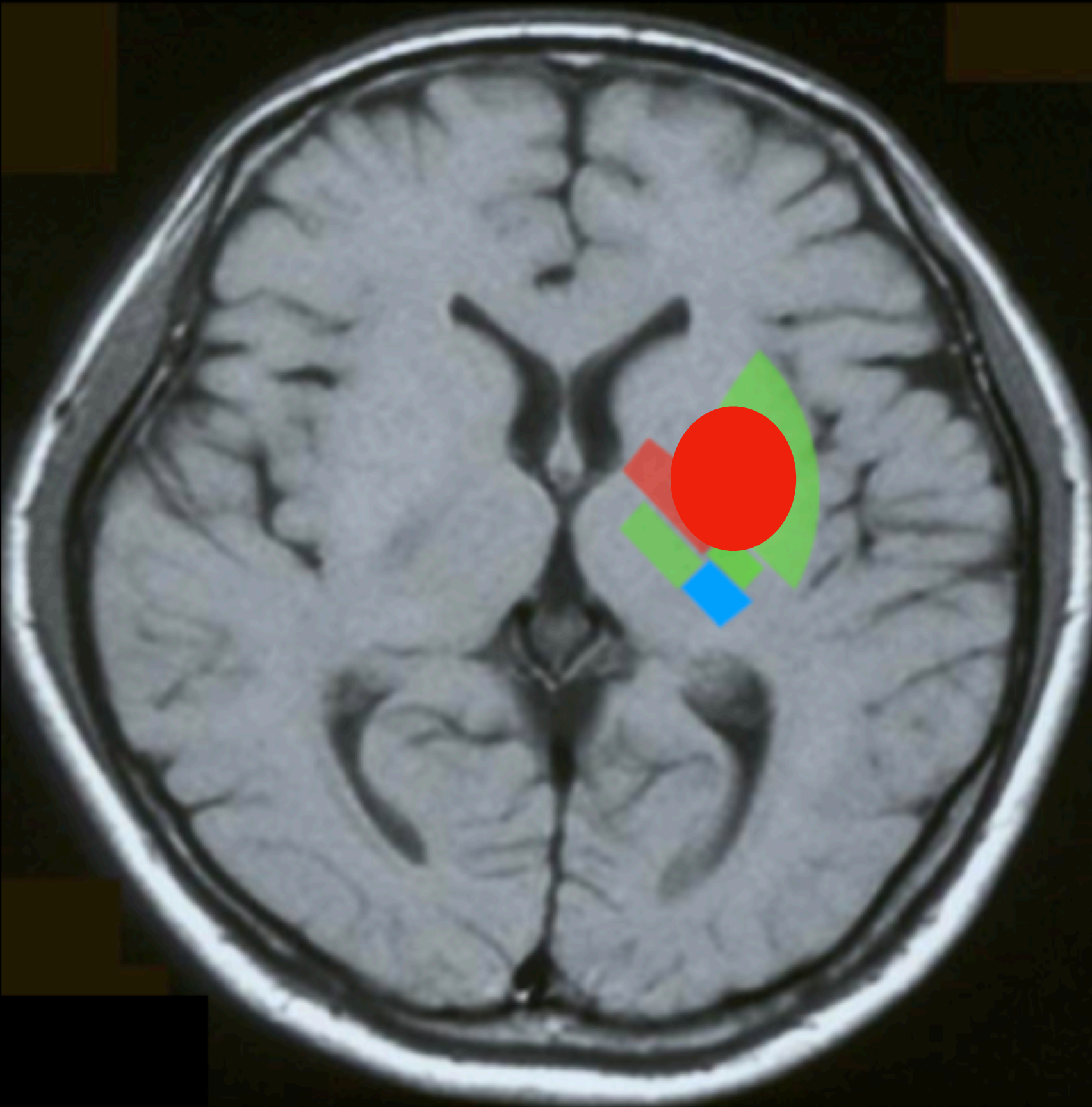
歩行機能 神経システム



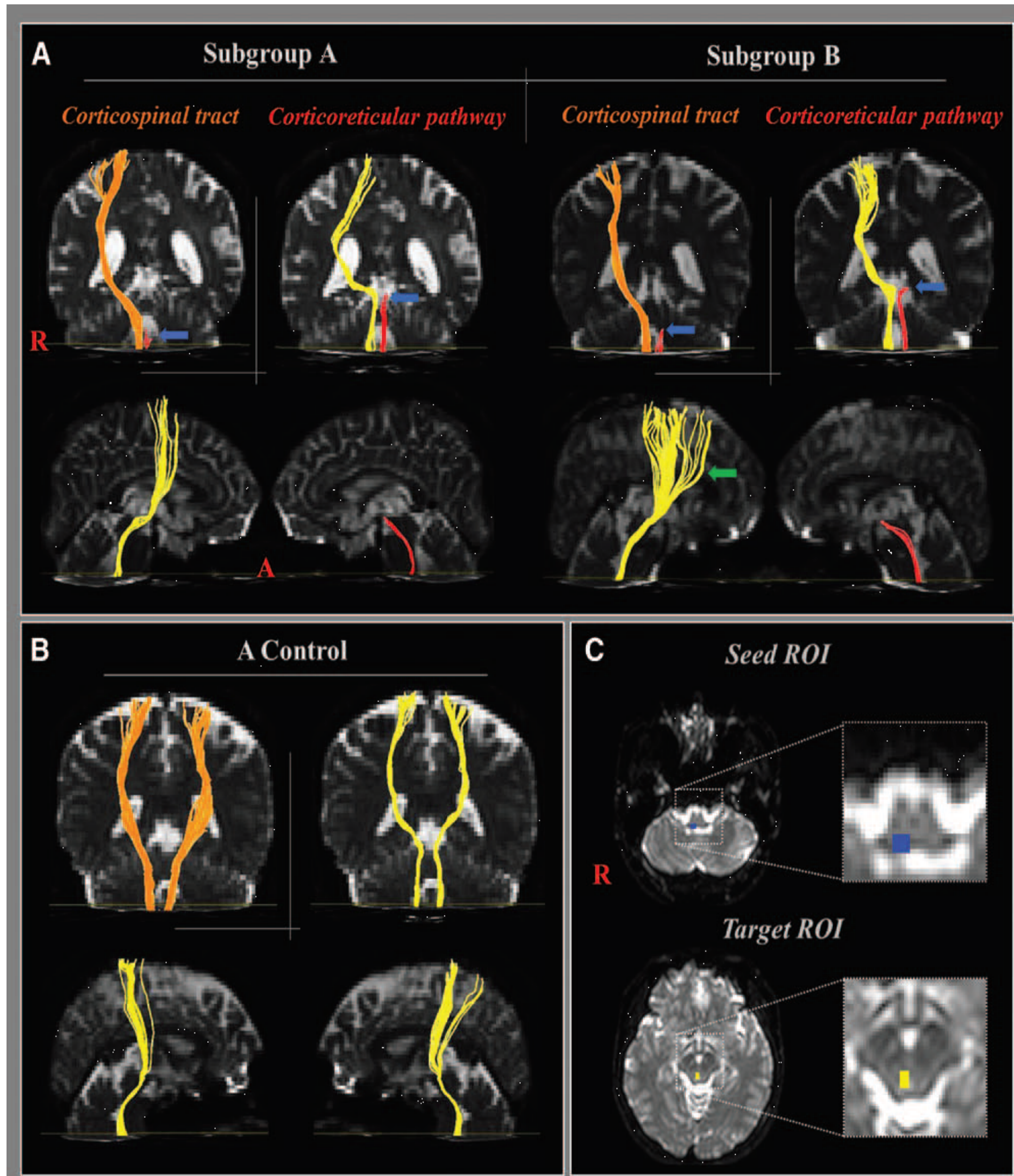
歩行機能 神経システム



どんな下肢機能障害が起こる？



歩行機能 神経システム

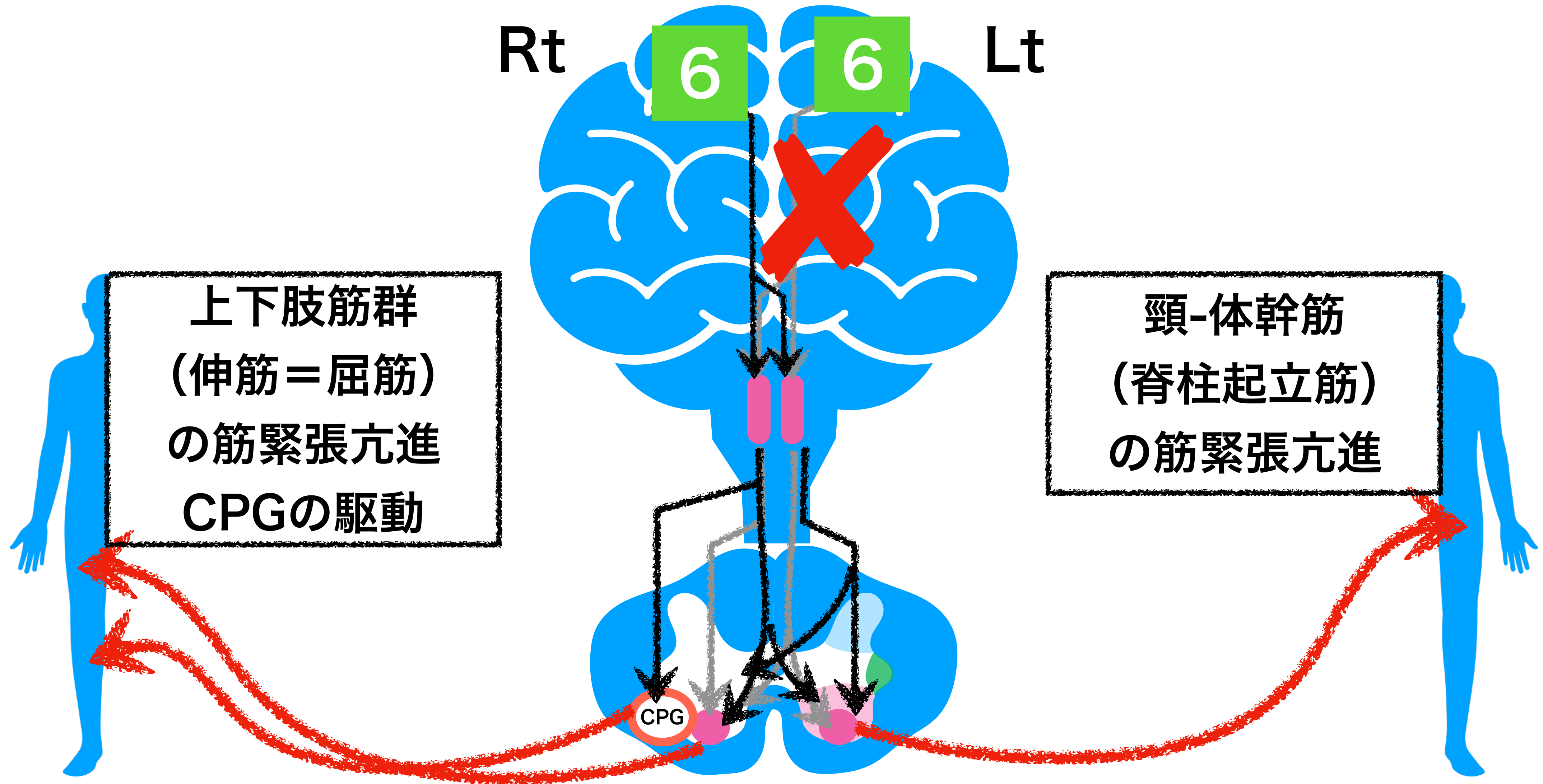


サブグループA：歩行困難なもの（FAC：0～2）
 サブグループB：歩行可能なもの（FAC：3～5）

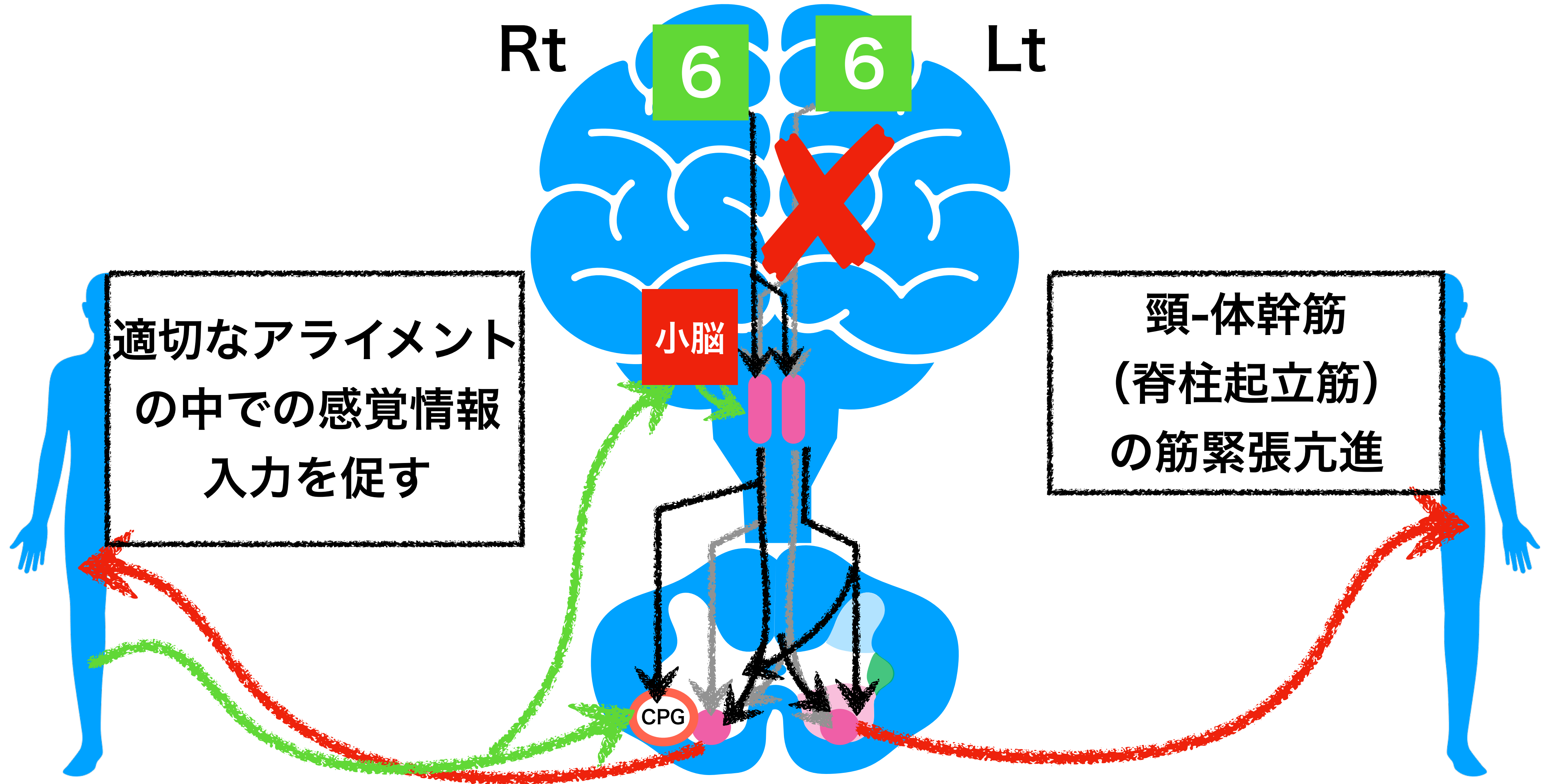
図A：サブグループの**皮質網様体路（CRP）** および**皮質脊髄路（CST）**の拡散テンソル画像（青矢印：脳卒中が原因で線維が遮断されている）。サブグループBでは、サブグループAやコントロール群と比較し、**非損傷側の大脳半球の皮質網様体路**の線維量が増加している（緑矢印）。

歩行能力の高い患者は歩行能力の低い患者と比較して、**非損傷側のCRP**が歩行能力の予後においてそれを担う役割が大きい。なお、非損傷側のCSTと歩行能力との関係性は認められなかった。

歩行機能 神経システム



歩行機能 神経システム



歩行機能 神経システム

補足運動野
運動前野
運動野

6 4 3

基底核

視床

視覚野

小脳

脳幹

γ CPG

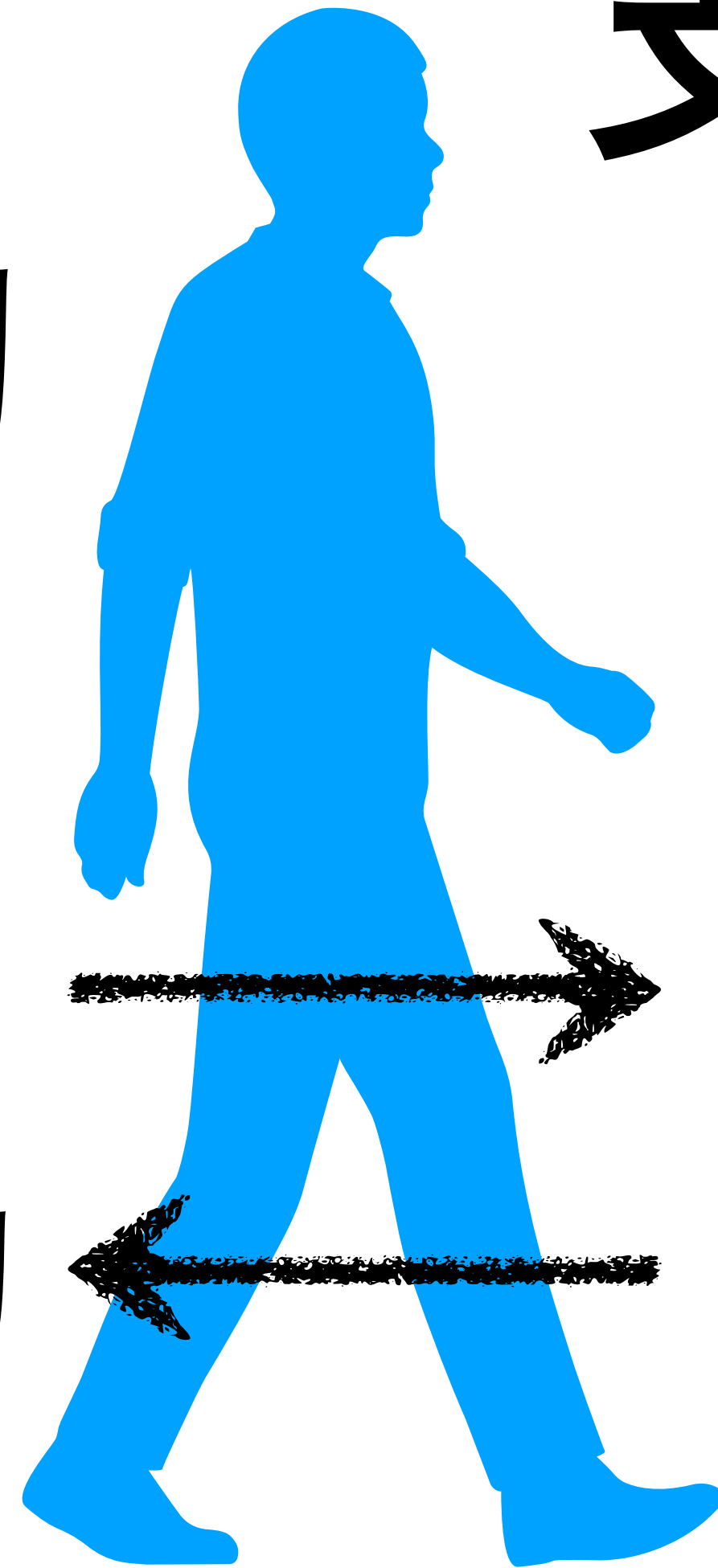


**歩行機能
2つの視点**

**重心の
保持・移動**



**支持基底面内
での保持・移動**



**支持基底面の
生成**



**関節運動を伴う
運動出力**