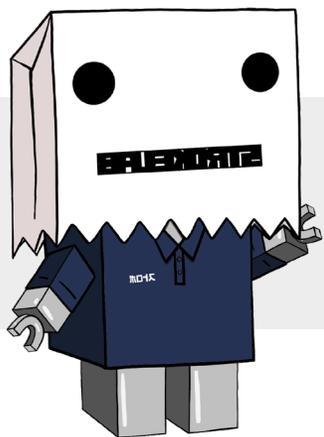




運動麻痺/痙縮 *paralysis/spasticity*



introduction

- ✓ 運動麻痺と痙縮は臨床において最も多く目の当たりにする症状である。
- ✓ 上位運動ニューロン障害 (Upper Motor Neuron Syndrome) に属すそれらの理解は临床上不可欠であり, 効果的で効率的なリハビリテーションの一助となる。



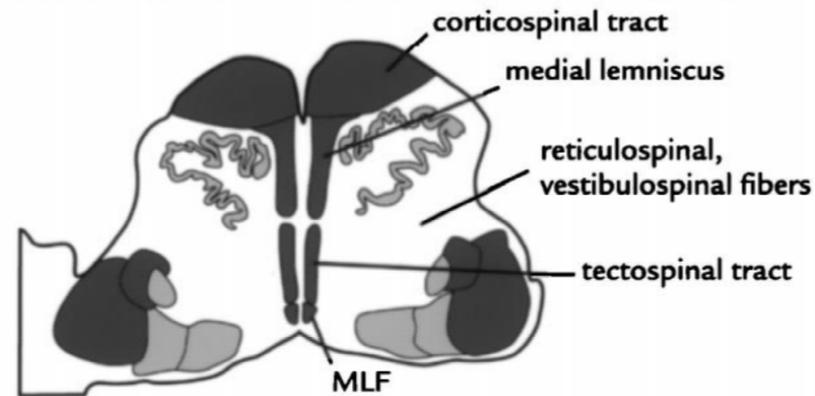
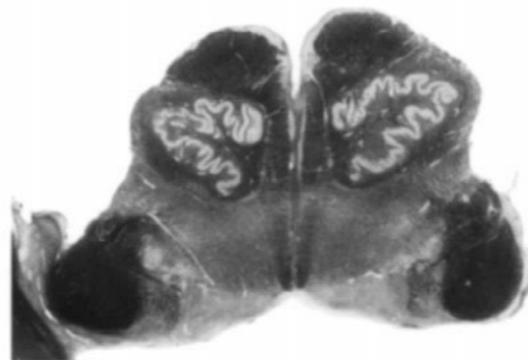
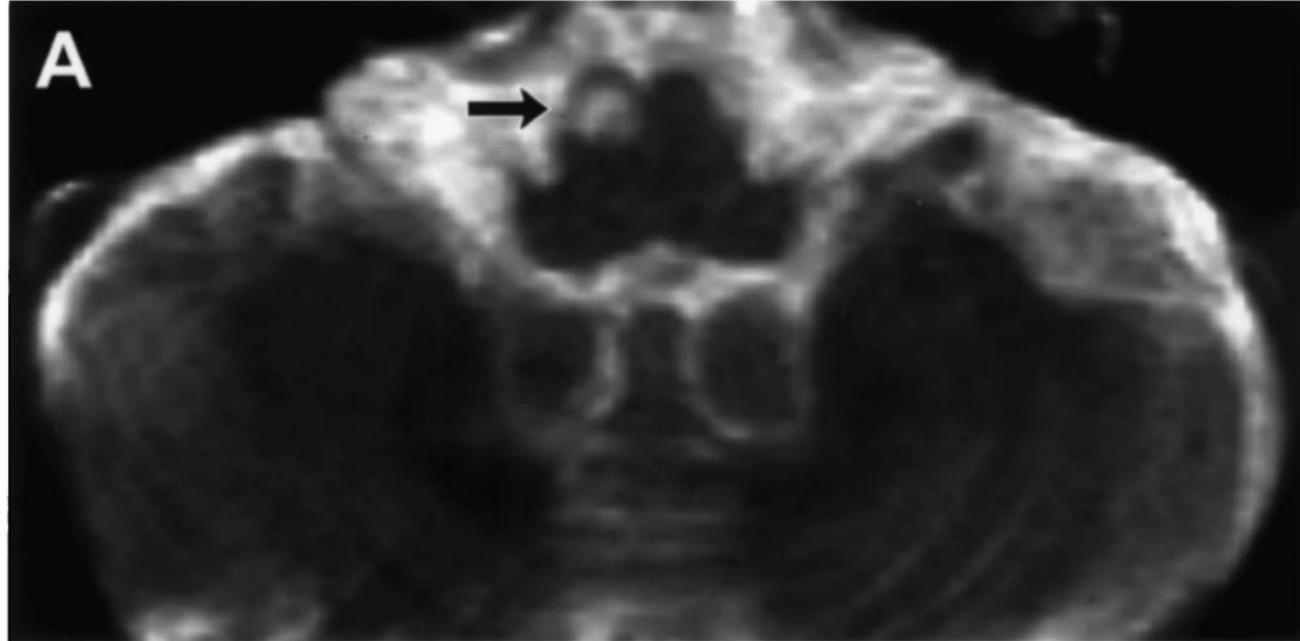
上位運動ニューロン障害

- ✓ 上位運動ニューロン障害(UMNS)は **陰性徴候(Negative Signs)**と**陽性徴候(Positive Signs)**に分類される
- ✓ **陰性徴候**：障害された部位によって必然的に生じる徴候
- ✓ **陽性徴候**：神経再編成などの結果を含む2次的に生じる徴候

	Negative	Positive	
弱化 器用さの喪失 疲労	Weakness Loss of dexterity Fatigue	Spasticity Spastic dystonia Flexor and extensor spasms Spastic co-contraction Extensor plantar responses Clonus Exaggerated deep tendon reflexes Associated reactions	痙縮 痙性ジストニア 屈筋・伸筋スパズム 同時収縮 伸展性足底反応 クローヌス 腱反射亢進 連合反応

錐体路損傷では痙縮は生じない

- ✓ 延髄錐体に限局した病変を有する患者(CSTの単独損傷)において腱反射亢進と弛緩性麻痺を認めたと、**速度依存性の増加と痙縮は認めなかった**



運動麻痺とは

- ✓ 上位・下位運動ニューロンの異常による **随意運動の障害** の総称（筋自体及び神経筋接合部の異常、また心因性の運動障害を除く）。
- ✓ 大脳皮質 **運動野～末梢神経** 線維の経路のいかなる部分が侵されても生ずる。

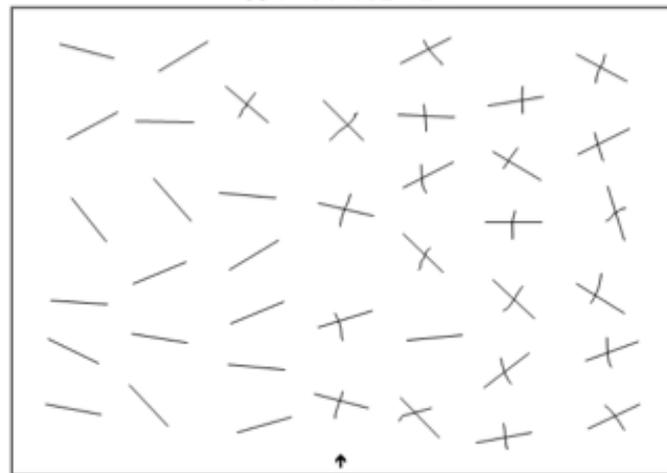


それは果たして運動麻痺か

- ✓ **皮質脊髄路の損傷が無いにもかかわらず**，随意運動が困難になる状態がある
- ✓ 失行（apraxia）：運動麻痺/失調/筋緊張異常/意識障害/知能障害/感覚障害がないか軽度であるにもかかわらずある動作の遂行が困難になる状態
- ✓ 空間無視（USN）：実際は随意運動が可能だが，認知できず使おうとしない可能性がある。



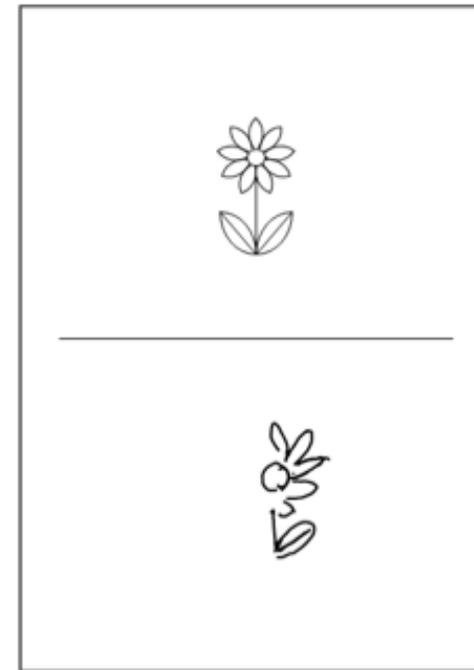
線分抹消試験



線分二等分試験



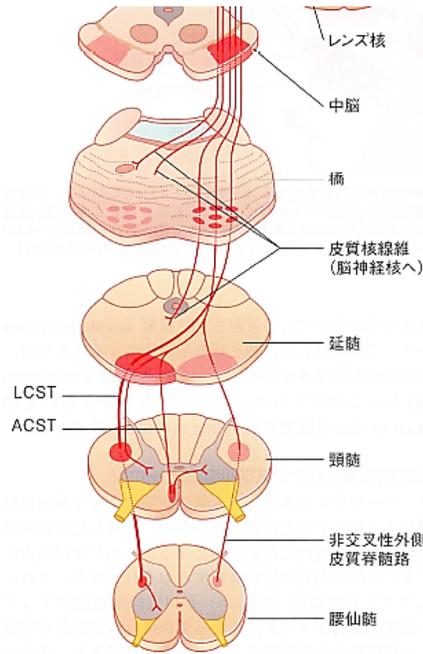
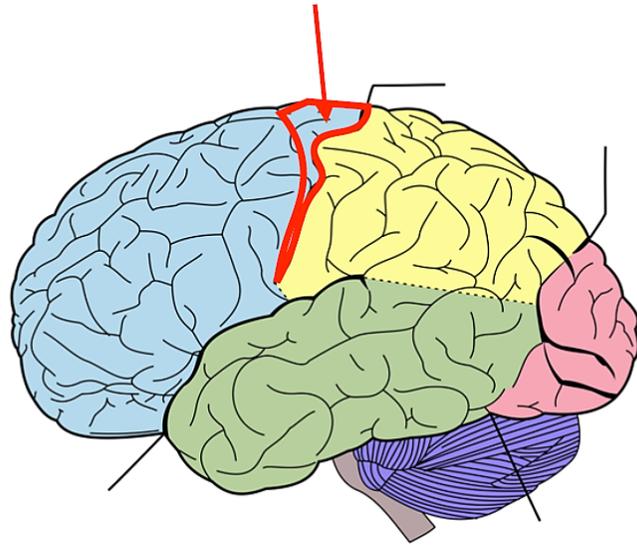
模写試験



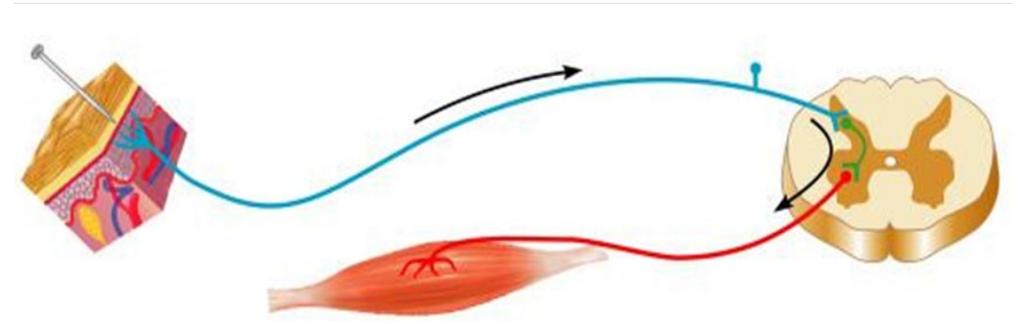
運動麻痺とは

- ✓ 上位・下位運動ニューロンの異常による**随意運動の障害**の総称（筋自体及び神経筋接合部の異常、また心因性の運動障害を除く）。
- ✓ **大脳皮質運動野～末梢神経線維の経路**のいかなる部分が侵されても生ずる。

一次運動野(Primary Motor Cortex: M1)



皮質脊髄路 (CorticoSpinal Tract)
皮質延髄路 (CorticoBulbar Tract)



α 運動ニューロン
(α -motorneurons)

①一次運動野

✓ M1は中心溝の前方に位置し, Brodmann Mapの4野にあたり, 随意運動の出力に関与する.

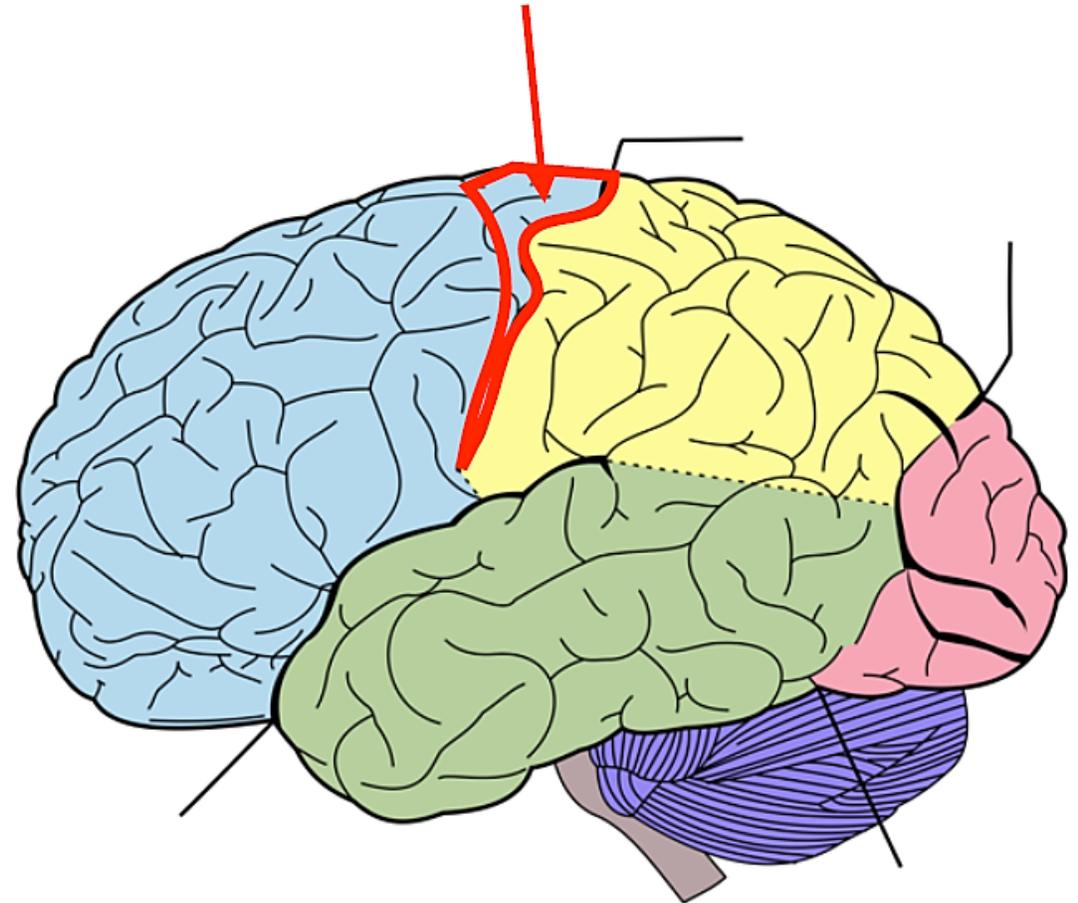
一次運動野(Primary Motor Cortex: M1)

特徴・役割

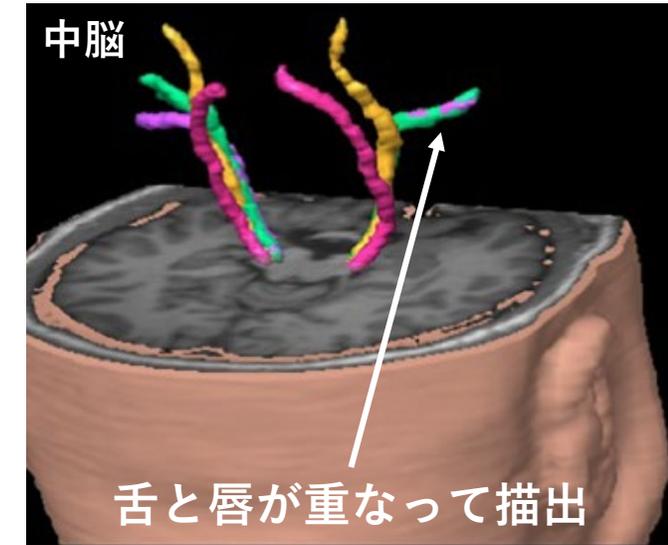
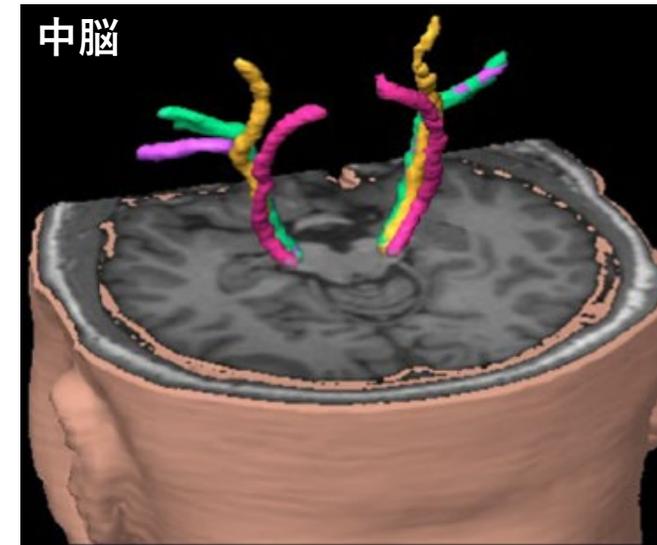
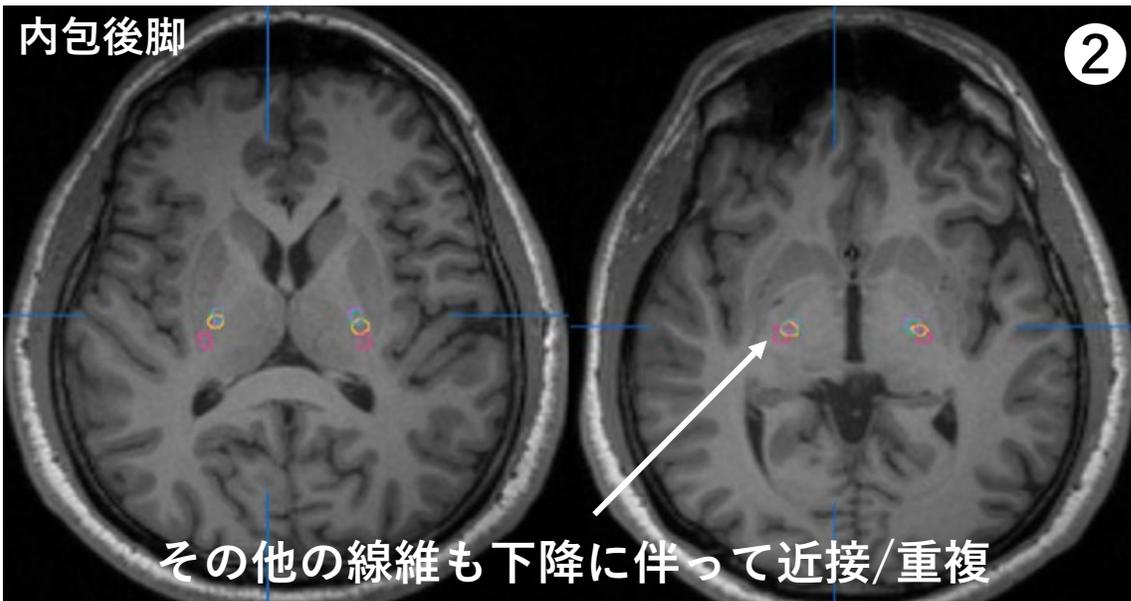
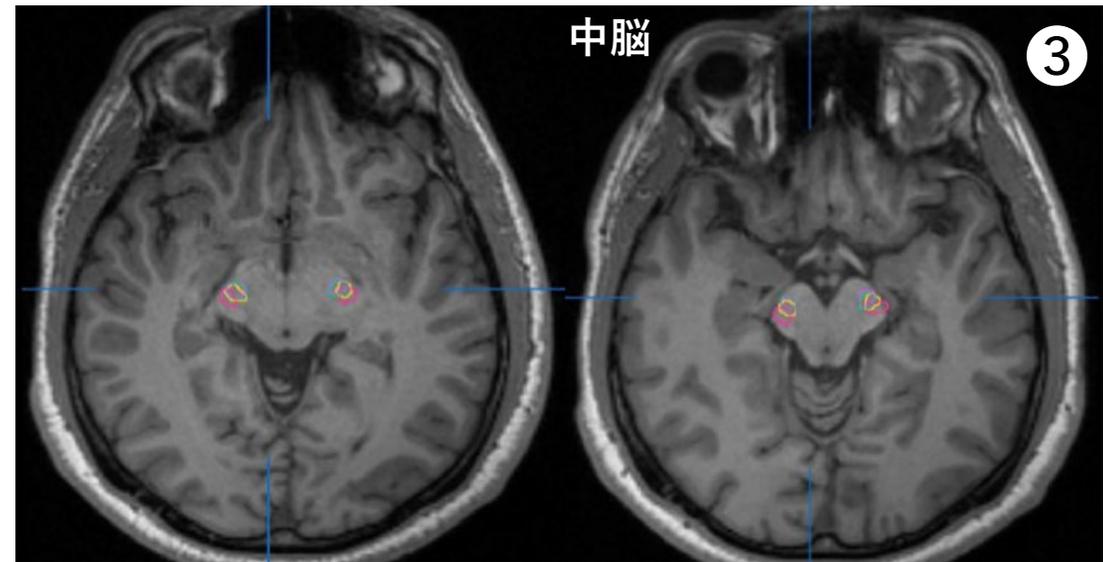
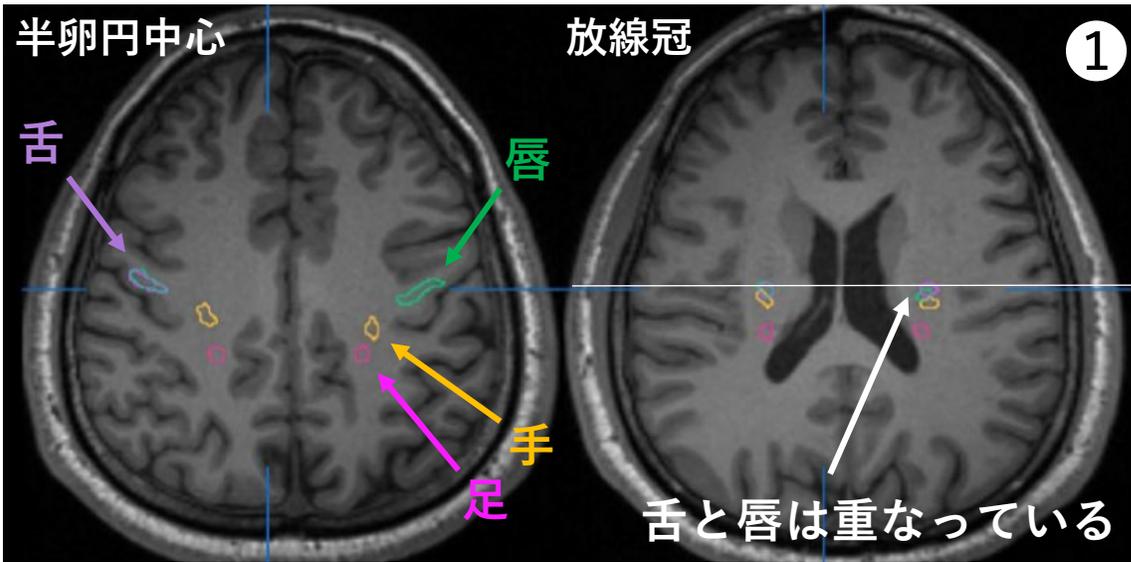
- ① 運動出力
- ② 運動のプログラミング
(運動パラメータの決定: 運動の方向/距離/速度/力の大きさ/運動に使う身体部位など)

障害された場合

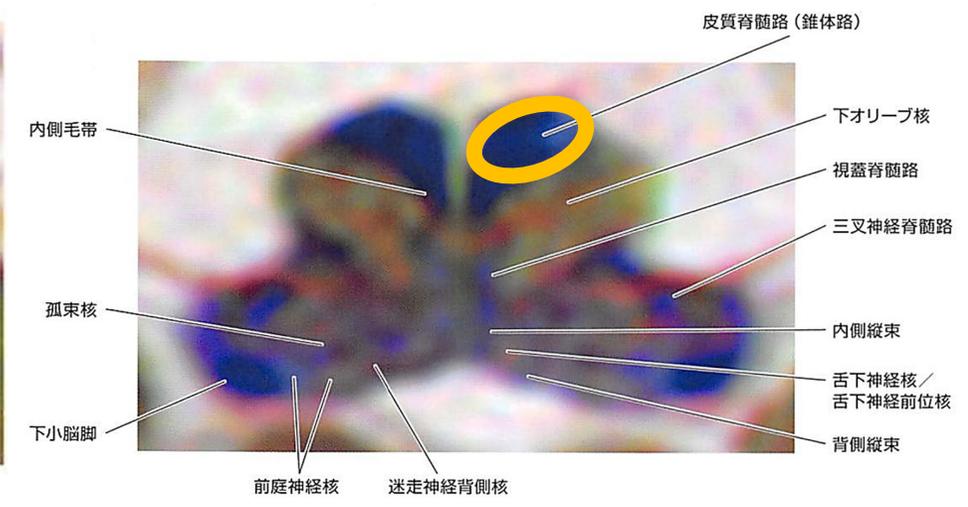
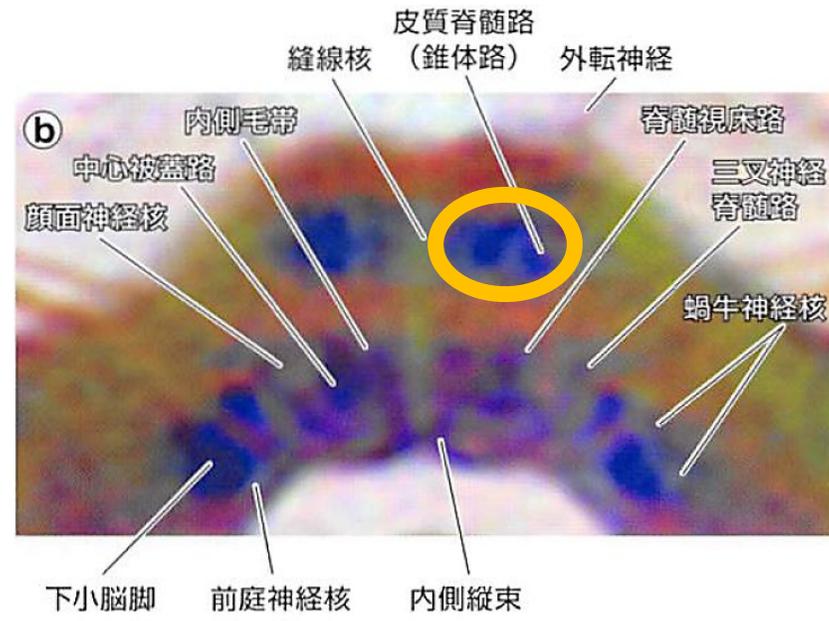
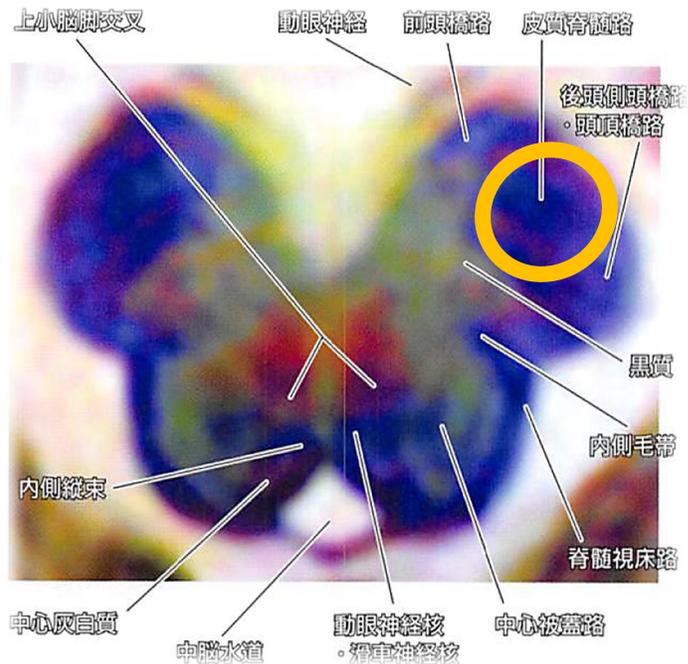
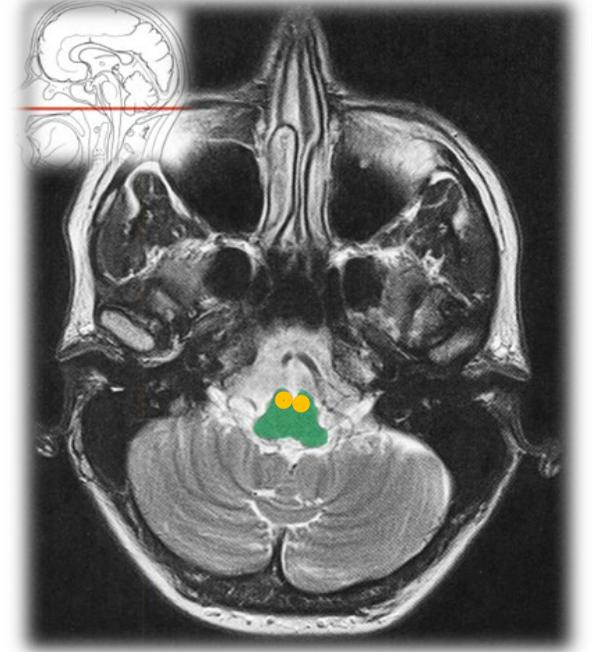
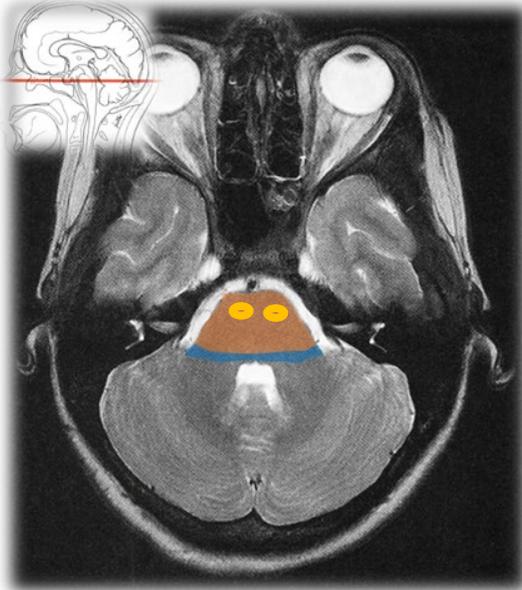
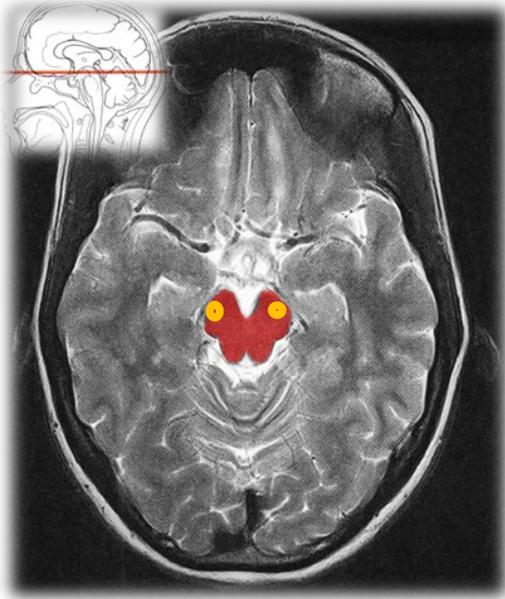
- ① 運動麻痺 (弛緩性)
- ② 伸張反射亢進
- ③ 病的反射出現



②皮質脊髓路として下降



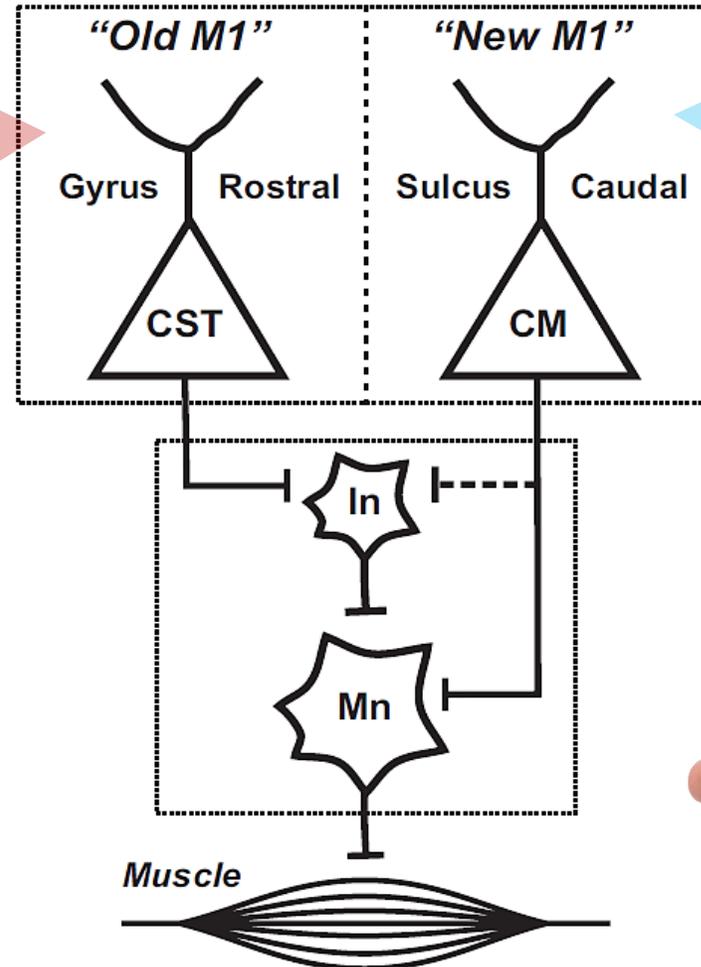
脳幹におけるCST



③ 脊髄へ投射

- ✓ M1の吻側部分はOld M1と呼ばれ介在ニューロンへの投射が主で、尾側部分はNew M1と呼ばれ α 運動ニューロンへ直接投射する。

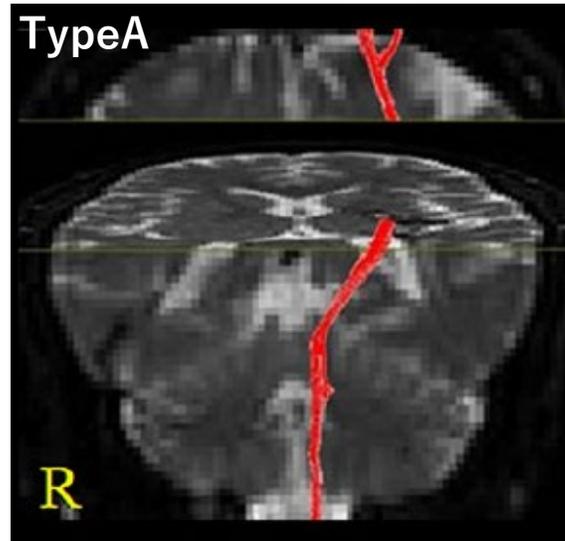
- 大半が介在ニューロンに投射する
- 全体の方向や運動を反映



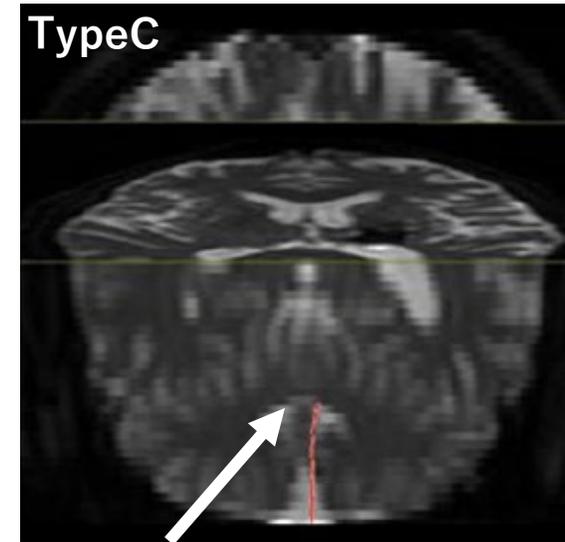
- 大半が脊髄運動ニューロンに直接投射する
- 筋活動パターンや力の生成を反映
- 高度にスキル化された緻密な運動に関与



CSTは上肢/遠位筋優位



CST温存



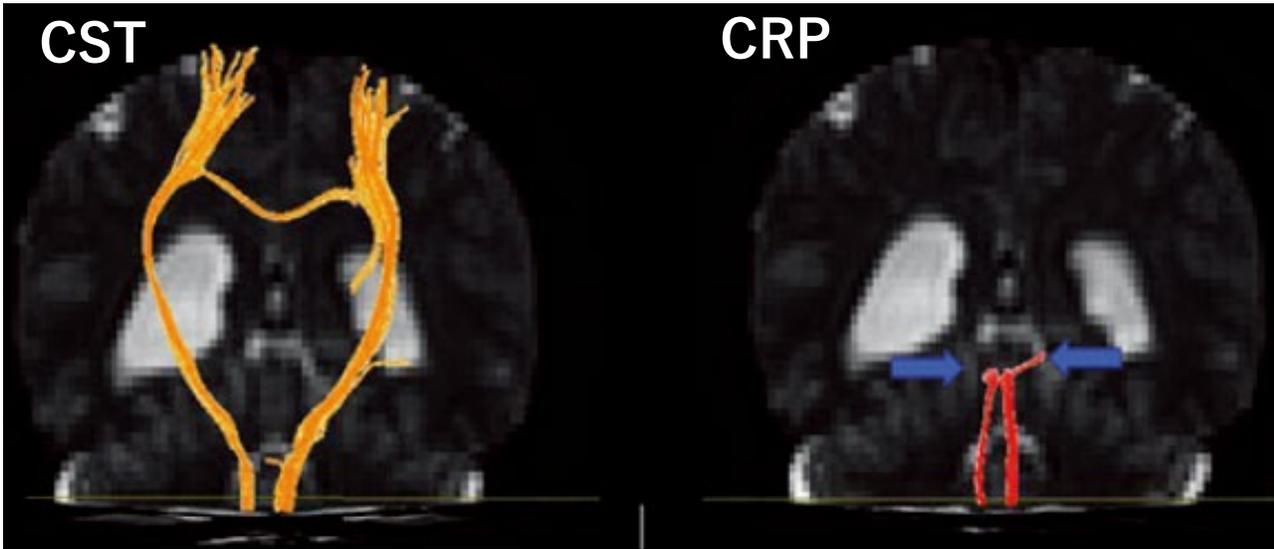
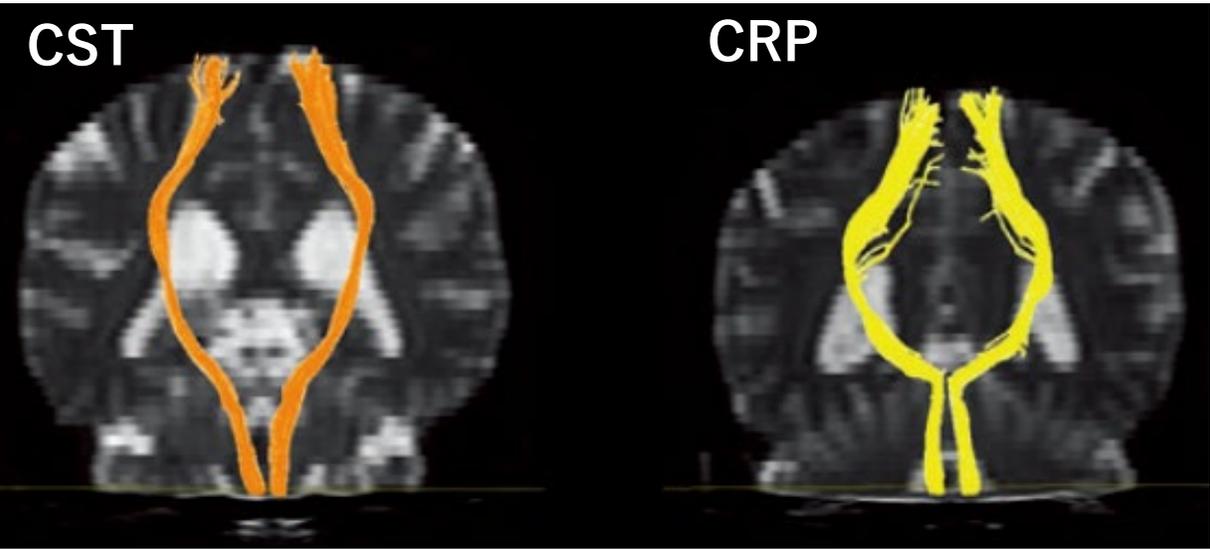
CST中断 (ワーラー変性)

	Type A	Type C
Medical Research Council (MMT)	Shoulder abductor	1.62 ± 0.79 (0-3)
	Elbow flexor	1.81 ± 0.94 (0-3)
	Finger flexor	1.31 ± 1.09 (0-3)
	<u>Finger extensor</u>	<u>0.29 ± 0.64 (0-2)</u>
	Hip flexor	2.67 ± 0.95 (1-4)
	Knee extensor	3.17 ± 1.06 (0-4)
	<u>Ankle dorsiflexor</u>	<u>1.14 ± 1.18 (0-4)</u>
手のBrunnstrom Stage	5.39 ± 0.94 (3-6)	2 ± 0.96 (1-4)
Functional Ambulation Categories	4.04 ± 0.93 (2-5)	2.49 ± 1.05 (0-4)

近位筋の運動麻痺は？

Intact CRP

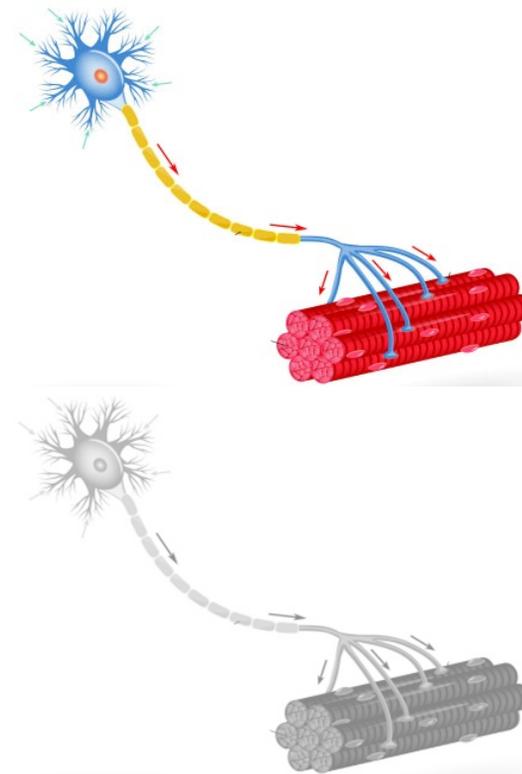
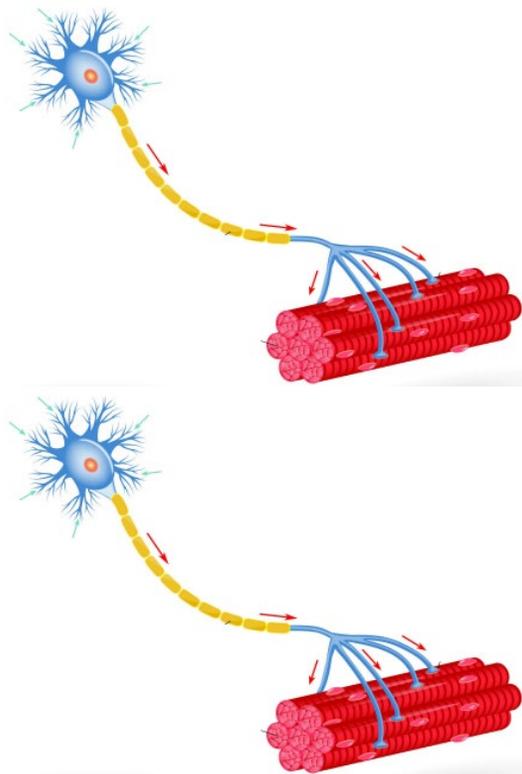
Discontinued CRP



	Upper extremity			Lower extremity		
	Shoulder	Elbow	Hand	Hip	Knee	Ankle
MI scores	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Intact CRP (n = 16)	73.38 (9.37)	74.50 (8.15)	73.19 (9.36)	73.38 (9.37)	72.25 (10.32)	72.50 (11.51)
Discontinued CRP (n = 18)	66.00 (9.20)	72.44 (9.71)	76.28 (7.48)	66.00 (9.20)	69.00 (8.30)	62.72 (18.06)
p-value	0.028*	0.512	0.535	0.028*	0.317	0.067

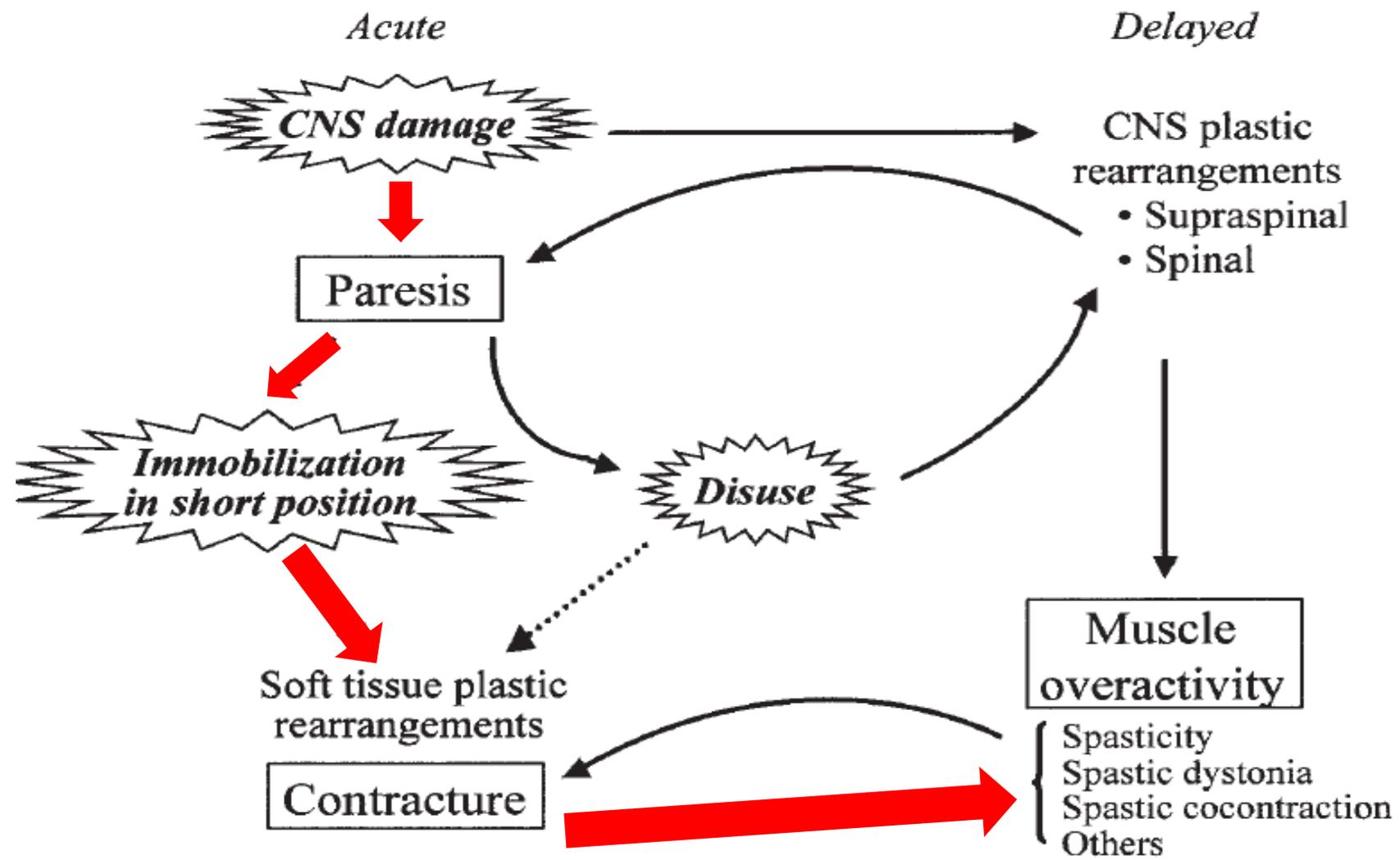
弛緩性麻痺 ≡ 弱化 (weakness)

- ✓ 筋出力は**発射頻度** (時間的要素) **数** (空間的要素) および**タイミング** (同期化) で規定される。
- ✓ 皮質脊髄路損傷による**運動単位の減少**により 関節トルクを十分に生み出せない状態となる



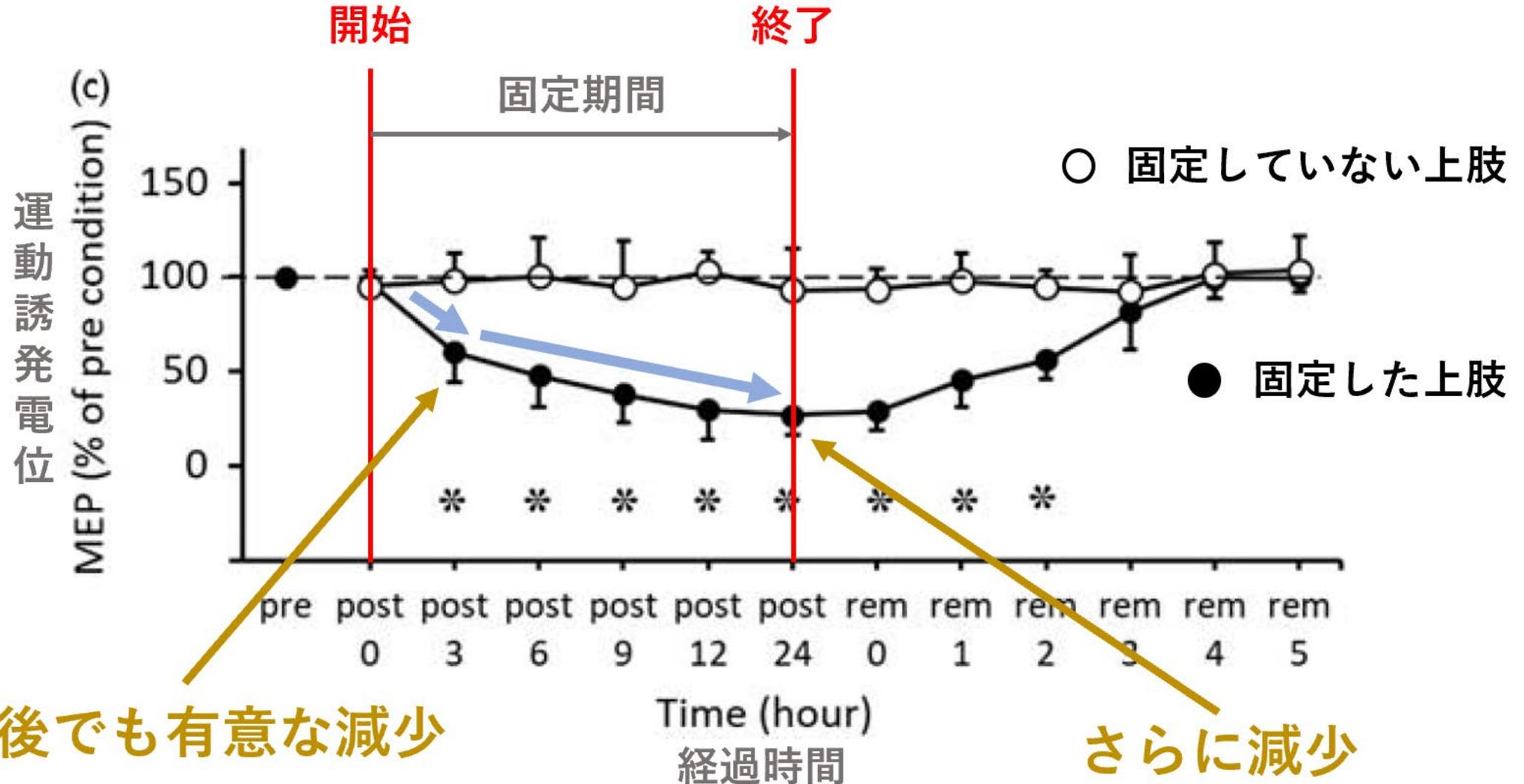
弱化 (weakness) の行きつく先

✓ 適切な介入がされなければ不動が拘縮に繋がり、痙縮や同時収縮といった2次的な筋の過活動につながる可能性がある。

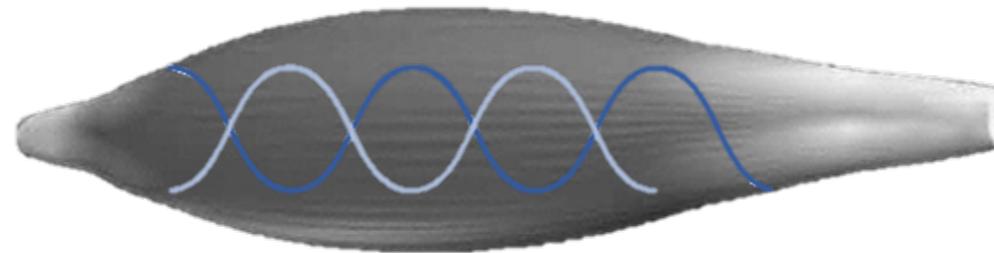


不使用の影響

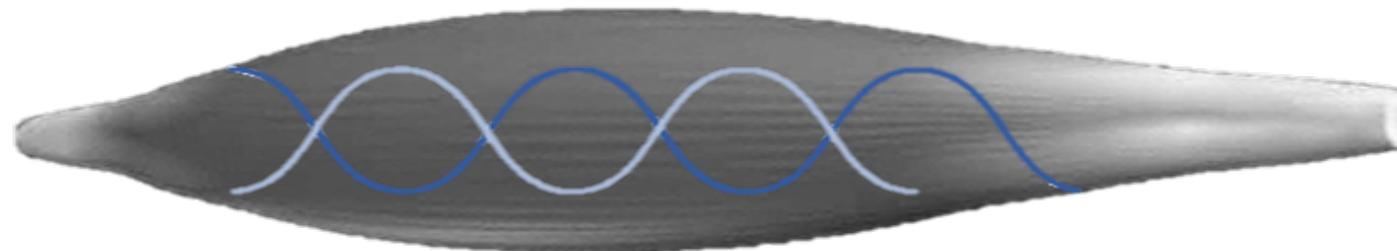
- ✓ 健常者において、手/前腕の固定化/不使用により、開始3h以内から短母趾屈筋のCST興奮性(MEP)が低下した。MVCは40%減少した。著明な筋委縮は認めなかった。



筋張力が失われると？①



麻痺の影響による
筋張力の欠如

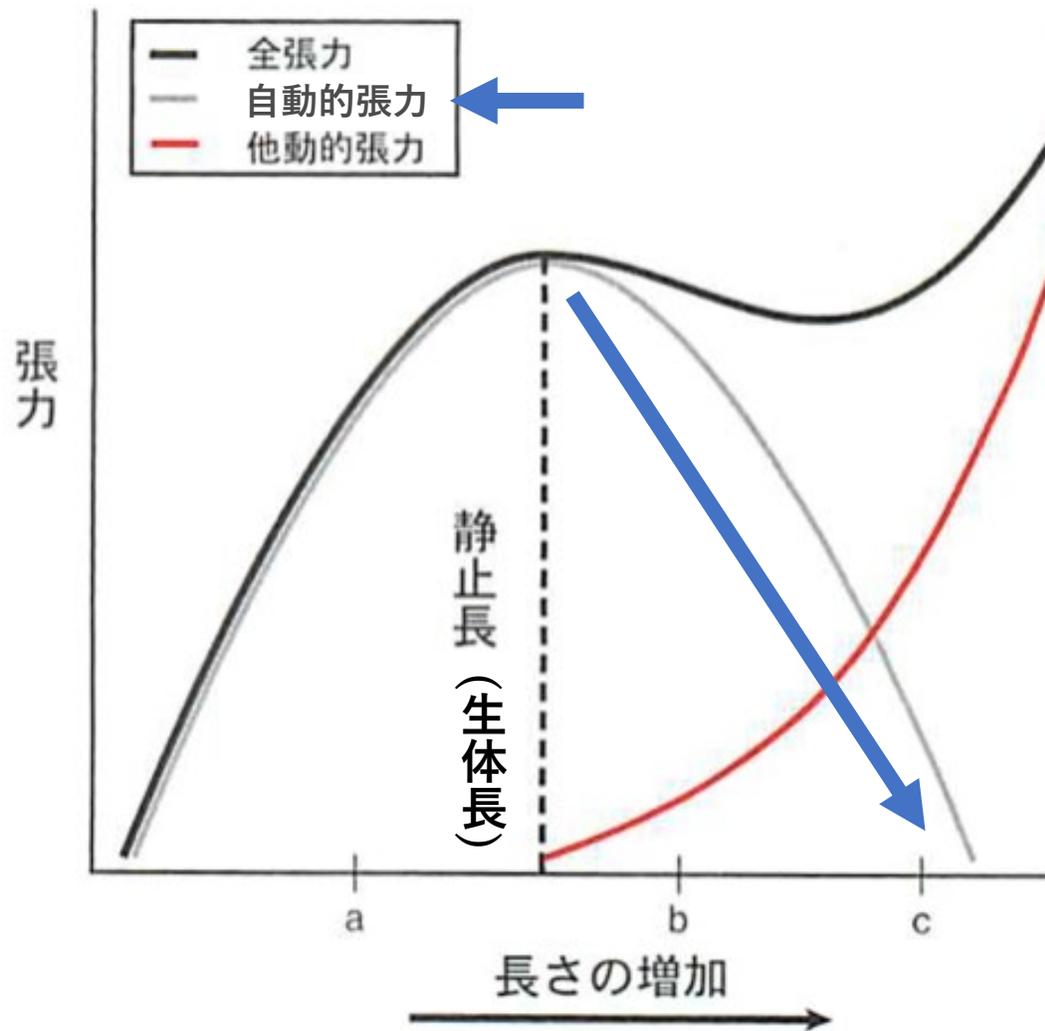


筋張力が失われると？②

- ✓ 筋張力の減少によって長さが増加し「**自動的張力（随意運動時の張力）**」が減少するため、より活動しづらい状態に陥る。

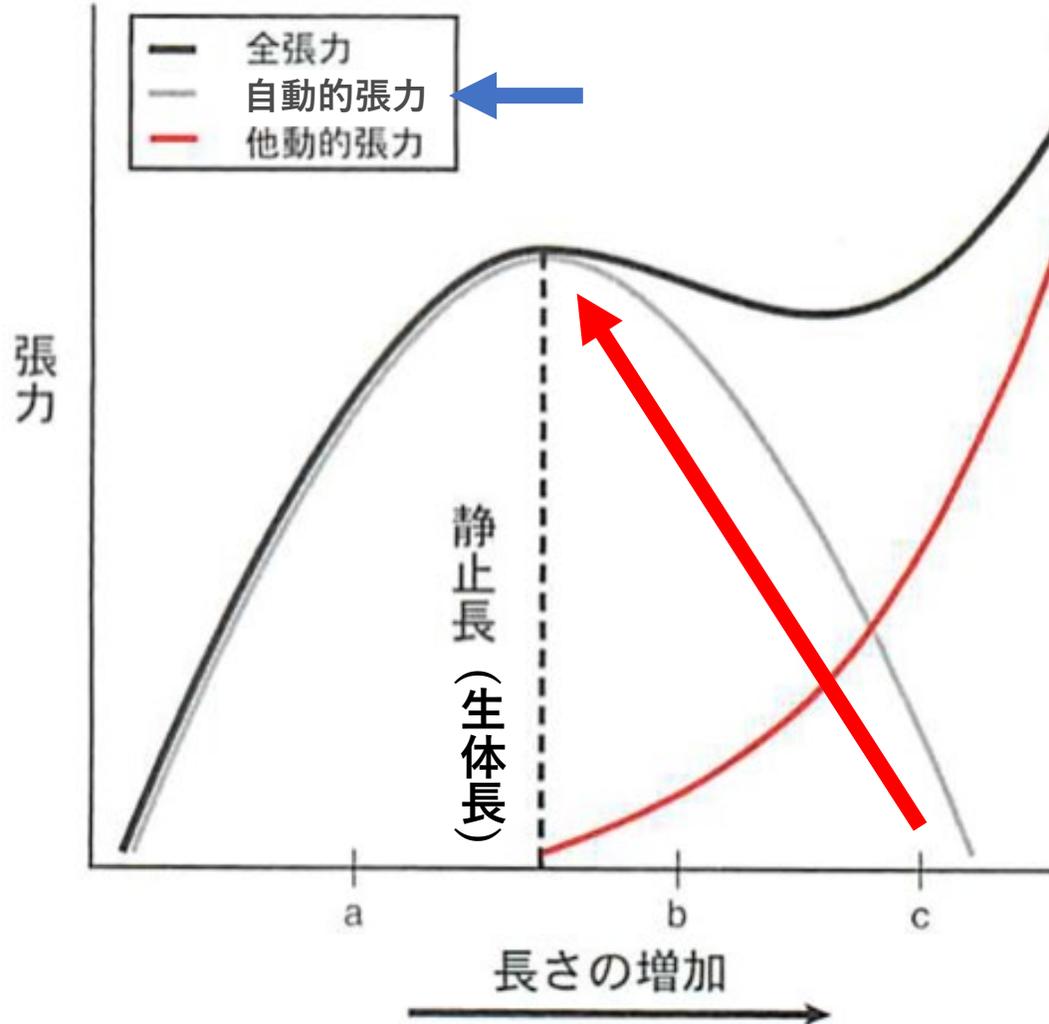


この状態…



①骨格筋へのアプローチ

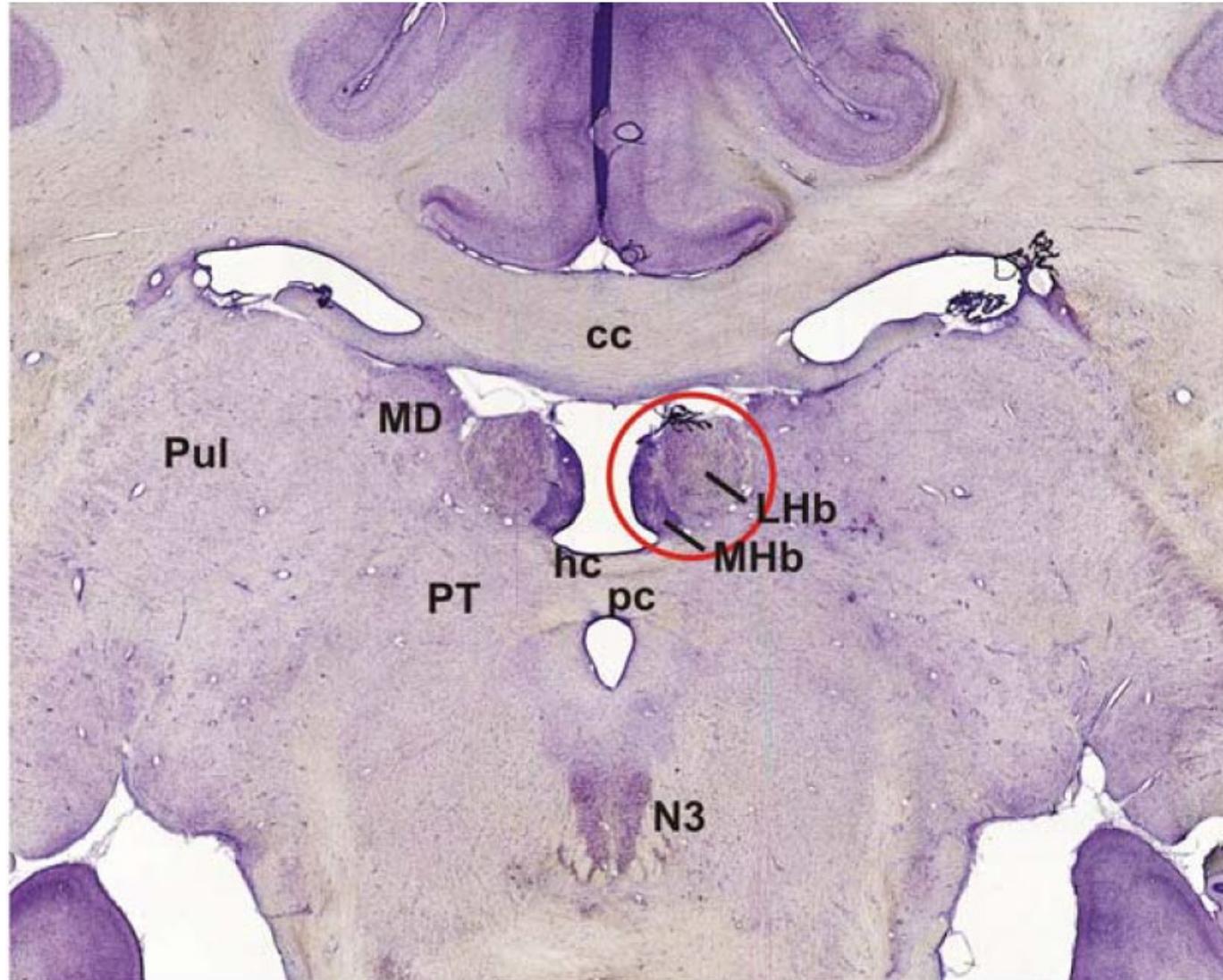
- ✓ セラピストの徒手によって収縮方向へ筋肉を誘導する必要がある
- ✓ 筋肉を包み込んで安定させることで①筋肉自体の構造的な位置が修正され、②筋・筋膜の固有受容器を刺激することができる。



こうしたい！

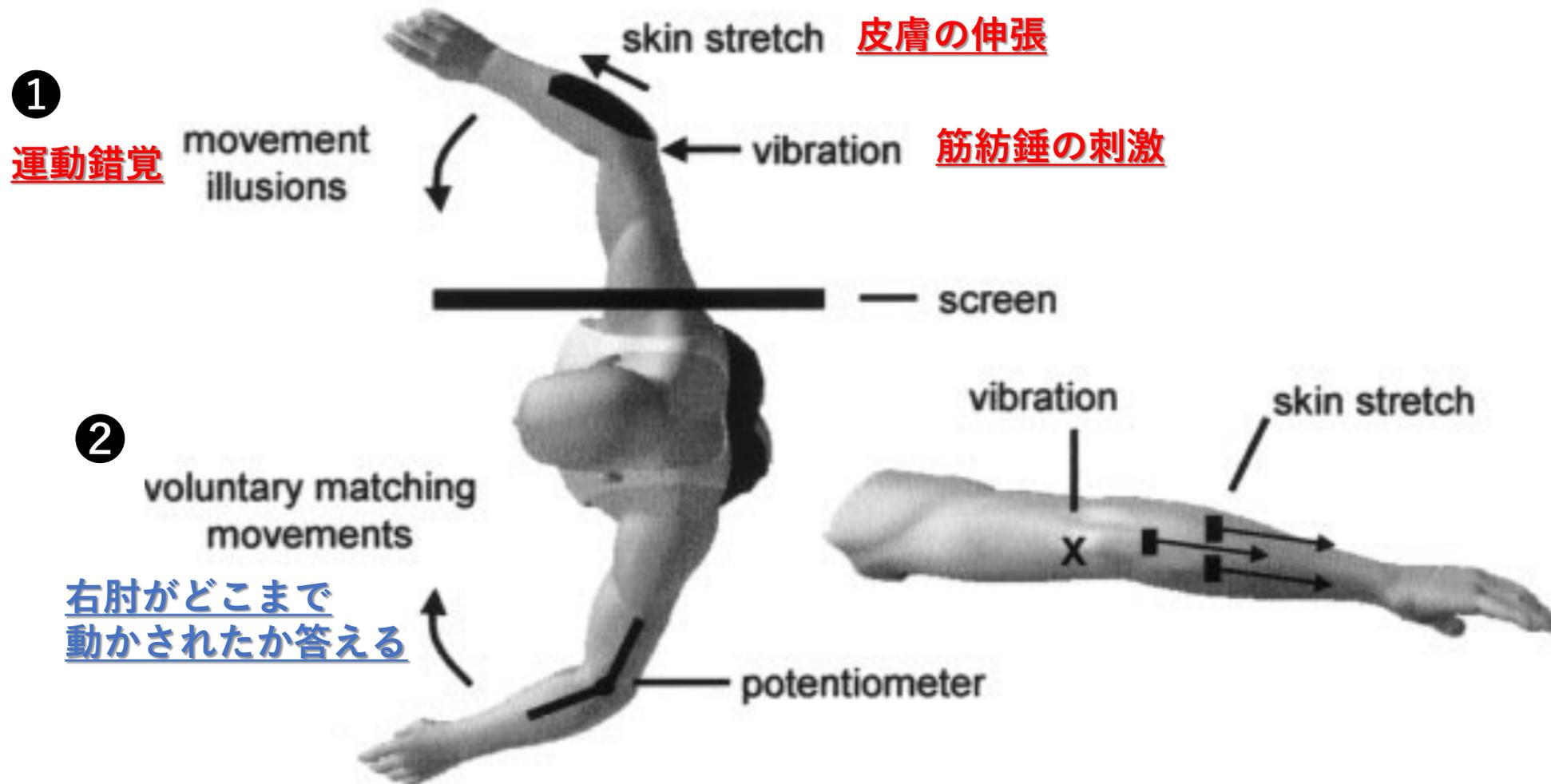
②丁寧なハンドリング

- ✓ 外側手綱核(LHb)は主に**嫌悪刺激に反応**し、腹側被蓋野(VTA)・縫線核(RN)・黒質緻密部(SNc)のドーパミン神経を抑制する
- ✓ 強引なタッチ/ハンドリングは痛み等の嫌悪刺激になり得るため、「丁寧に」「安心感のある」タッチを忘れないように。



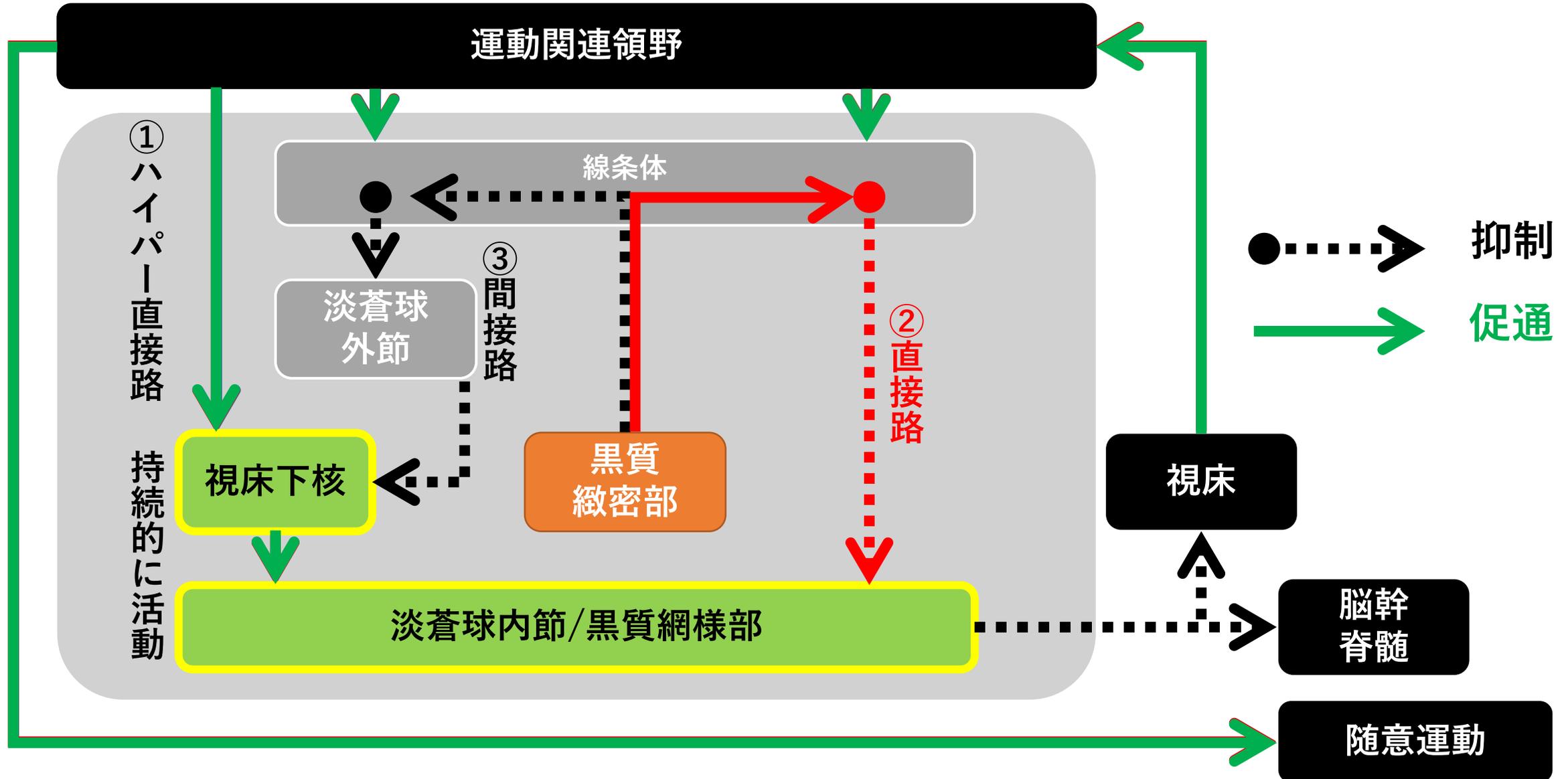
③皮膚の伸張も組み合わせる

✓ 振動（筋紡錘の刺激）に皮膚の伸張刺激を組み合わせることで運動錯覚が77%（43/56例）増大した。



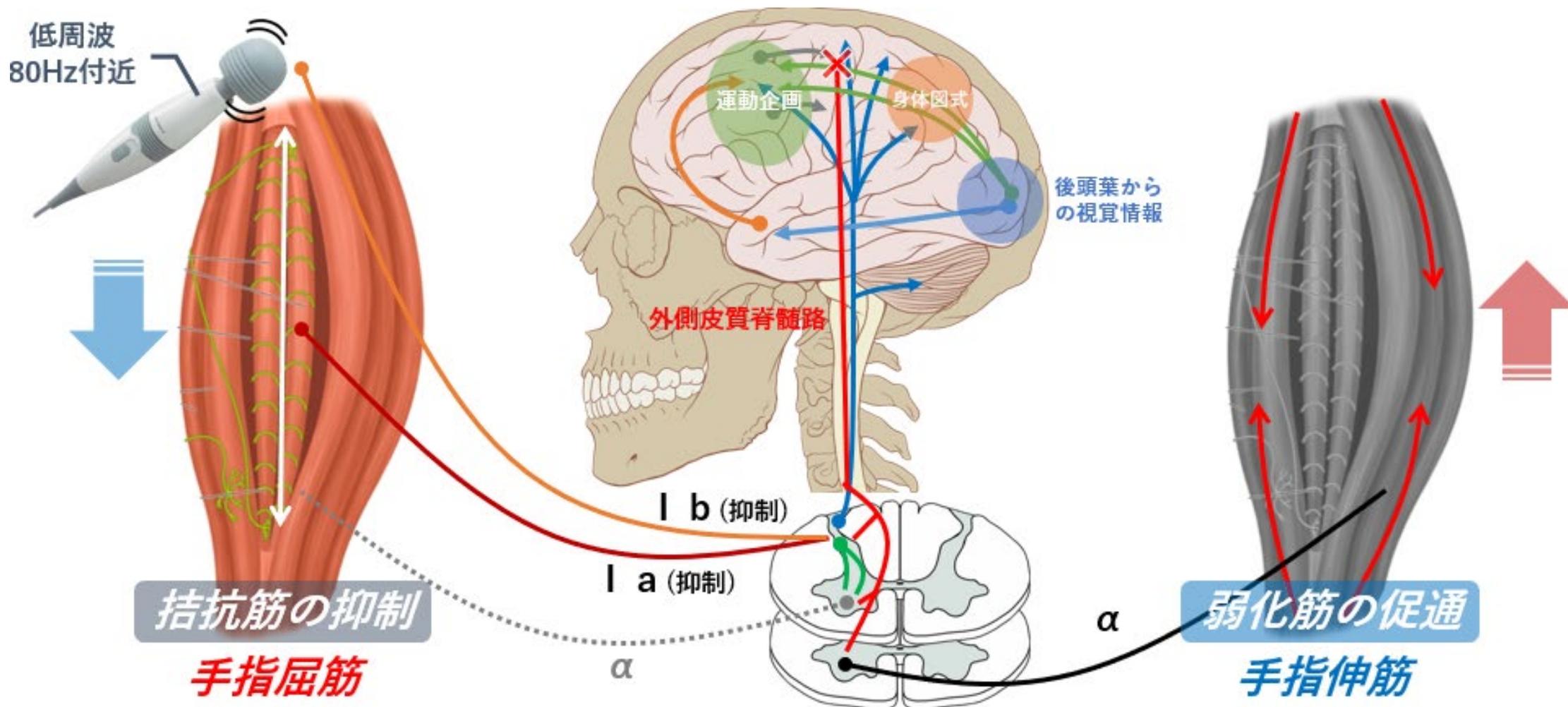
④ ドーパミンによるループの強化

✓ 黒質緻密部ドーパミンによって②直接路が促通され、運動関連領野が活動しやすくなる

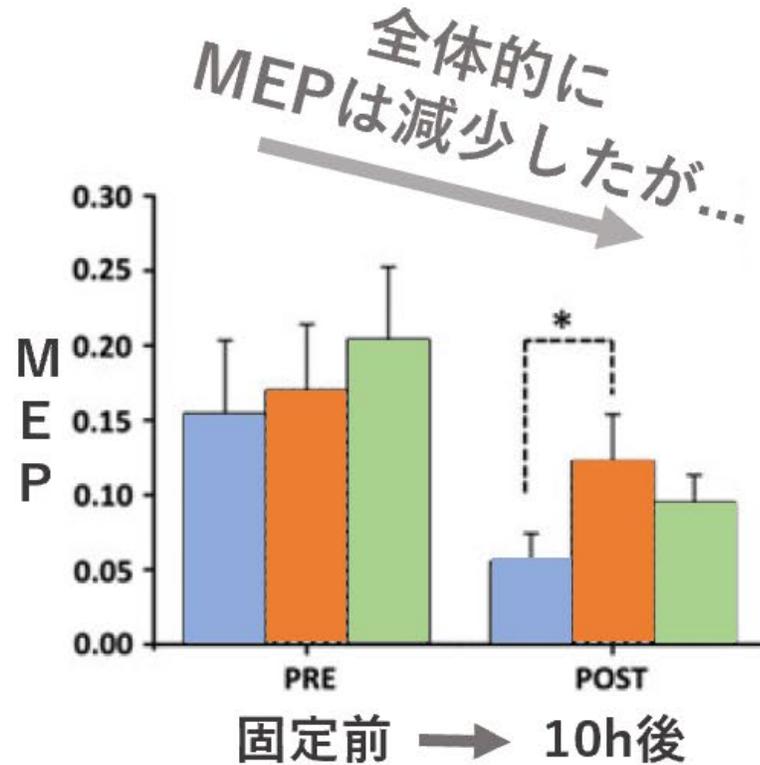


⑤ 腱振動刺激による運動錯覚

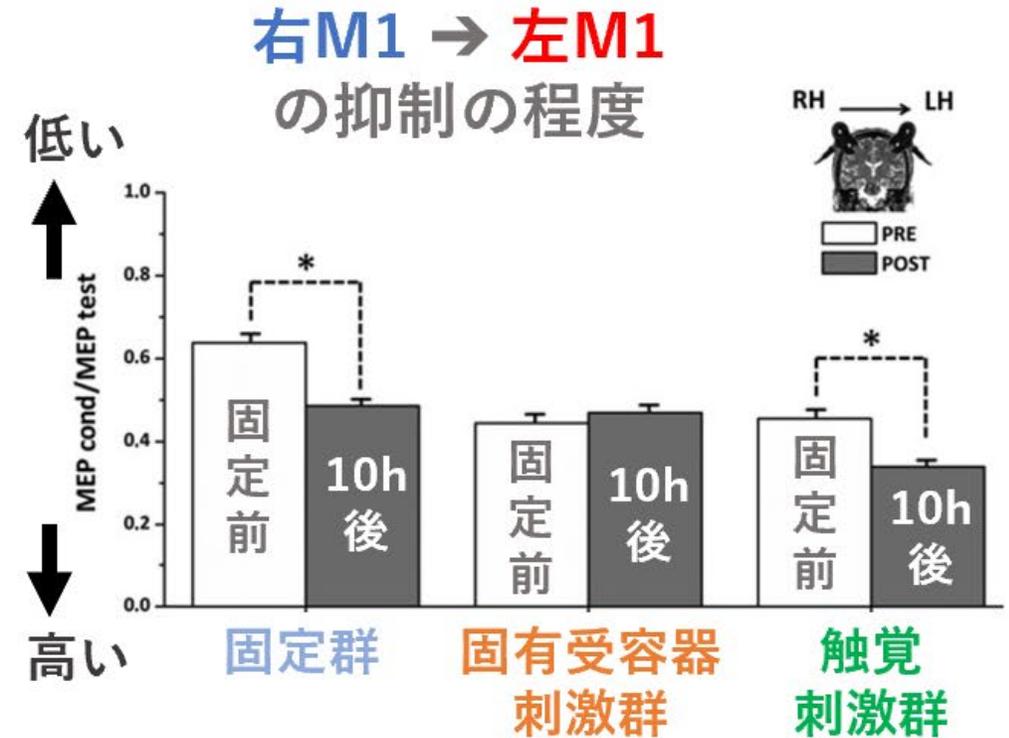
- ✓ 腱振動刺激は長反射ループを介して運動錯覚を誘発する
- ✓ 拮抗筋への腱振動刺激による運動錯覚は皮質脊髓路の興奮性を上げる
- ✓ 低周波による振動刺激は一次運動野/体性感覚野/小脳皮質までを賦活させることを報告



⑥ 触覚よりも深部感覚閾値での振動刺激



固定群よりも
固有受容器刺激群の
MEPが高い

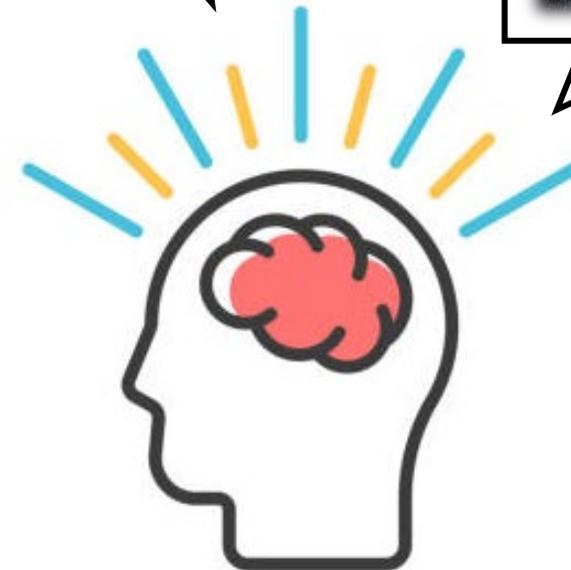


固有受容器刺激群のみ固定した
上肢活動を抑制するような
半球間抑制が増大しなかった

⑦運動イメージ

- ✓ 運動イメージを使用した4週間の介入研究において、リハビリ前のビデオ視聴と運動イメージの想像課題は体幹筋群の筋活動と固有感覚を有意に改善させた。

		Experimental group ^a	Control group ^b
IO (%)	pre	32.1 ± 12.0 ^c	35.0 ± 9.3
内腹斜筋	post	61.0 ± 6.0* [†]	50.28 ± 7.5*
EO (%)	pre	41.3 ± 12.3	39.2 ± 5.2
外腹斜筋	post	65.6 ± 7.0* [†]	53.94 ± 8.7*
RA (%)	pre	29.1 ± 6.1	33.8 ± 7.4
腹直筋	post	66.4 ± 10.0* [†]	52.6 ± 6.2*
MF (%)	pre	40.3 ± 9.5	41.6 ± 7.4
多裂筋	post	69.0 ± 12.1* [†]	54.9 ± 9.1*
RE (°)	pre	5.8 ± 2.3 ^c	6.0 ± 2.7
位置覚	post	1.8 ± 0.7* [†]	4.6 ± 2.5



⑧神経筋電気刺激の効果

- ✓ 肩関節亜脱臼の程度や疼痛, 手関節/手指伸筋群や足関節背屈等の筋出力そしてROMの改善が多く報告されている。運動閾値の刺激だけでなく感覚閾値での刺激も一次体性感覚野の活性化から一次運動野の活性化につながる可能性がある。

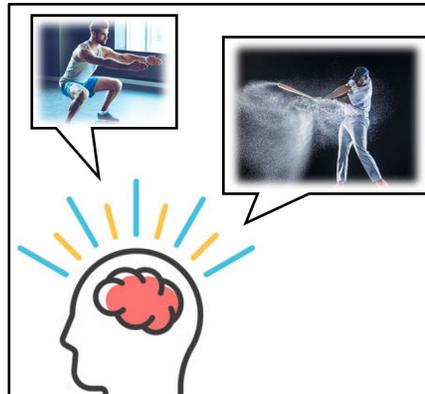
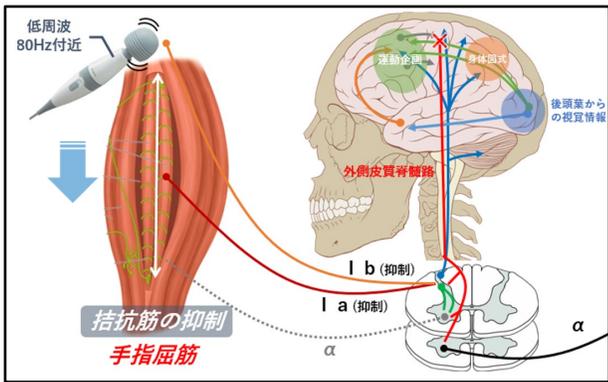
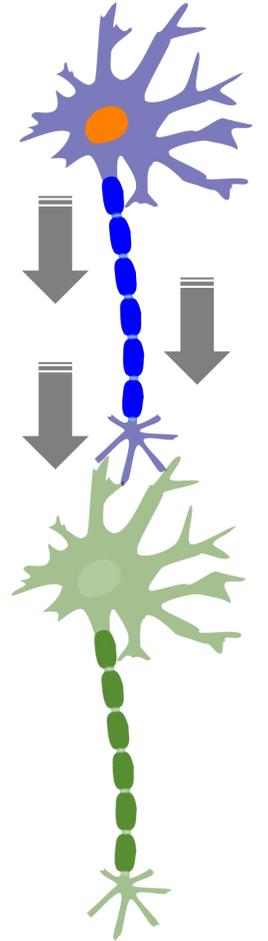
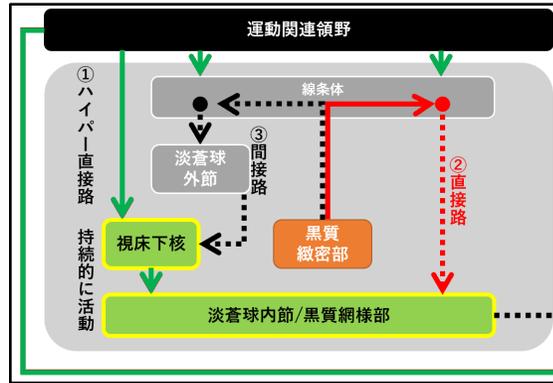
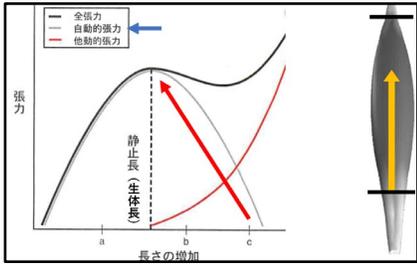
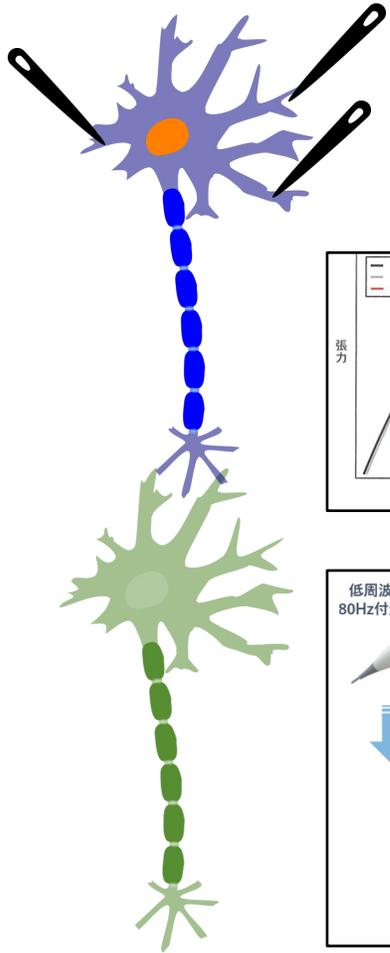


どう促通するか

シナプス前細胞
の同時刺激
(空間的荷重)

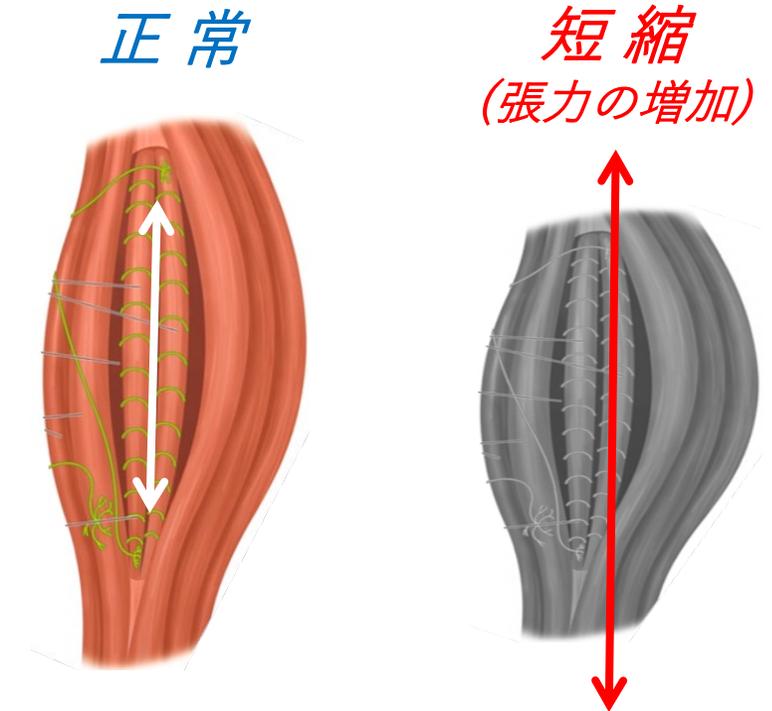
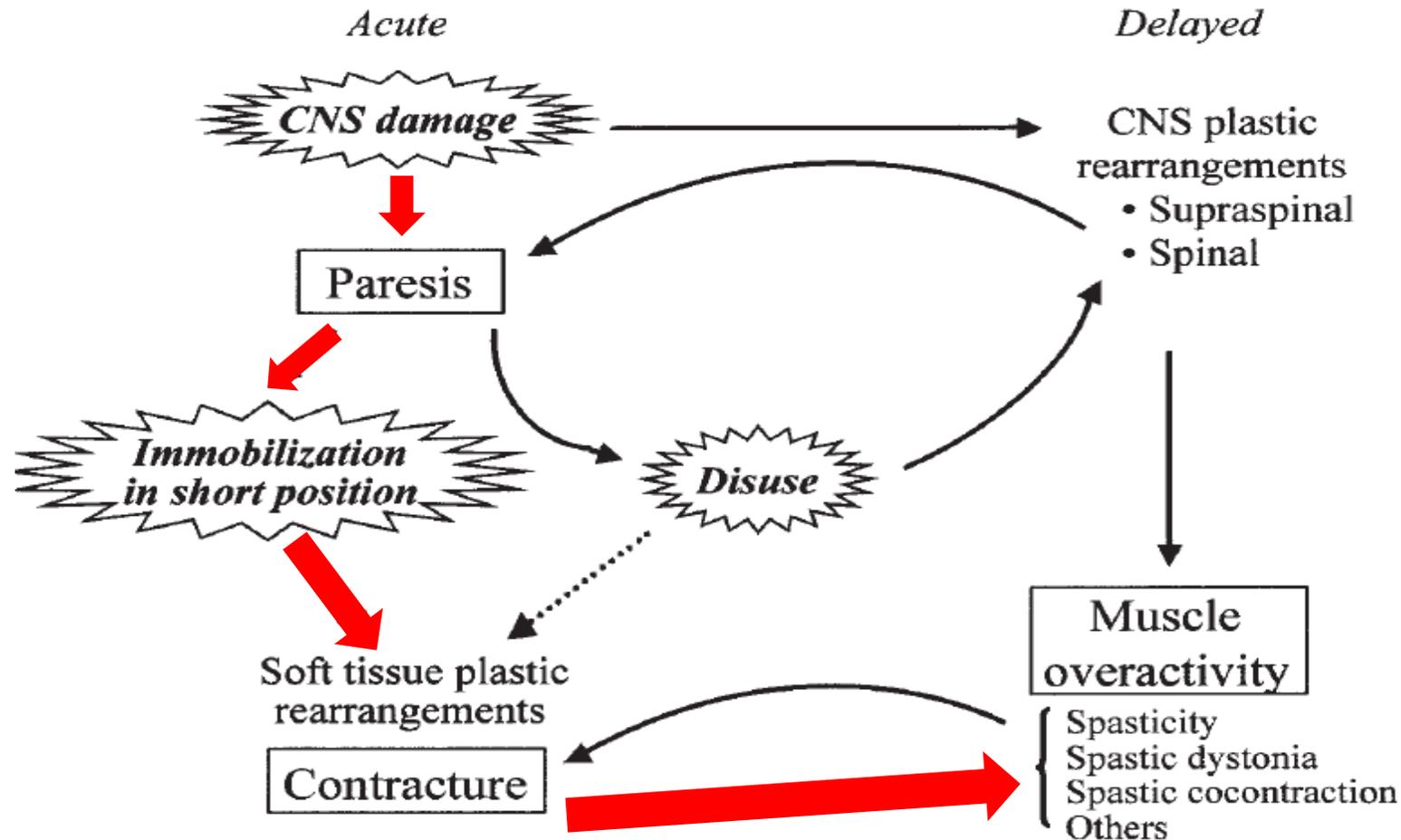
シナプス前細胞
の高頻度刺激
(時間的荷重)

&



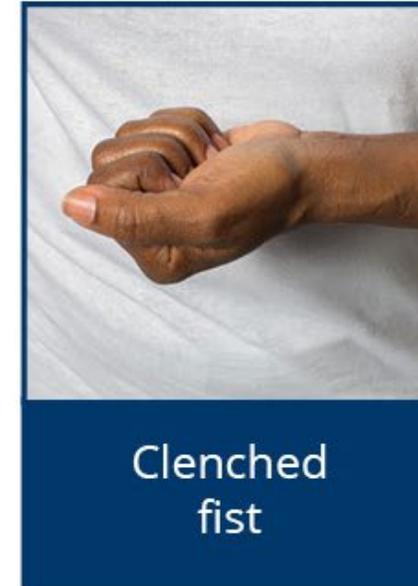
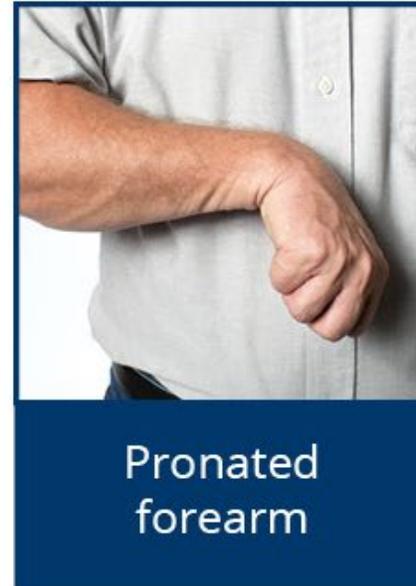
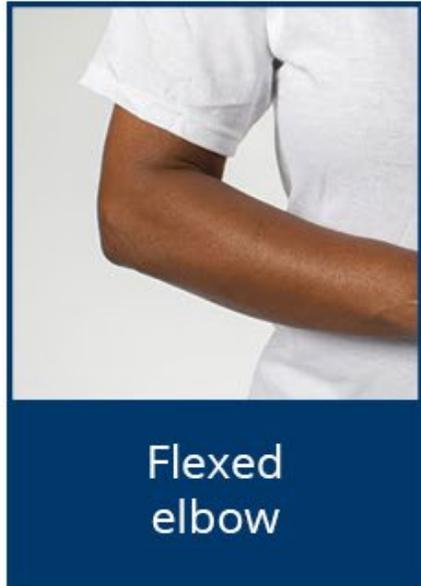
短縮は痙縮を助長する

- ✓ 関節を構成する組織の伸張性や粘弾性によって生じる抵抗により筋紡錘へと伸張刺激が伝達されやすくなることで痙縮が増強する。それにより短縮がさらに増強する負のループが生じる。



痙縮の定義

- ✓ 痙縮とは上位運動ニューロン症候群の一要素であり、伸張反射亢進の結果として生じる腱反射亢進および緊張性伸張反射（筋緊張）の速度依存性増加を特徴とする運動障害である



痙縮発生のメカニズム

- ✓ 痙縮のメカニズムは大まかに、①反射性要素と②非反射性要素に分類される
- ✓ 反射性要素は、脊髄伸張反射回路内の異常処理と、脊髄よりも上位のニューロンによる下降性制御の破綻に分類される



反射性要素



非反射性要素

痙縮の原因

神経原性（反射性要素）

- ① γ 機能亢進
- ② シナプス前抑制の減少
- ③ homosynaptic depressionの減少
- ④ 反回抑制の減少
- ⑤ Ia相反抑制の異常
- ⑥ 相反性Ib促通
- ⑦ II 促通
- ⑧ 下降路制御のインバランス

非神経原性（非反射性要素）

- ⑨ 軟部/結合組織変化に伴う筋紡錘への刺激量増加

⑦ 下降路のインバランス

- ✓ 皮質網様体脊髄路の遮断によって **脊髄内反射回路に対する抑制性入力**が減少し痙縮が生じる説
- ✓ **背側網様体脊髄路 (dorsal RST)** : 延髄の腹内側網様体から出力される **唯一の抑制性経路**
- ✓ 内側網様体脊髄路 (medial RST) : 橋被蓋から出力される促通性経路
- ✓ 前庭脊髄路 (VST) : 外側前庭核から出力される促通性経路

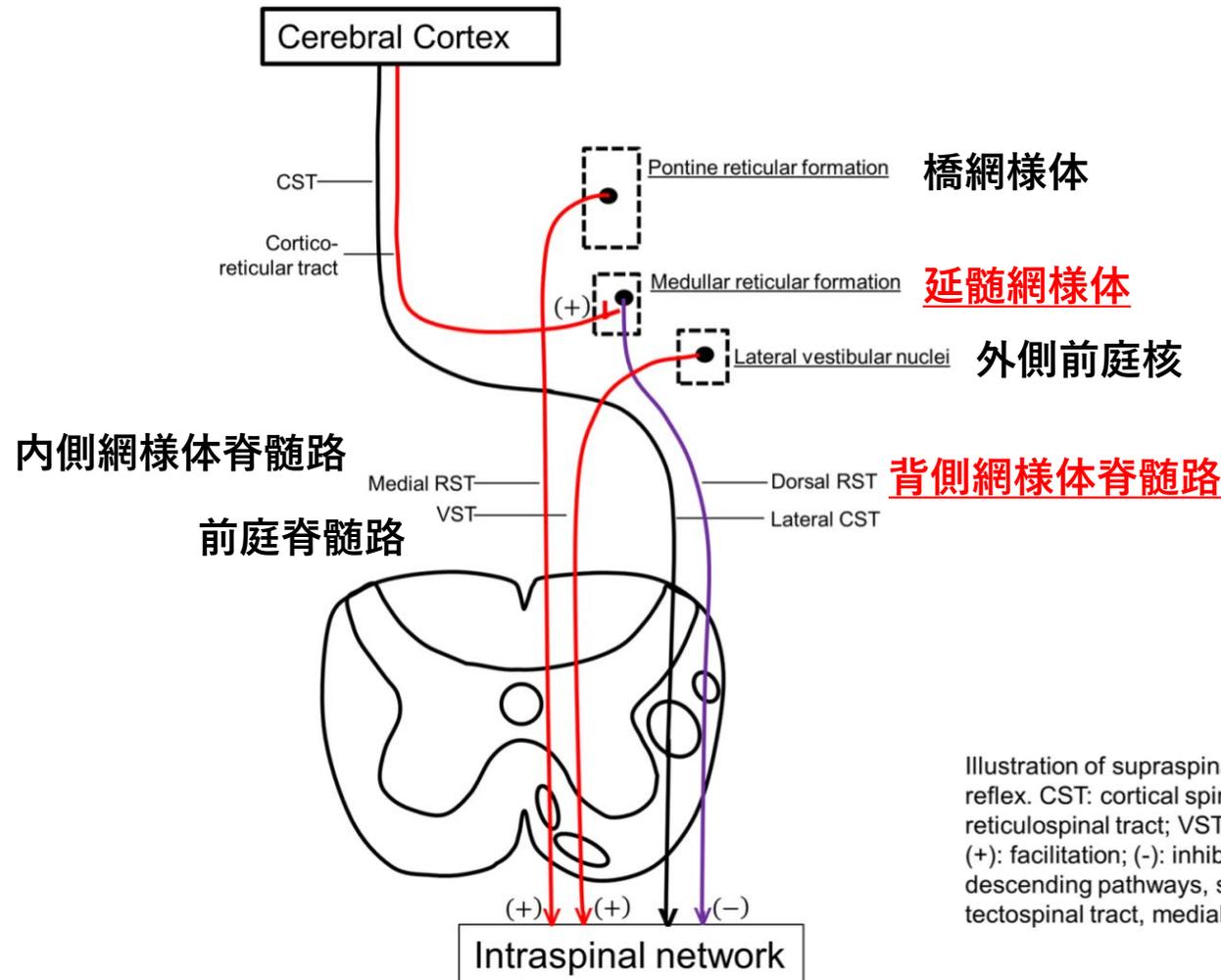
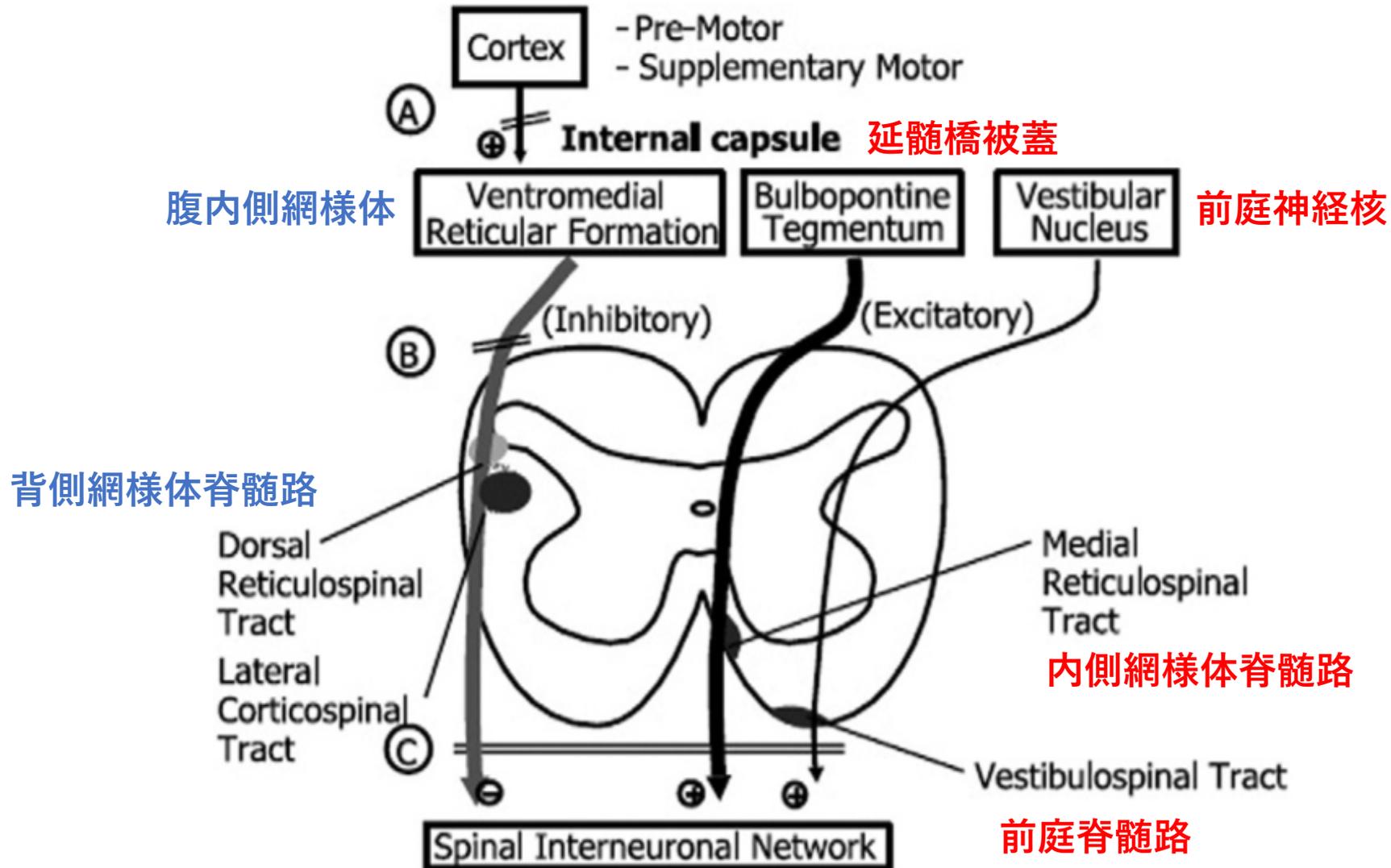


Illustration of supraspinal control of spinal stretch reflex. CST: cortical spinal tract; RST: reticulospinal tract; VST: vestibular spinal tract; (+): facilitation; (-): inhibition. NOTE: other descending pathways, such as rubrospinal tract, tectospinal tract, medial CST are not shown here.

背側網様体脊髓路

- ✓ 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、**筋緊張抑制系**として働く。皮質網様体路からの入力を受ける。



補足運動野・運動前野

皮質網様体路

網様体(延髄腹内側)

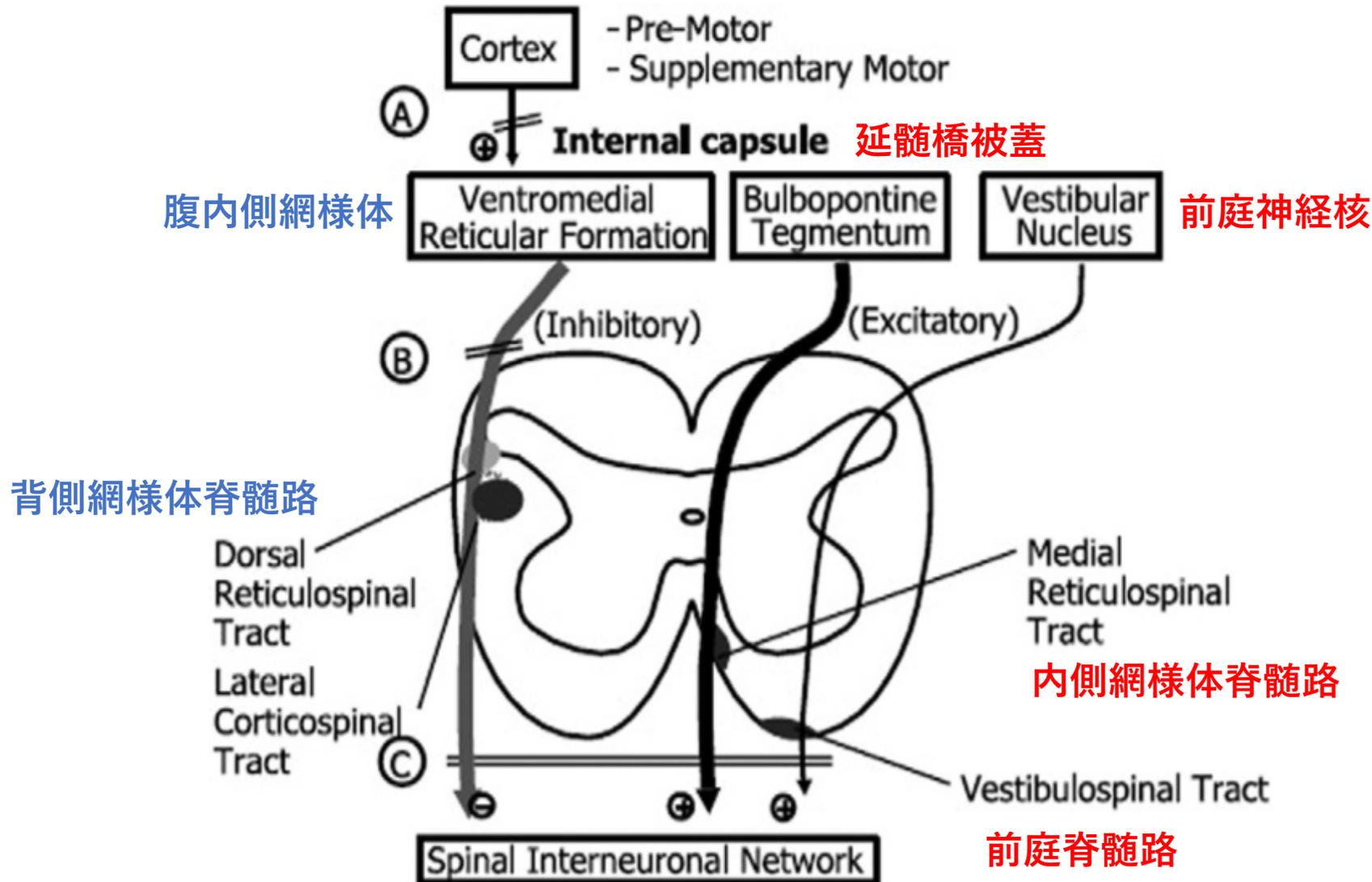
背側網様体脊髓路

脊髓

骨格筋

内側網様体脊髄路

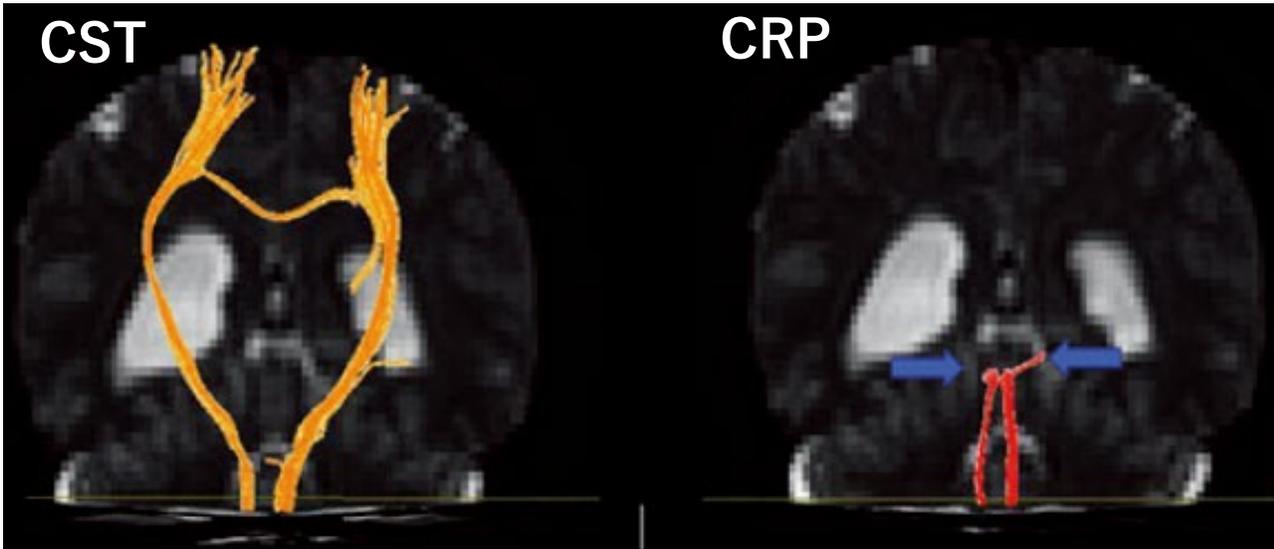
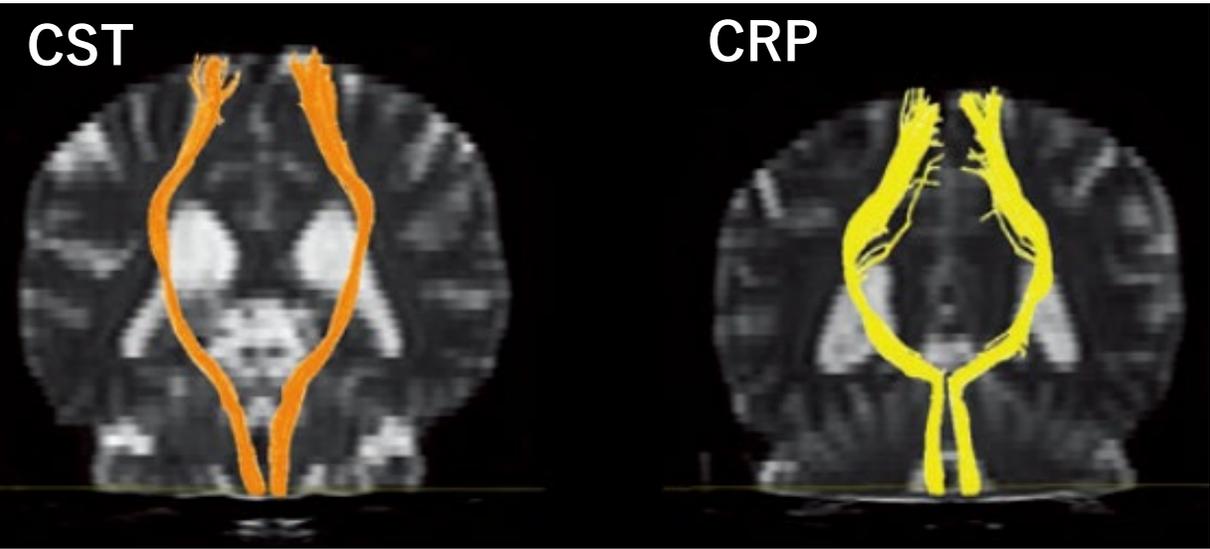
- ✓ 橋被蓋から出力され **脊髄内回路に対して促進性に働く経路**。外側前庭脊髄路と共に **筋緊張促進系**として活動する。



近位筋の運動麻痺は？

Intact CRP

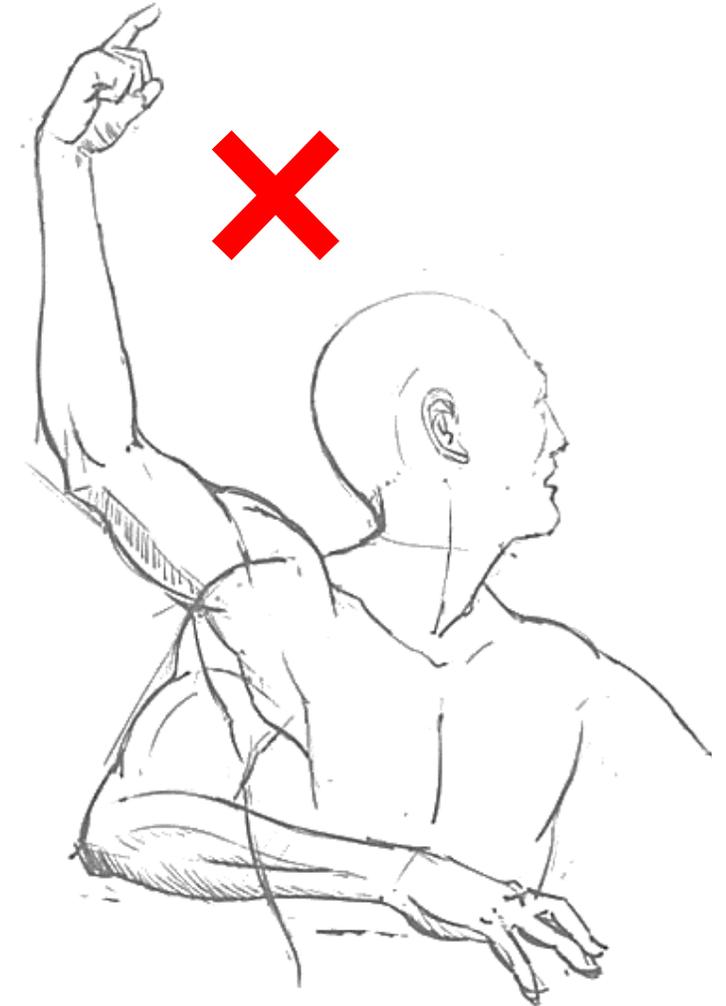
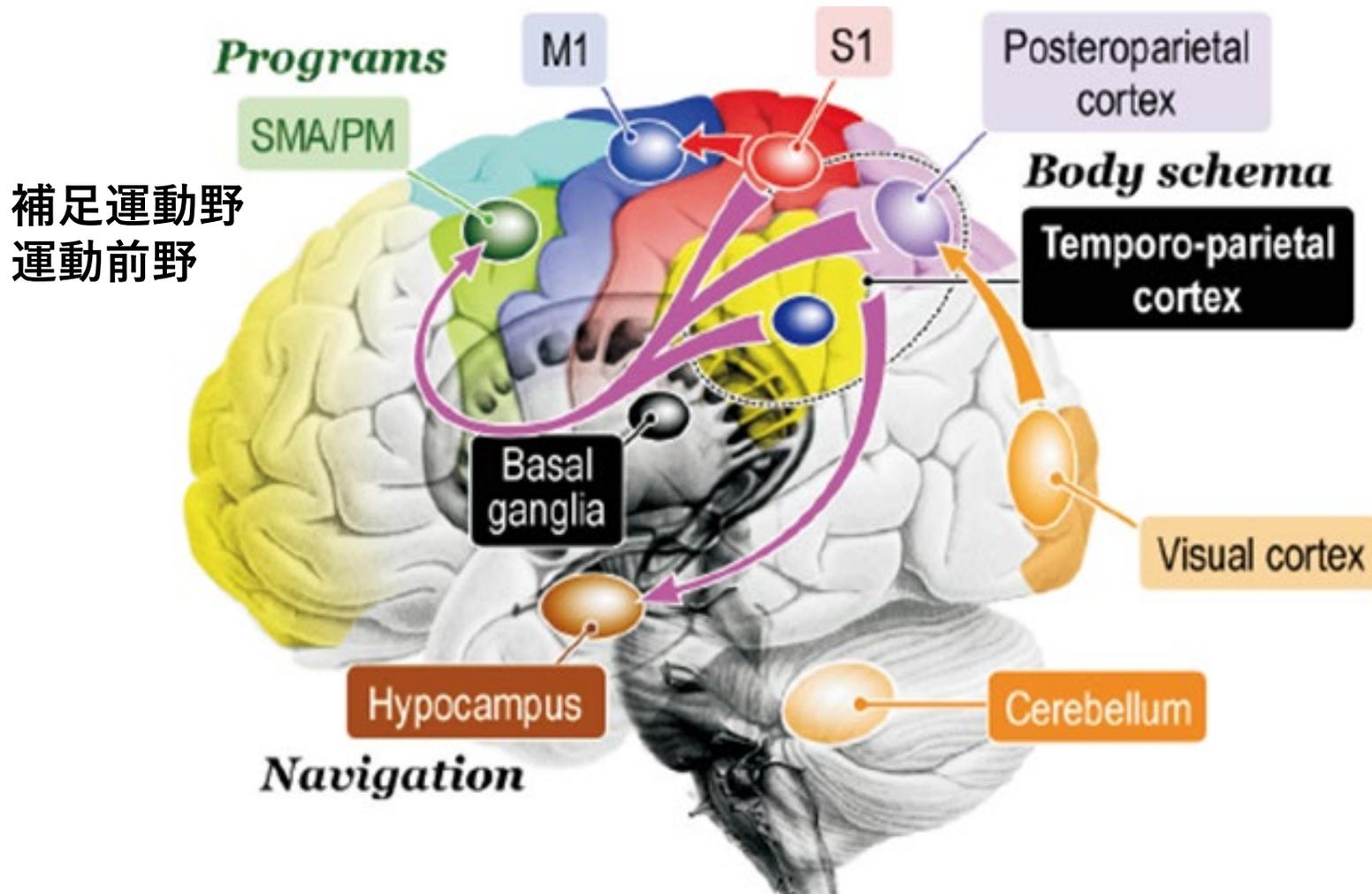
Discontinued CRP



	Upper extremity			Lower extremity		
	Shoulder	Elbow	Hand	Hip	Knee	Ankle
MI scores	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Intact CRP (n = 16)	73.38 (9.37)	74.50 (8.15)	73.19 (9.36)	73.38 (9.37)	72.25 (10.32)	72.50 (11.51)
Discontinued CRP (n = 18)	66.00 (9.20)	72.44 (9.71)	76.28 (7.48)	66.00 (9.20)	69.00 (8.30)	62.72 (18.06)
p-value	0.028*	0.512	0.535	0.028*	0.317	0.067

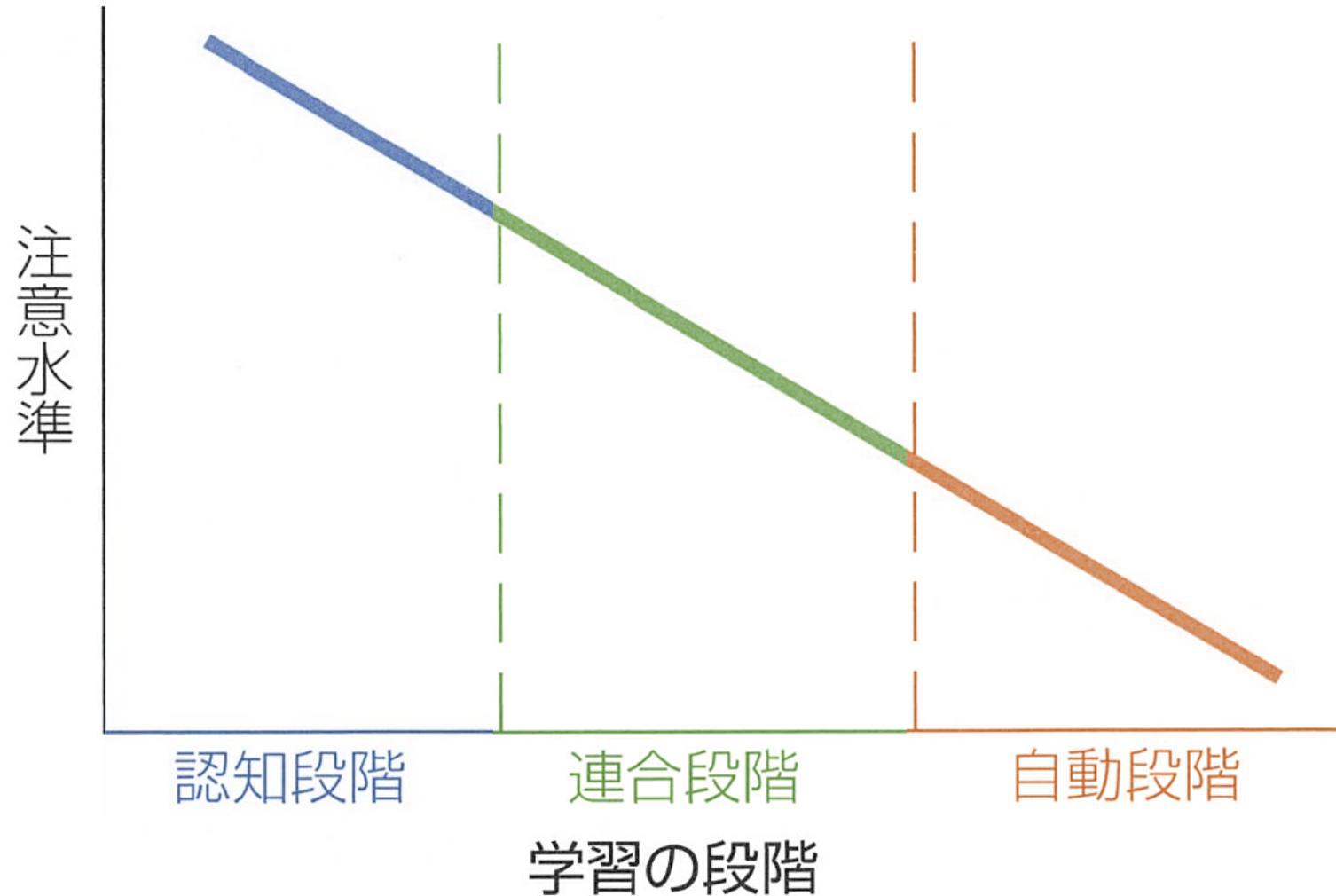
6野の活性化に必要なこと

- ✓ 本人の得意なパターンでの運動はすでに定着した身体図式を利用しているが、その運動パターンを変えるには普段使われていない組み合わせニューロンを働かせる（≒苦手な位置での運動をする）必要がある。



最初は意識的でも構わない

- ✓ ヒトは、新たな行為/行動を学習していく際に3つの段階を踏みながら運動を学習していく。
- ✓ 段階が進むにつれて、知覚情報に注意を向け認知するという水準が徐々に減少していく



内部モデルを築き上げる

- ✓ “意図する運動”と“実際に起きた運動”の誤差を，プルキンエ細胞にて照合/修正しながら適切な運動記憶を蓄積していくことにより，内部モデルは構築されていく（＝運動学習）
- ✓ 誤差修正による運動学習の積み重ねが内部モデルを生み，それに基づいてFeed back / Feed forward がなされる

