

An anatomical model of a muscle bundle, showing the striated texture and fibrous structure of the muscle fibers. The model is rendered in a realistic reddish-brown color with highlights and shadows that emphasize its three-dimensional form.

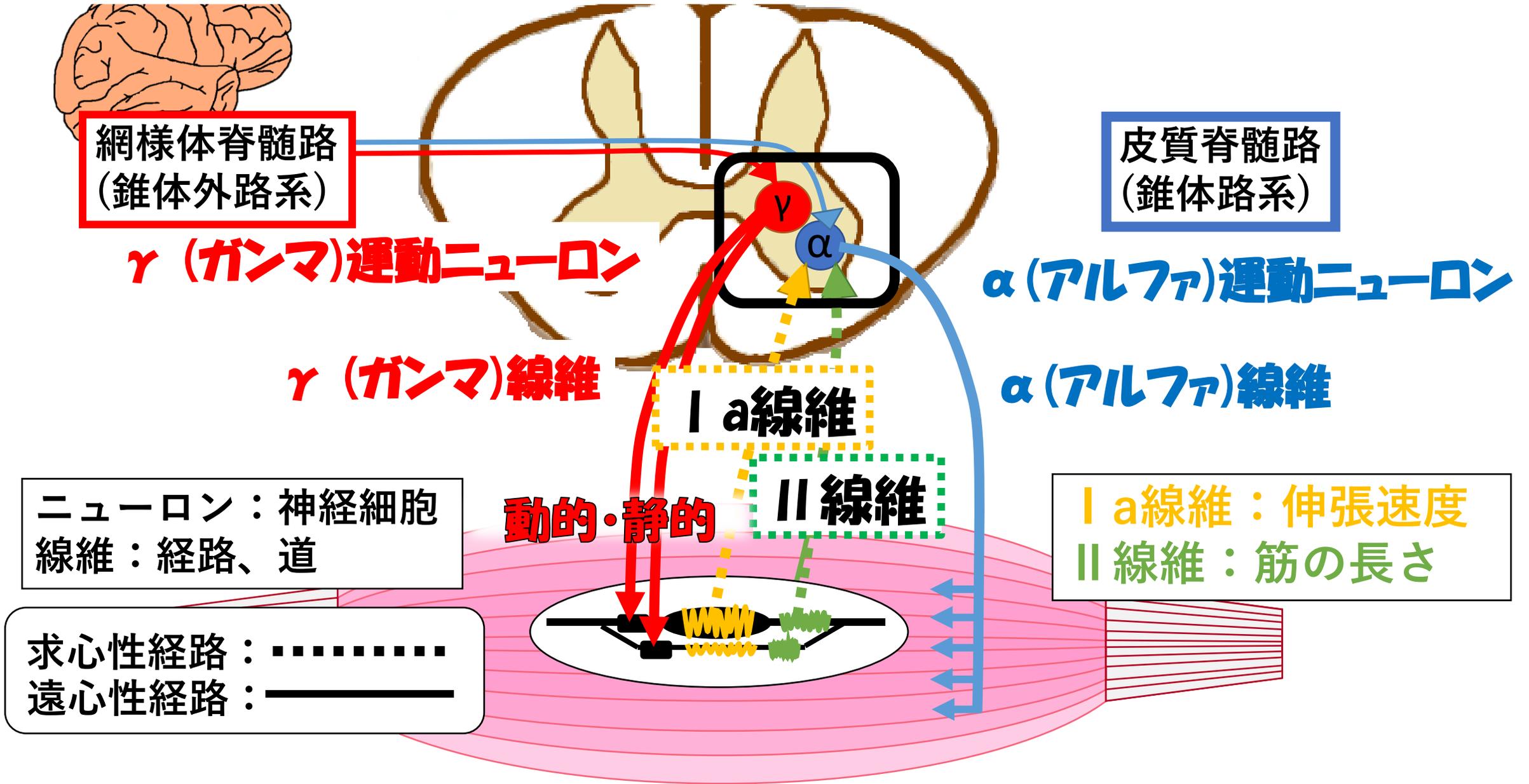
**Brain
image**

臨床にしか使えない
脳画像の見方と機能解剖

**筋緊張障害に対する治療のための考え方と脳画像
～筋緊張亢進・低下についてニューロリハの視点から考える～**

脳外臨床研究会 山上拓

到達目標：筋緊張システムの理解・臨床イメージの想起



筋緊張とは

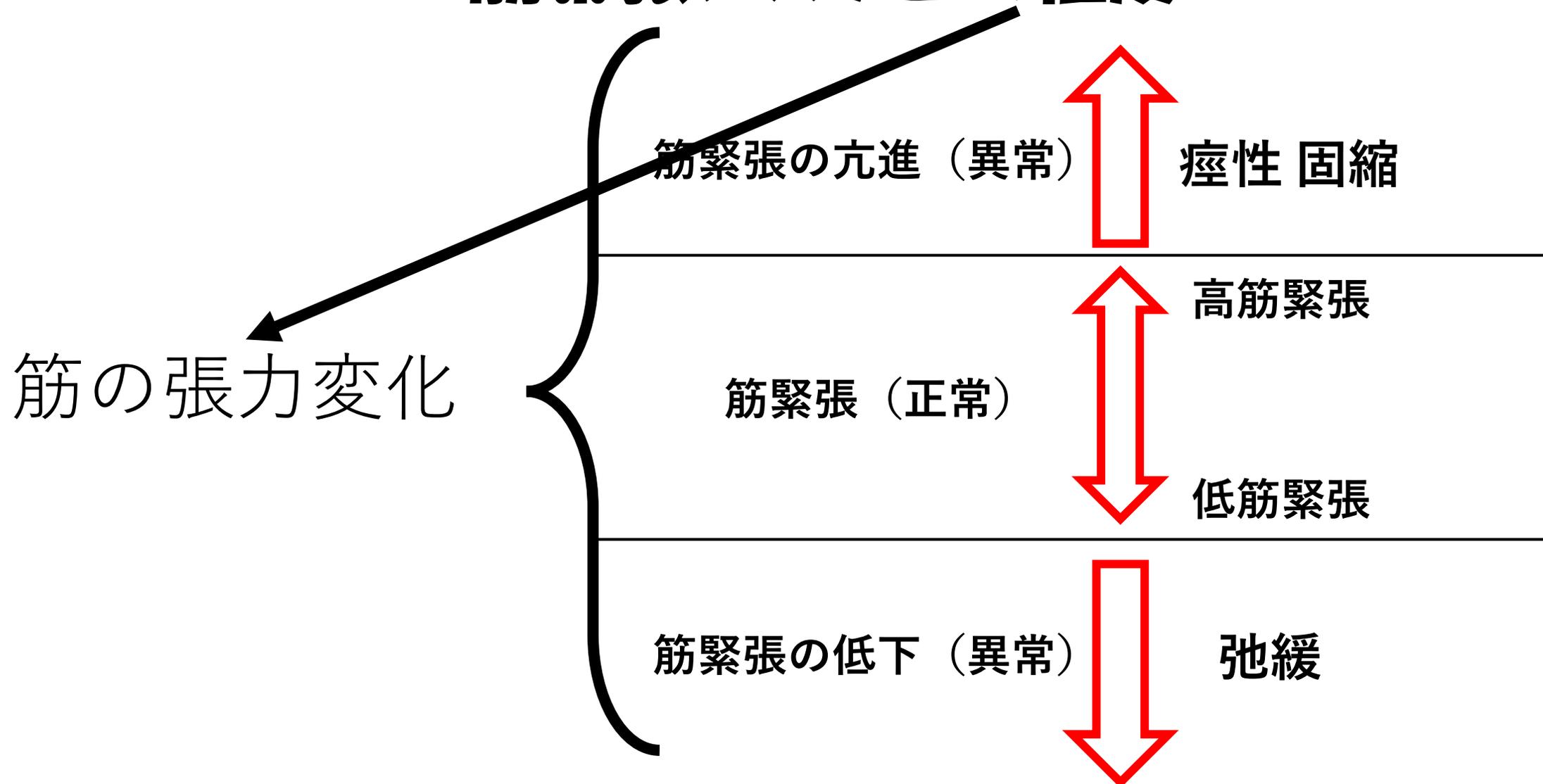
● ●
張力が常に、変動！！



不随意

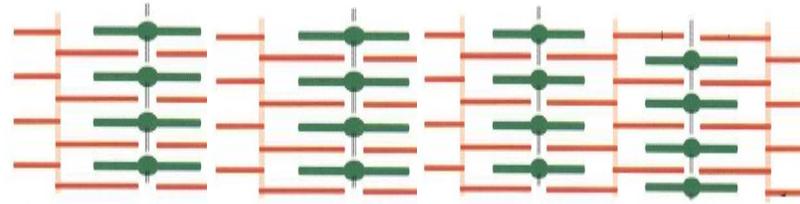
筋の張力を不随意的に常に変動させているシステム

筋緊張システムの程度

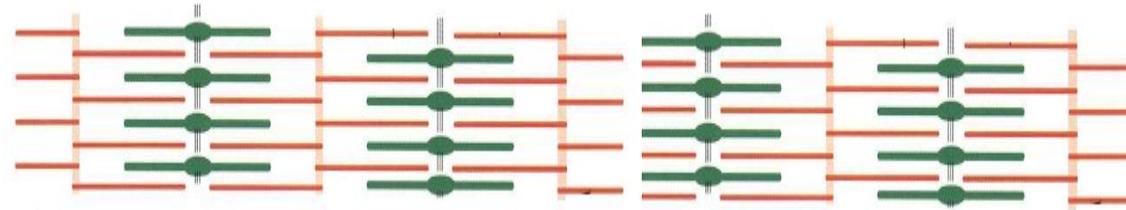


筋の張力変化とは

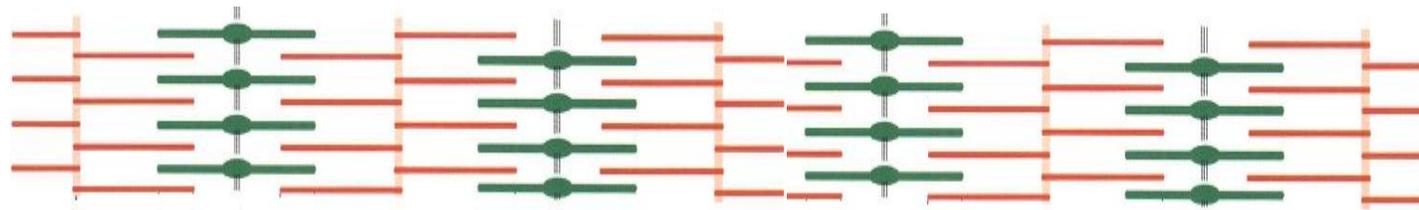
筋緊張亢進



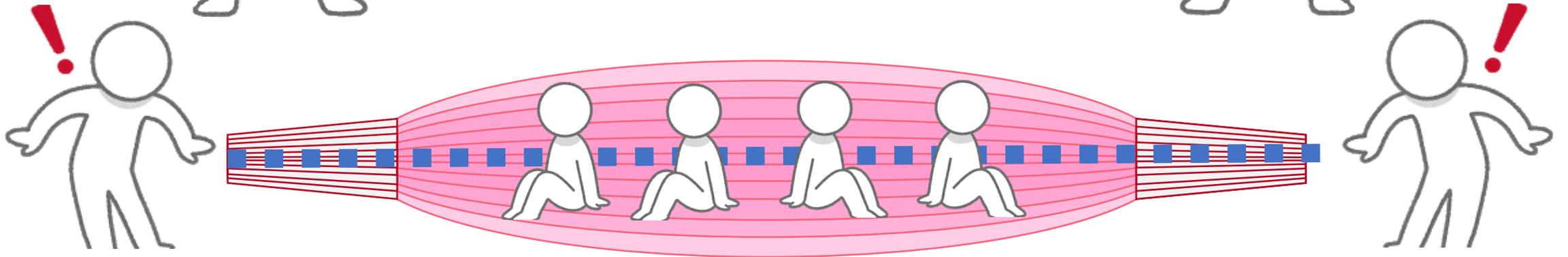
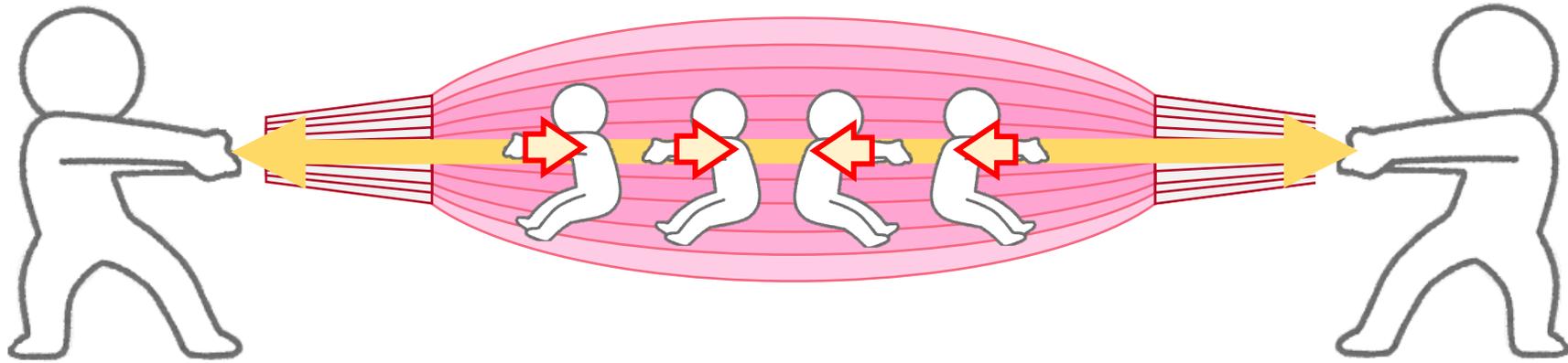
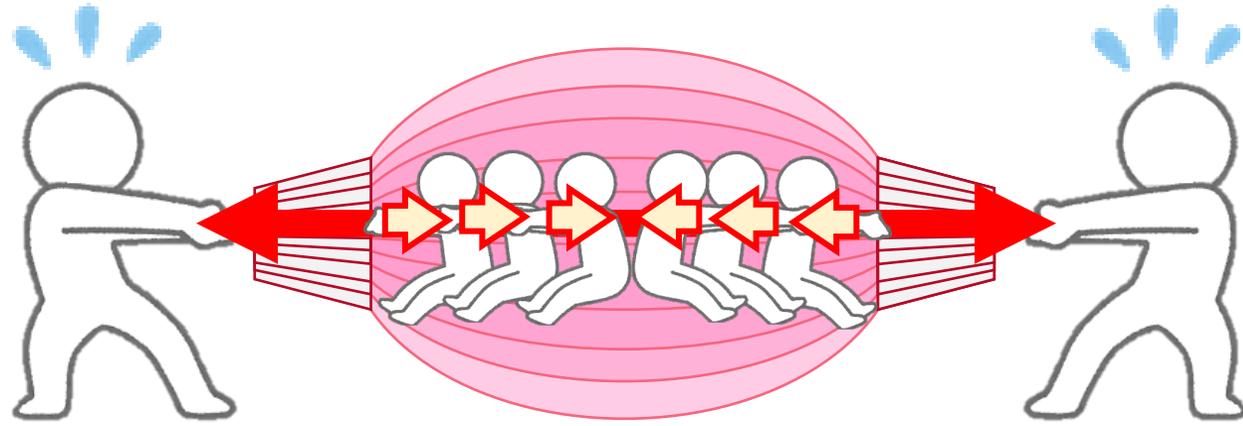
筋の緊張



弛緩

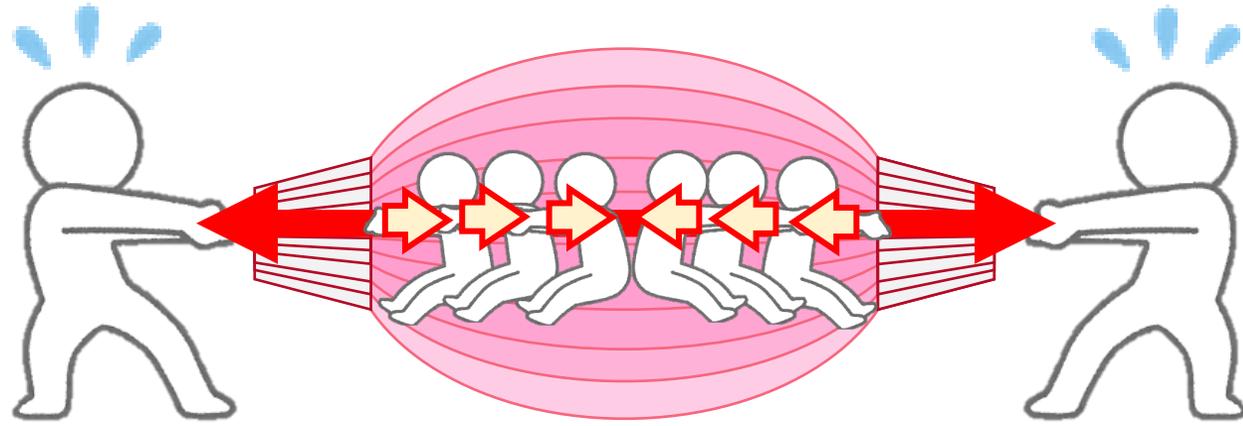


張力変化が出来るのは？

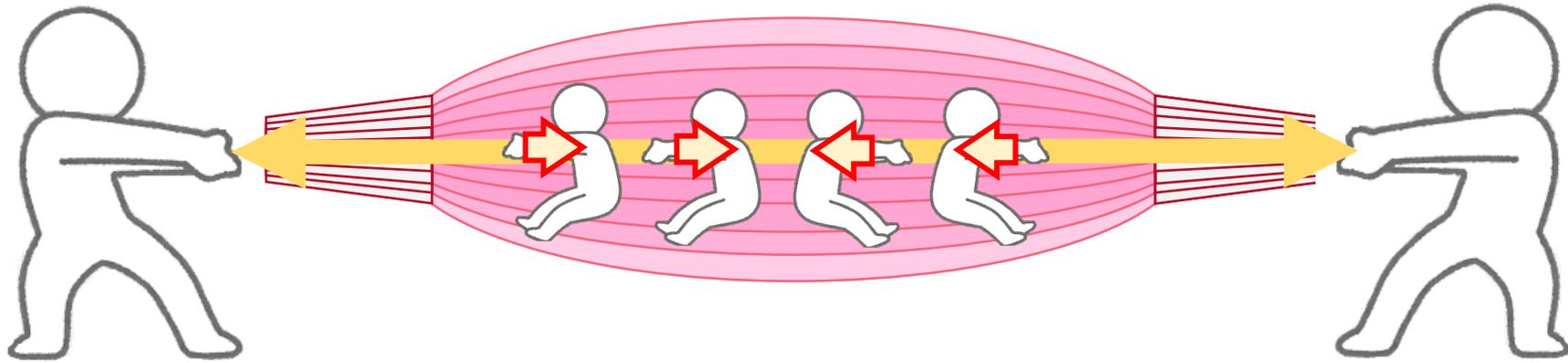


張力変化が出来るのは？

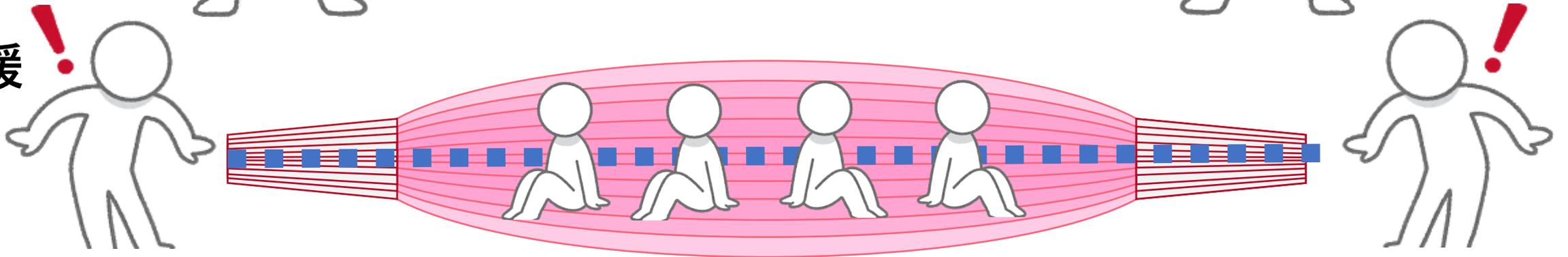
筋緊張
亢進

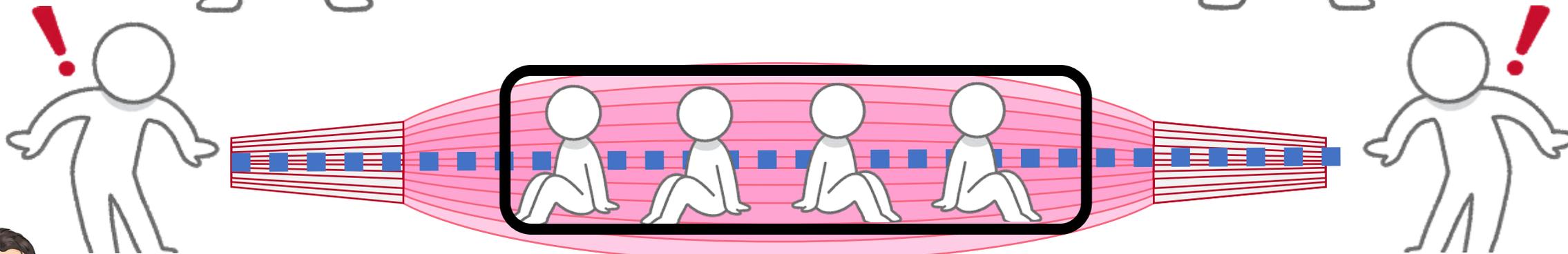
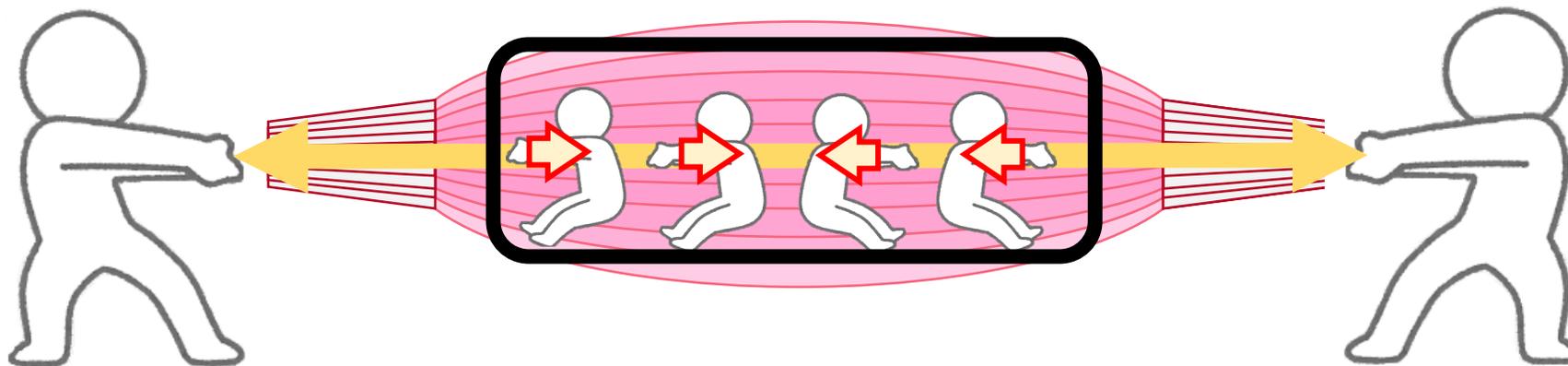
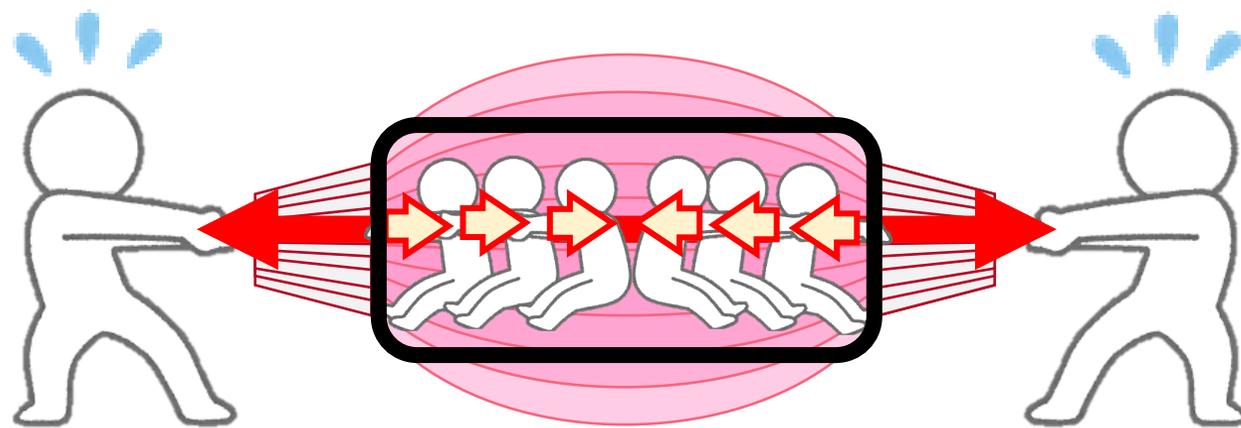


正常



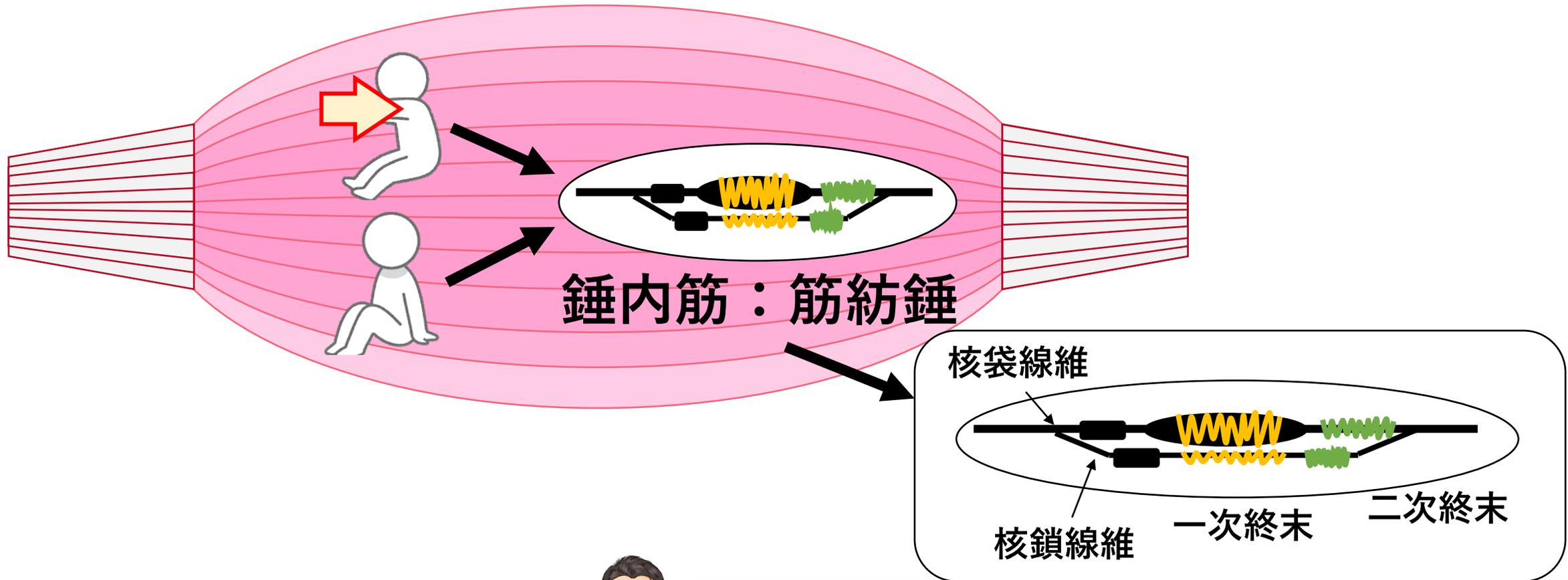
弛緩!





筋肉の中に張力を変化させる機能がある

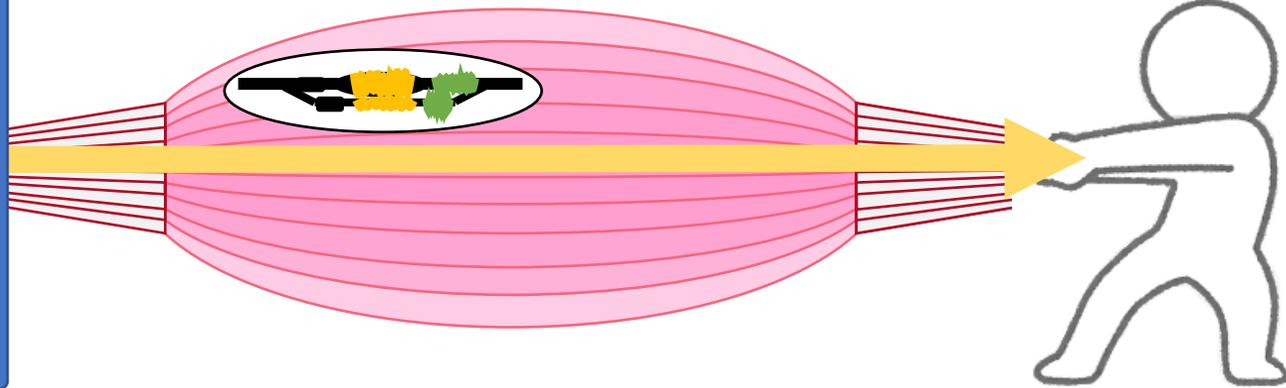
張力を変化させる機能とは？



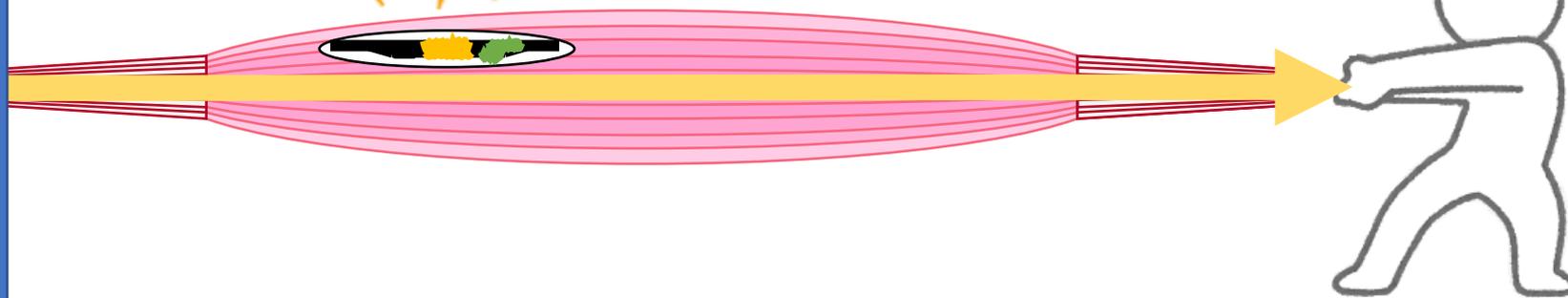
筋の張力を変化をキャッチして
更に張力を変化させるきっかけとなる

錘内筋：筋紡錘とは

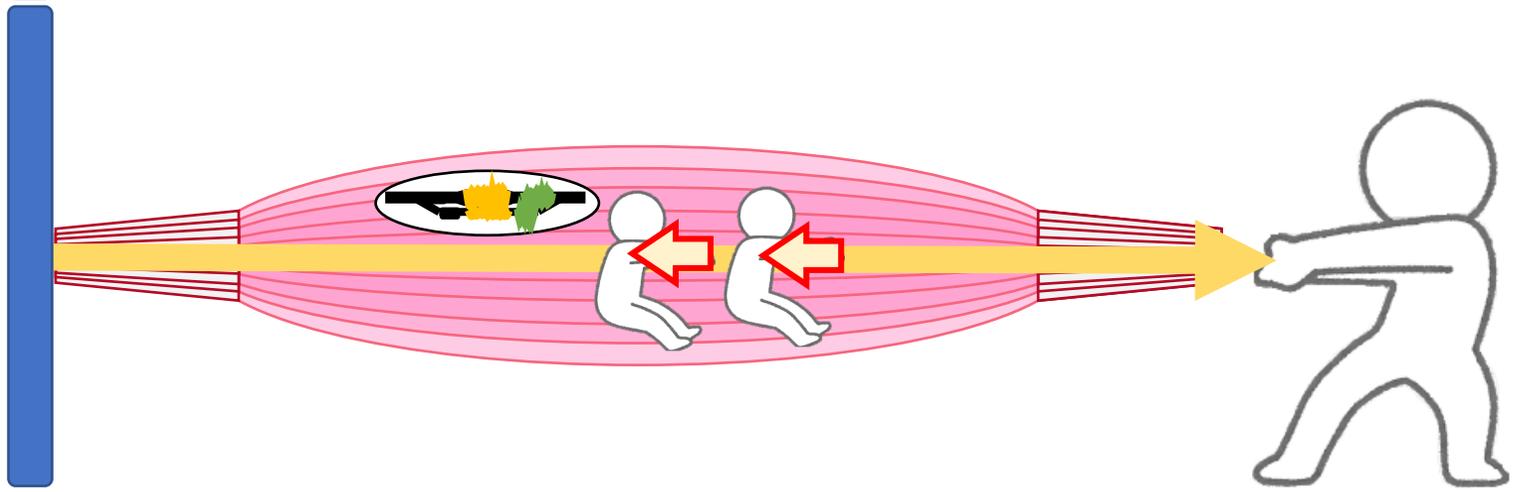
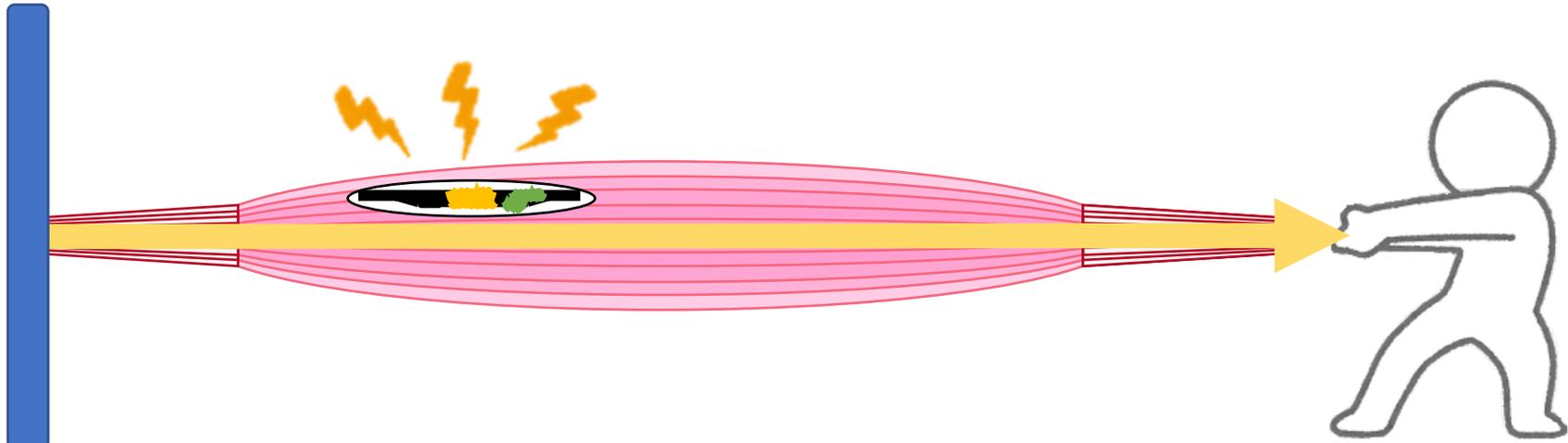
筋紡錘は、筋肉の変化にビビット反応して張力を変化させる命令を出す。



錘内筋：筋紡錘が反応！

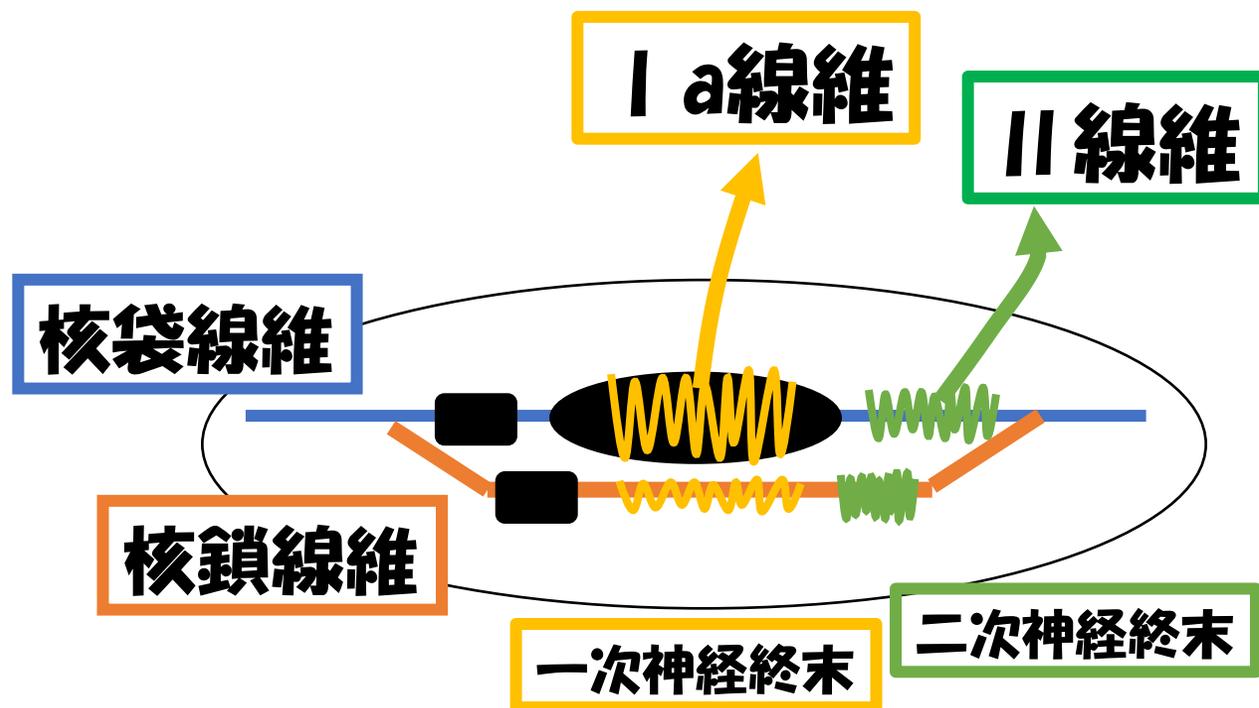


筋紡錘からの命令で、筋肉の張力の変化が出現する

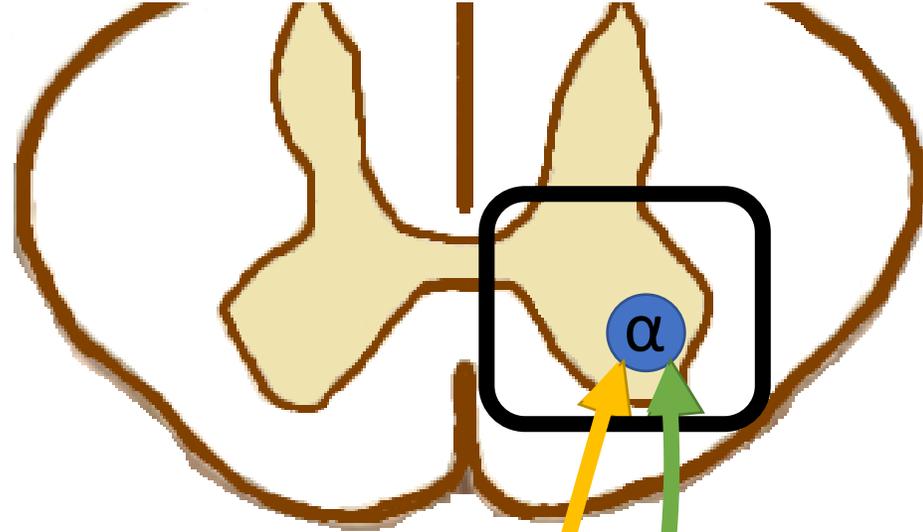
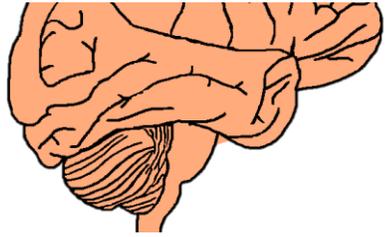


張力変化！！

錘内筋：筋紡錘の構造

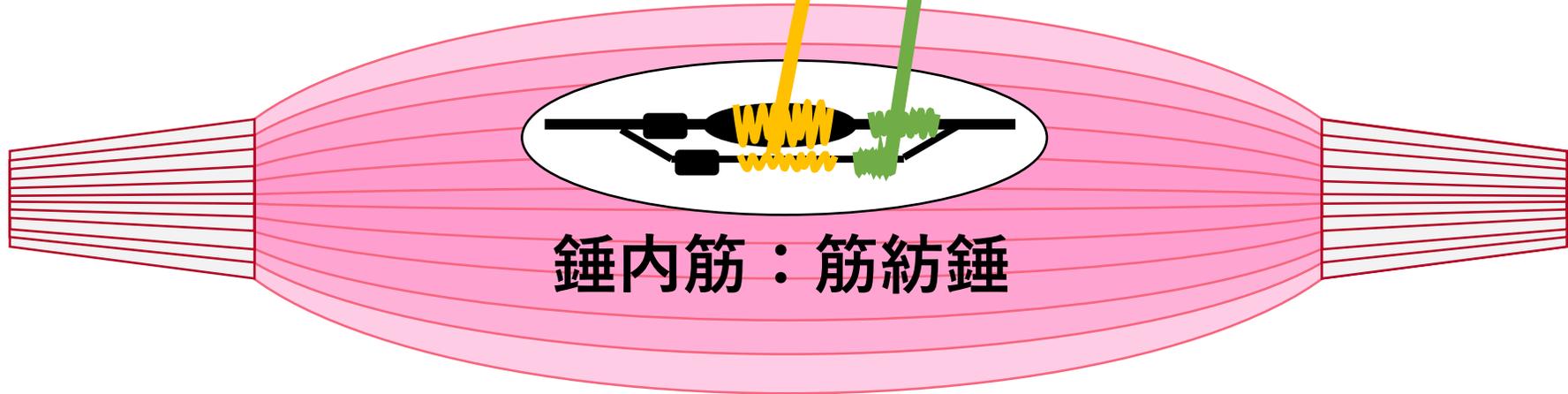


筋紡錘はIa・II線維を使用し α 運動Nに情報を送る



Ia線維

II線維



錘内筋：筋紡錘

Ia線維 II線維 の特徴

I a線維

II線維

太 直径 細

速 伝導速度 遅

加速度に敏感 伸張初期 変位の大きさに比例

高 伸張に対する感度 低

なし 弛緩時の放電 徐々に低下

低 腱打診での反応閾値 高

1、直径

I a線維が太く、II線維が細い。

2、伝導速度

I a線維の方がII線維よりも伝導速度が速い。

すみやかに α 運動Nに命令を送る事や中枢部への情報を送る。

3、伸張初期

伸張初期の反応として、I a線維は筋紡錘の加速度的変化に反応。

II線維は筋紡錘の長さが変わっていくことに対して反応し、その変化に比例する。

4、伸張に対する感度

筋の伸張初期で、加速度が生まれている状況では
I a線維が反応する。

そして、筋の伸張性が増加し、
筋紡錘も引き延ばされる状況になってくるとII線維が反応。

5、弛緩時の放電

筋が弛緩し筋紡錘の反応が低下するが、
II線維は電位を保ったままである。

そのため長さの変化のコントロールは徐々に低下し、
II線維が最後まで反応する。

これにより、 α 運動Nに命令を継続することができる。

6、腱打診での反応閾値

I aは低い、IIは高い、つまり打腱器での反応は
I aが主であることの裏付けとなる。

筋紡錘とIa・II線維を整理

筋紡錘が反応する種類は「速度」の「長さ」が重要

Ia線維：伸張速度 → 速さに反応

II線維：筋の長さ → 長さに反応



肢節間関節を動かす評価は、
速さ・長さの変化を大事に！！

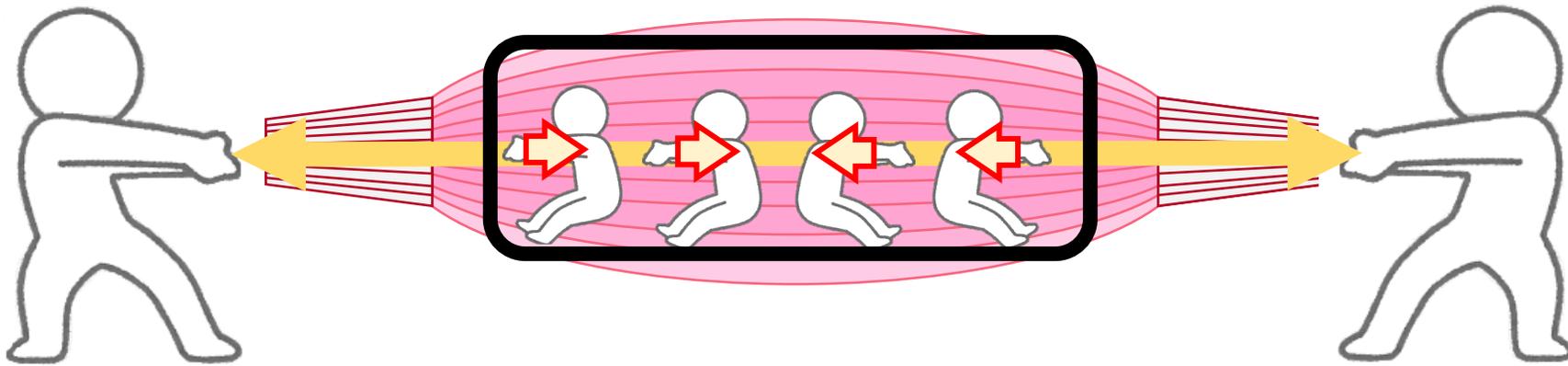
筋紡錘は、筋肉の変化にビビット反応して張力を変化させる命令を出す。

でも

自家発電ではない。

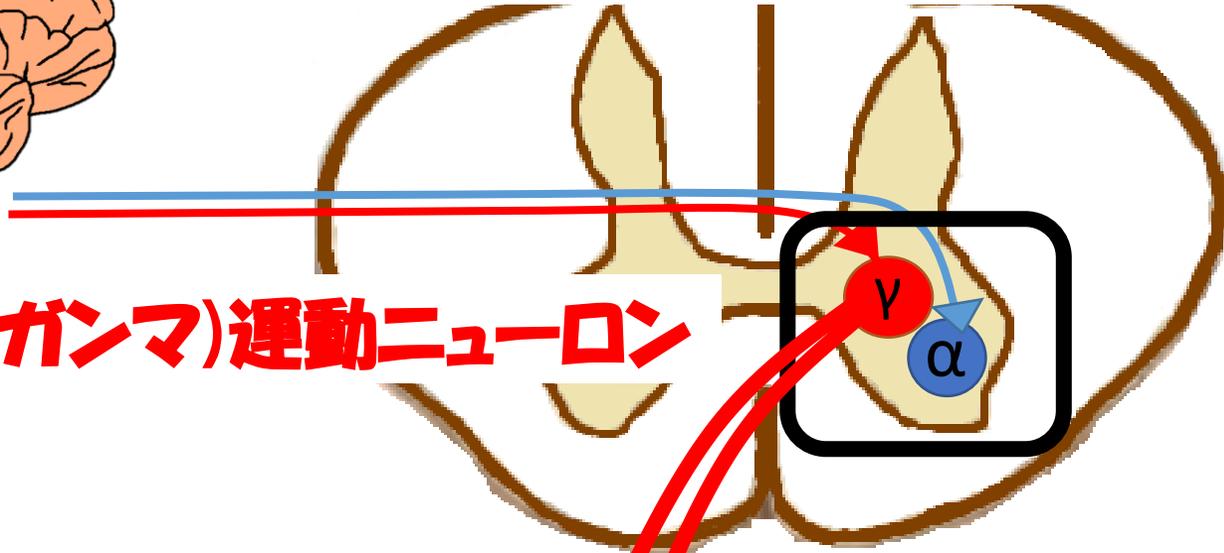
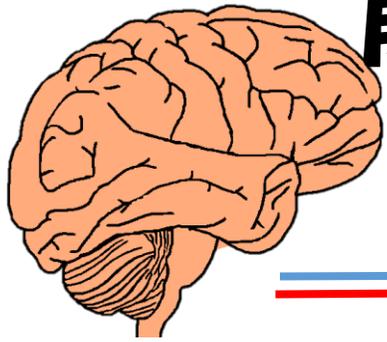
筋紡錘は自分自身でコントロールできない。

オートマチックに筋肉の変化に全て反応する。



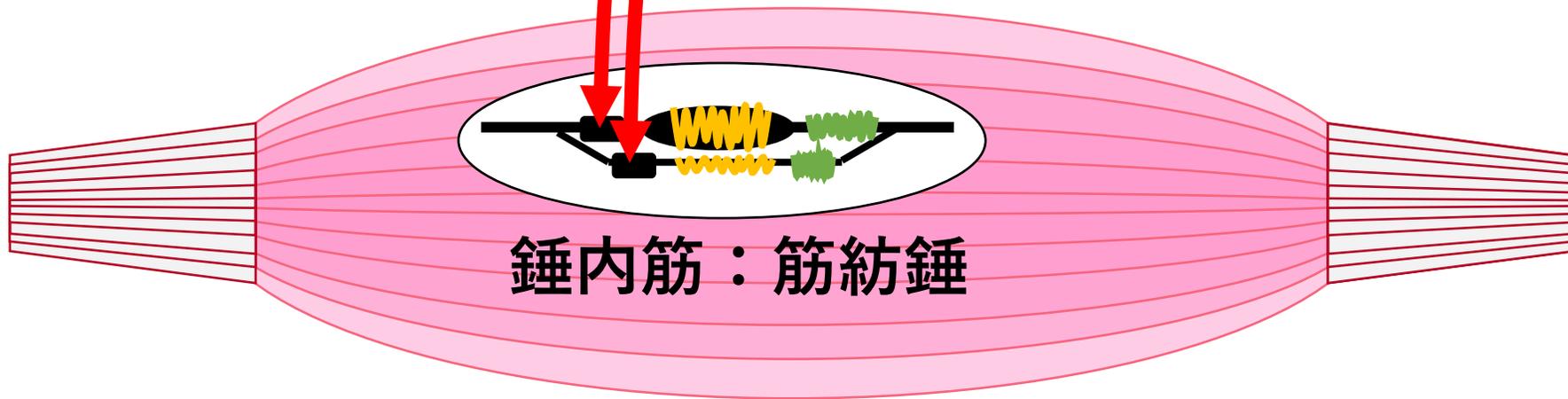
筋紡錘をコントロールしてる機能ってなに？

筋紡錘をコントロールしてる機能



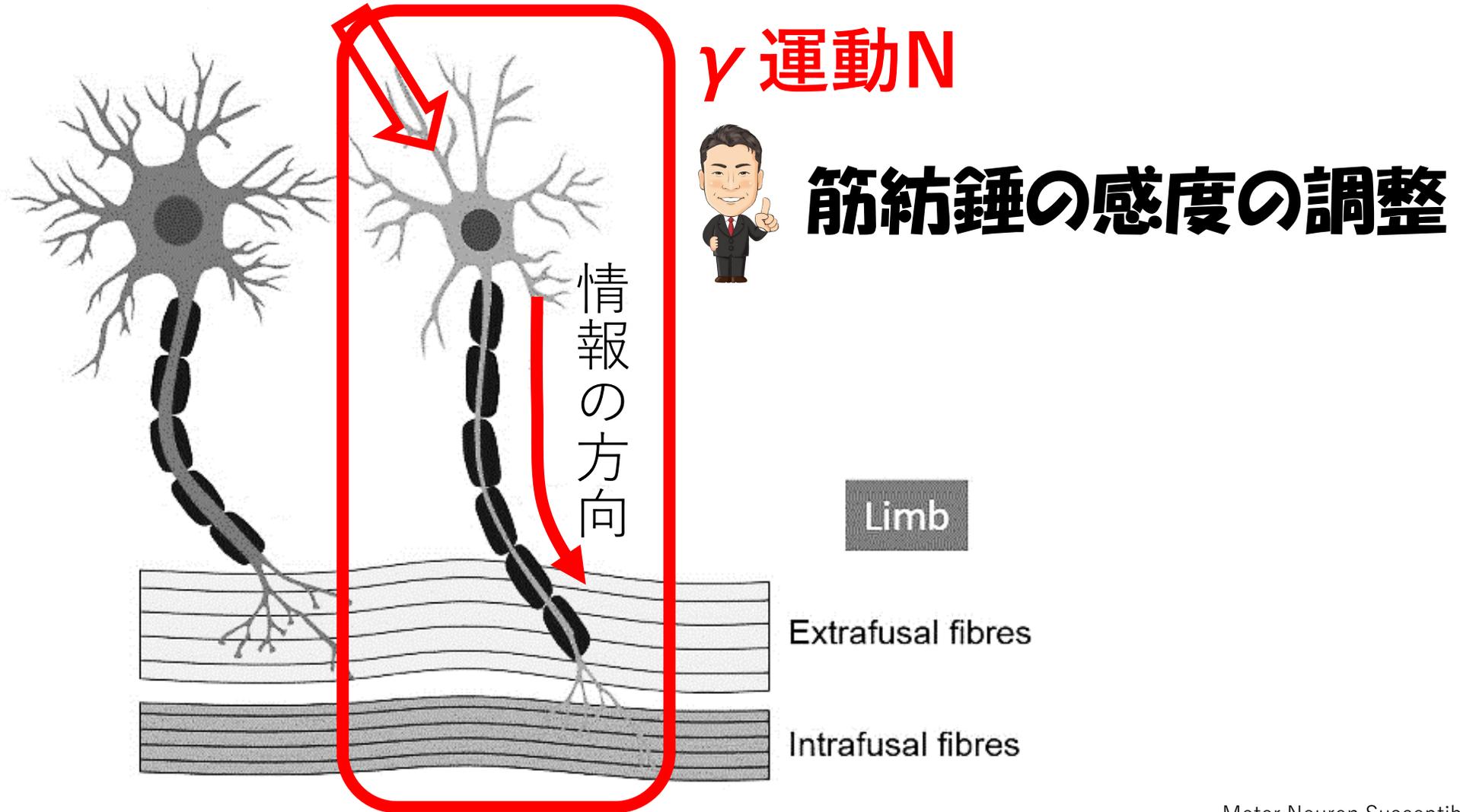
γ (ガンマ)運動ニューロン

γ (ガンマ)線維



錘内筋：筋紡錘

γ (ガンマ)運動ニューロンとは？



γ 運動Nの種類

- 動的(dynamic) γ 神経: γ_d

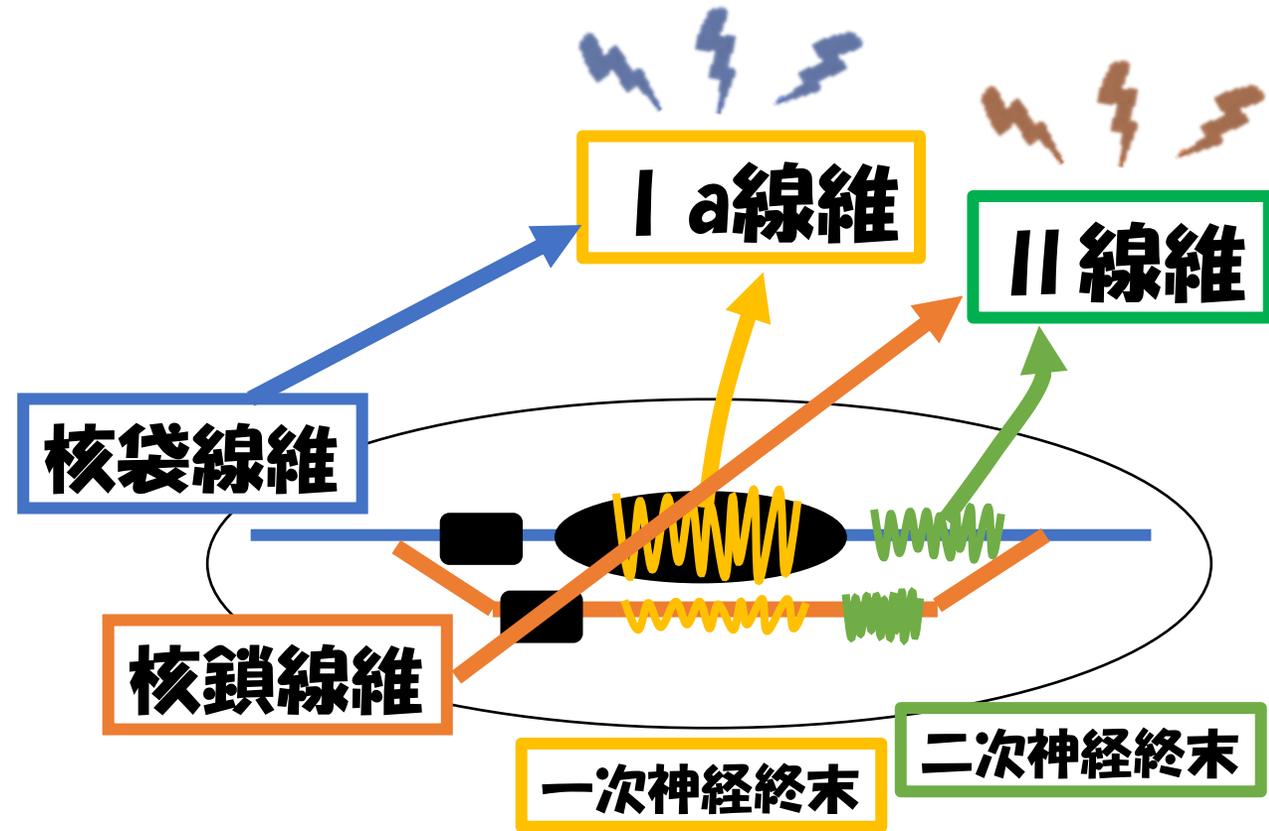
核袋線維を支配

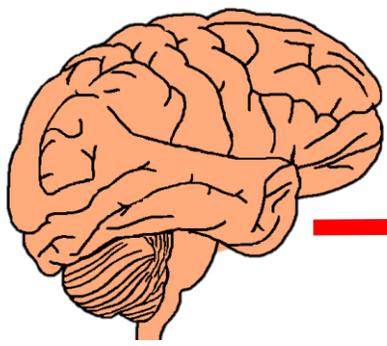
γ_d に電気が流れていると
I a感覚神経応答の感度が高まる

- 静的(static) γ 神経: γ_s

核鎖線維を支配

γ_s に電気が流れていると
II 感覚の感度が高まる





γ 運動Nの調節は？



**延髄網様体
辺縁系**

四丘体 (中脳)
赤核(脊髄路)

**橋網様体
前庭脊髄路**

- 動的(dynamic) γ 神経: γd
核袋線維を支配

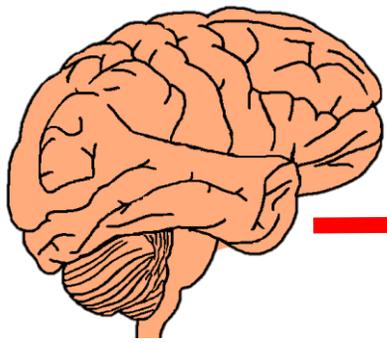
γd に電気が流れていると
I a 感覚神経応答の感度が高まる

速度

- 静的(static) γ 神経: γs
核鎖線維を支配

γs に電気が流れていると
II 感覚の感度が高まる

長さ



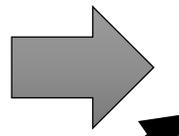
γ運動Nの調節は？



**伸筋の遠心
従重力！！**

**延髄網様体
辺縁系**

四丘体（中脳）
赤核（脊髄路）



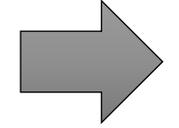
- 動的(dynamic) γ 神経：γ d
核袋線維を支配

γ dに電気が流れていると
I a 感覚神経応答の感度が高まる

速度

**伸筋の求心
抗重力！！**

**橋網様体
前庭脊髄路**



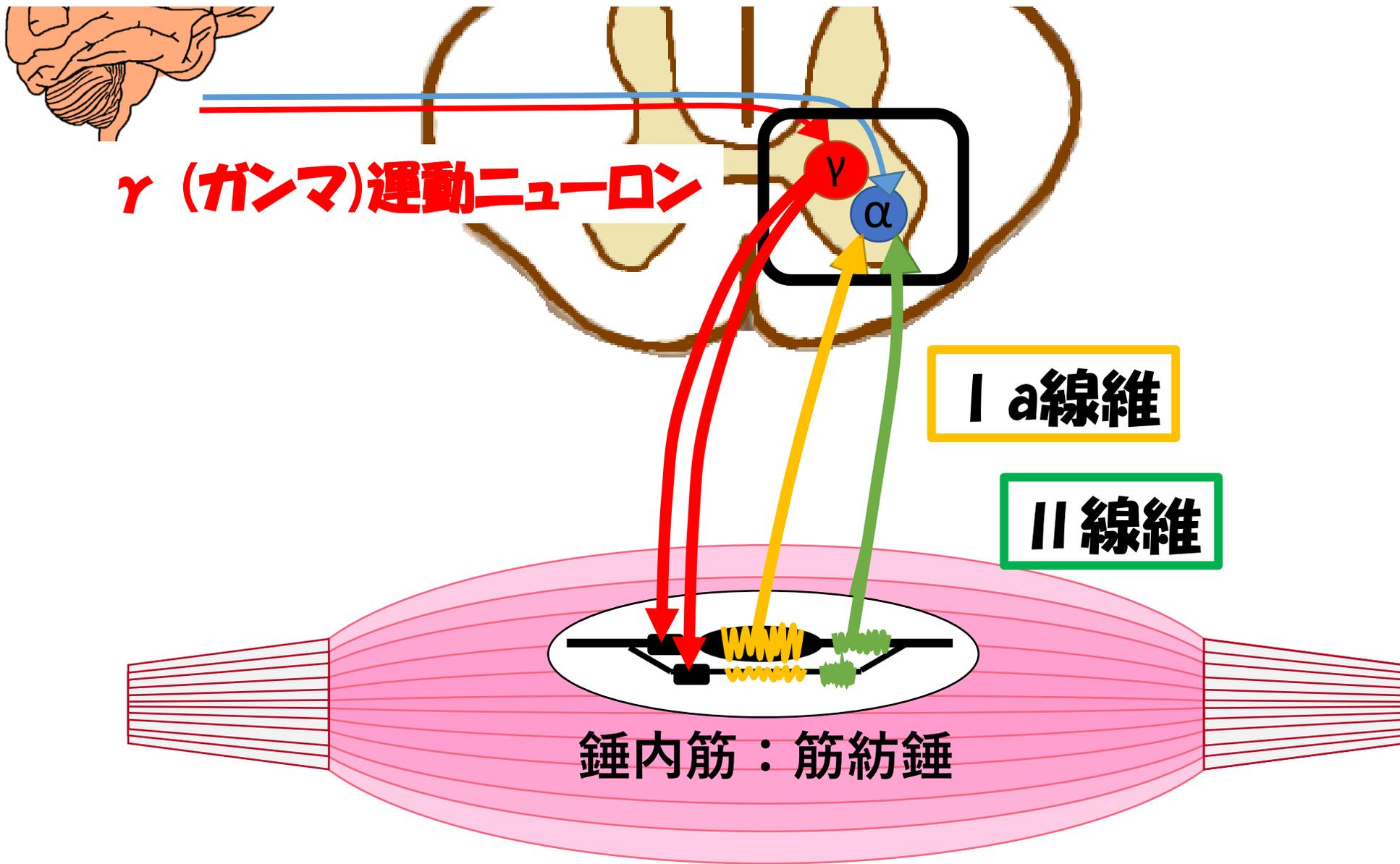
- 静的(static) γ 神経：γ s
核鎖線維を支配

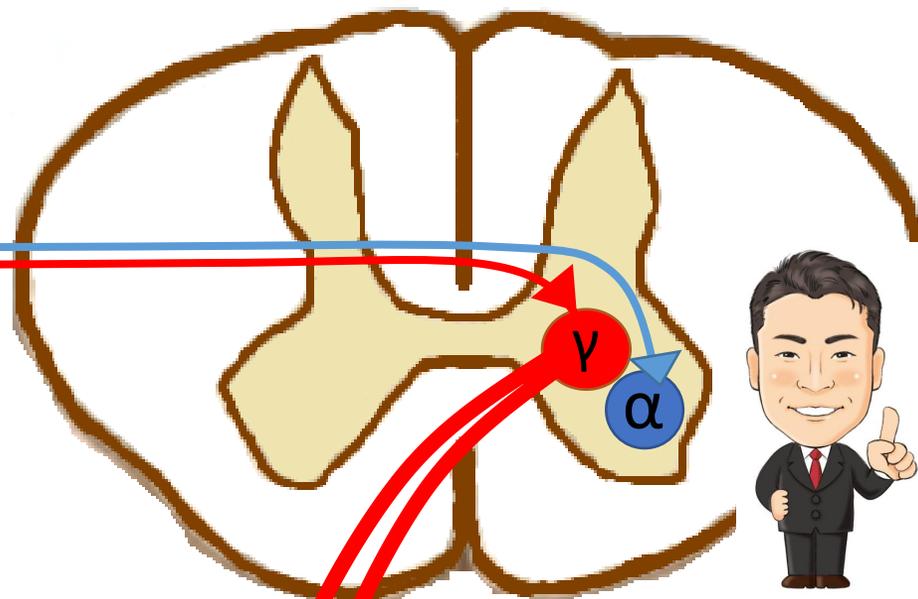
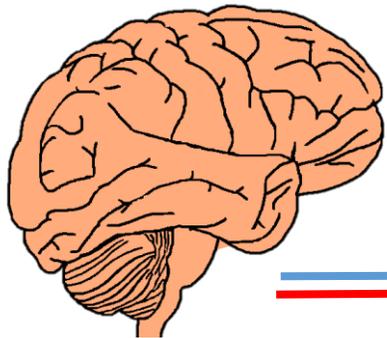
γ sに電気が流れていると
II 感覚の感度が高まる

長さ



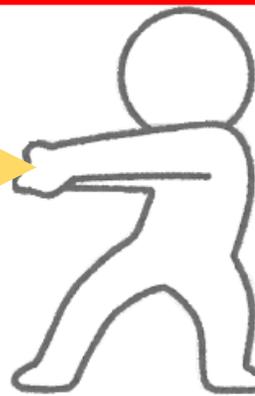
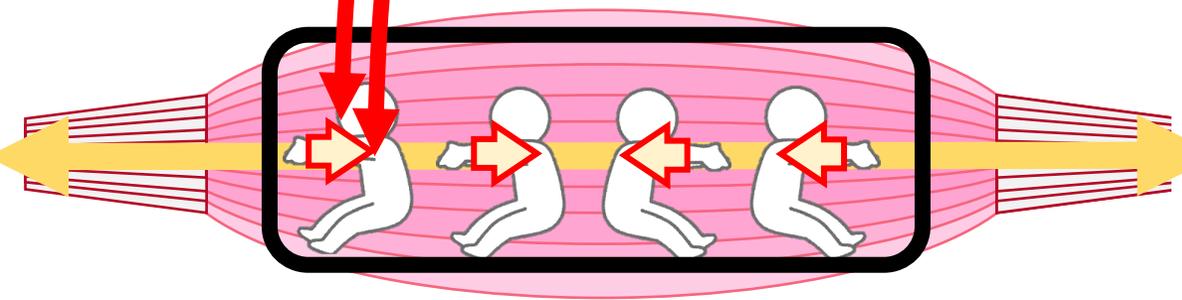
筋紡錘・Ia / II・ γ 運動Nの関係のおさらい



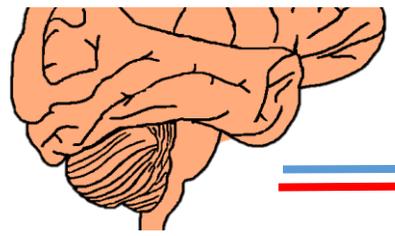


**γ運動Nは、
錘内筋：筋紡錘を
コントロールするけども
錘外筋：筋肉の収縮は
出来ない**

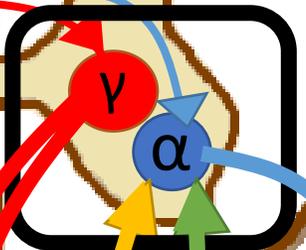
反応！



錘外筋：筋肉を収縮させる働きは、 α (アルファ)運動ニューロン



γ (ガンマ)運動ニューロン

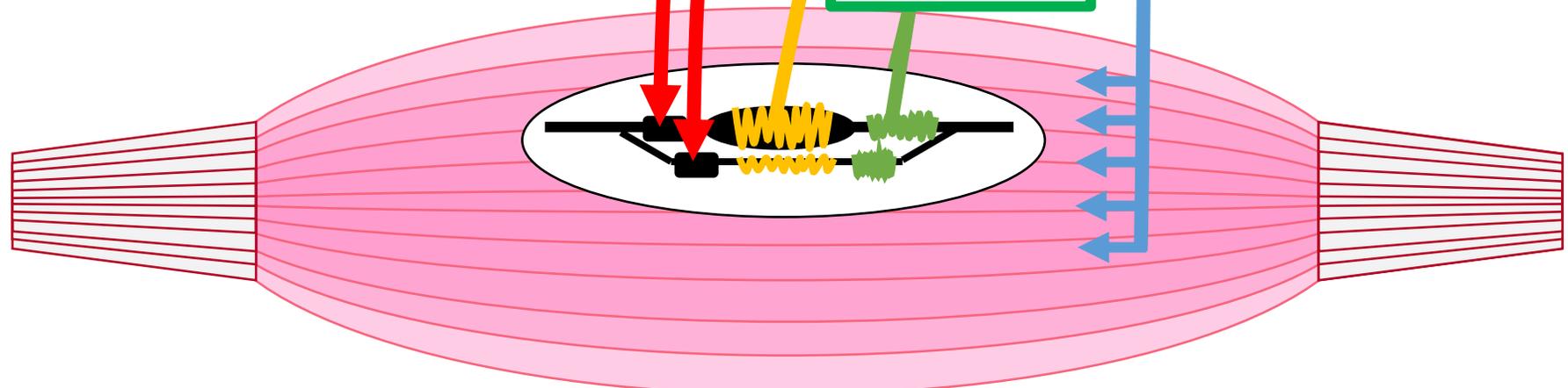


α (アルファ)運動ニューロン

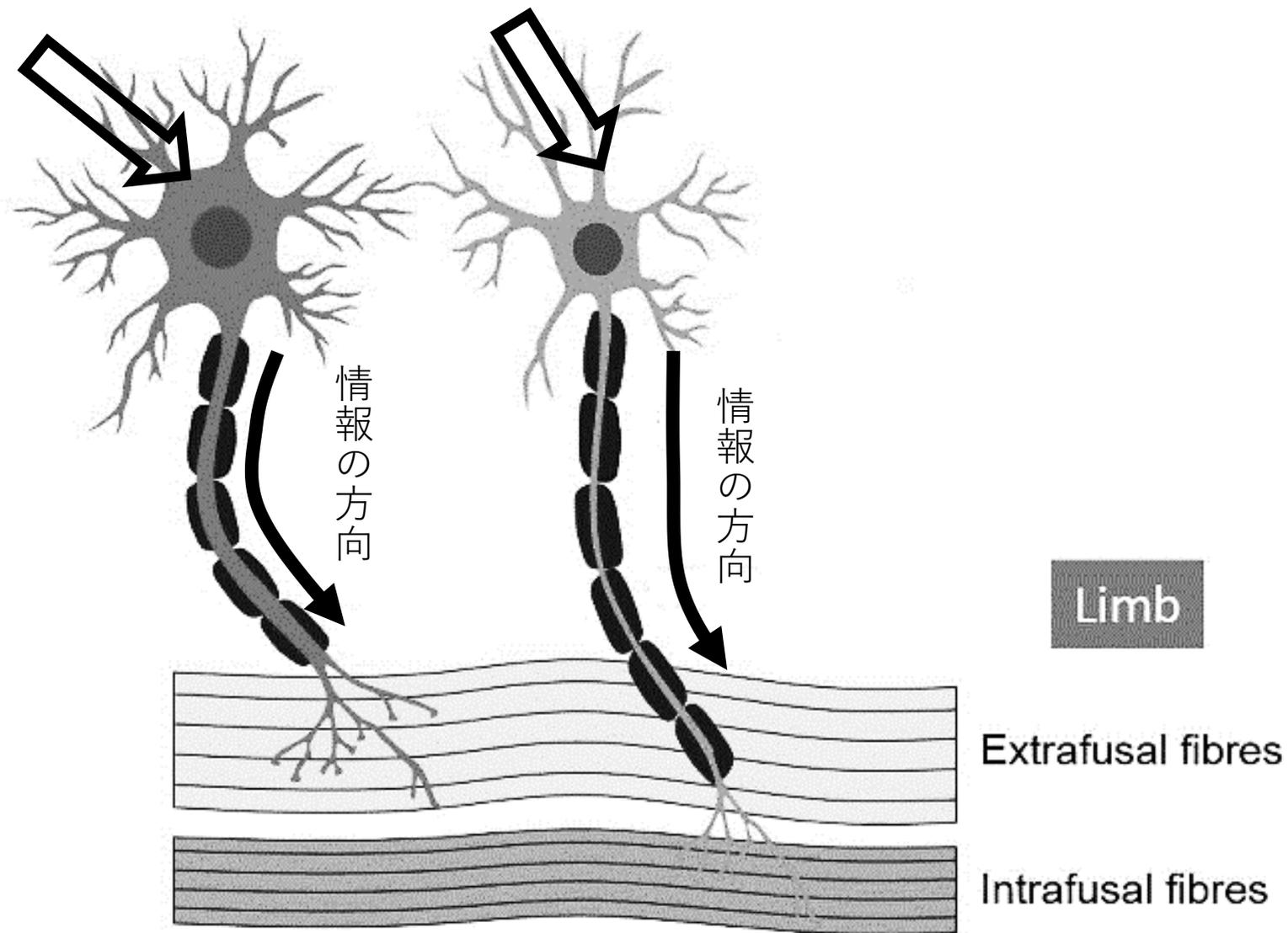
I a線維

II線維

α (アルファ)線維

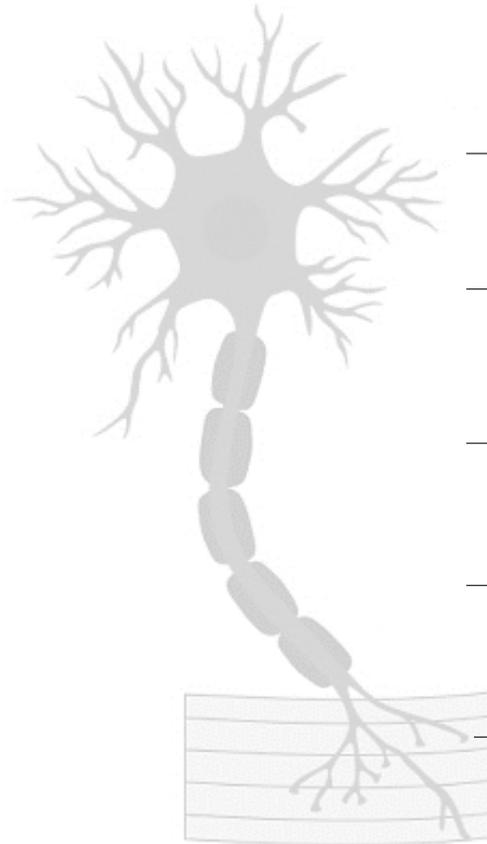


α 運動N ・ γ 運動Nの特徴



α 運動ニューロン

γ 運動ニューロン



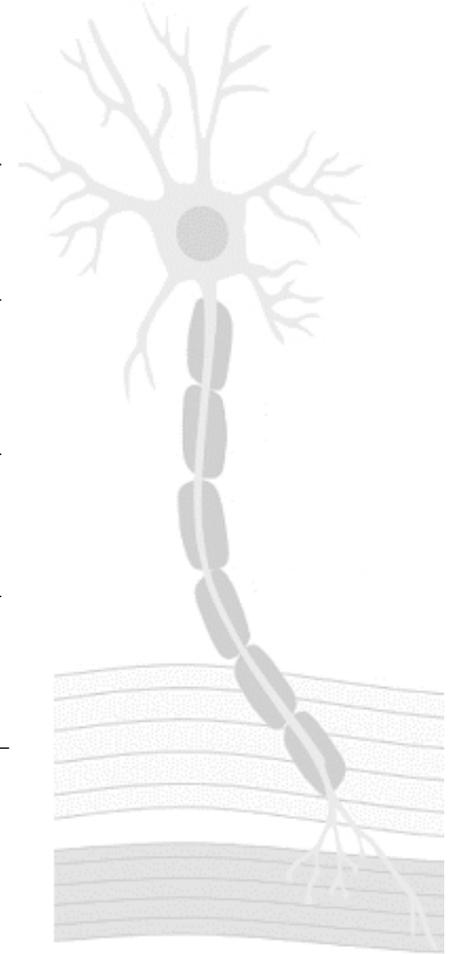
大	1、細胞体の直径	小
---	----------	---

小	2、細胞膜の入力抵抗	大
---	------------	---

多	3、シナプス入力の数	少
---	------------	---

高	4、興奮閾値	低
---	--------	---

速	5、軸索伝導速度	遅
---	----------	---



1、細胞体の直径

α 運動Nが大きい。中枢からの命令に対して、神経伝達量の受け渡しが γ 運動Nよりも可能である。

2、細胞膜の入力抵抗

抵抗は α 運動Nが小さく、 γ 運動Nが大きい。
スムーズに命令を送れるのは α 運動Nである。
もたついてしまうのが、 γ 運動Nである。

3、シナプスの入力数

α 運動Nが多く、細胞体も大きいので命令の量や種類としても対応が可能である。
 γ 運動Nはシナプスの入力数が少ない、単一的な命令に反応。

4、興奮閾値

α 運動Nが高い、つまり命令がくるがその命令を通すのには相応の命令する強さが必要であり、

α 運動Nの起こりにくさがある。

γ 運動Nの閾値は低く、軽度の命令に反応するため

γ 運動Nの反応が起こりやすい。

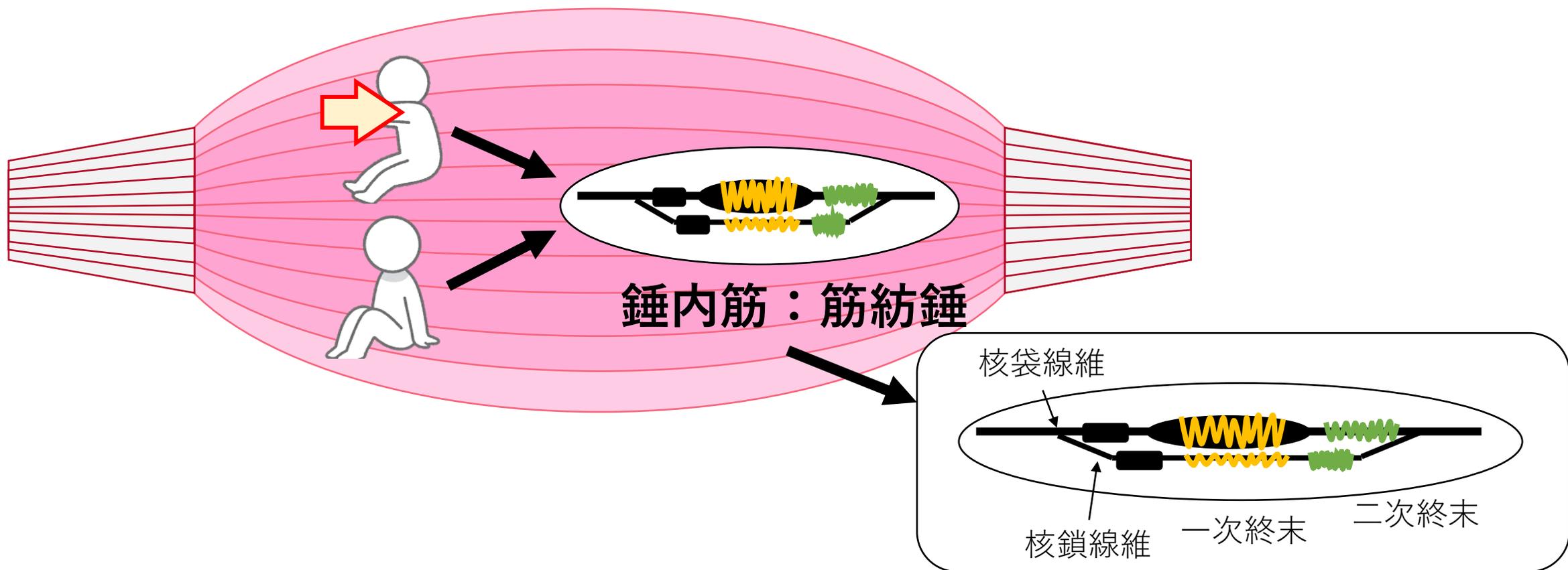
5、軸索伝導

α 運動Nが速い、同じように中枢からの命令がいくなかで、

α 運動Nの方が速く、 γ 運動Nが遅れて反応する。

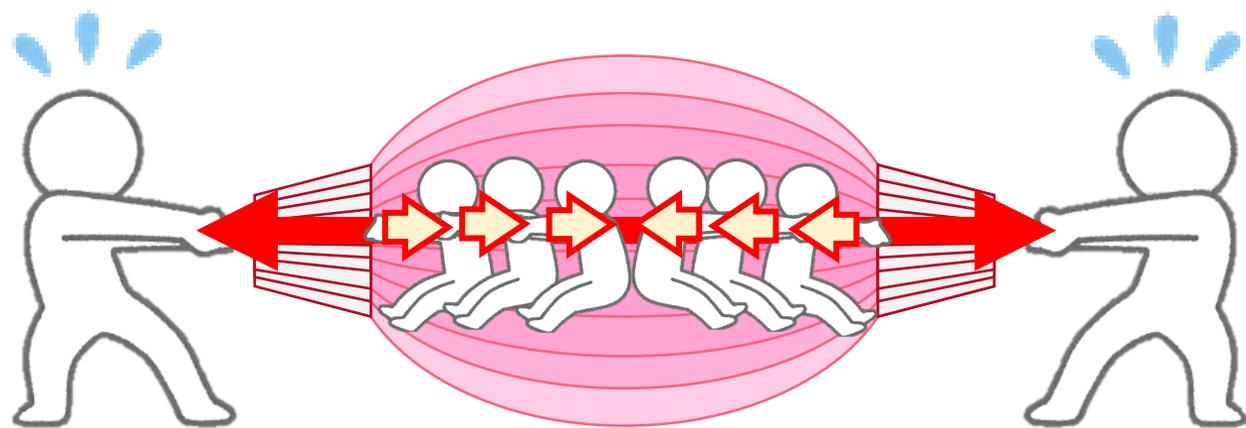
γ 運動Nはサブ的要素であり、先行する機会は少ない。

ここで再度！ 張力を変化させる機能とは？

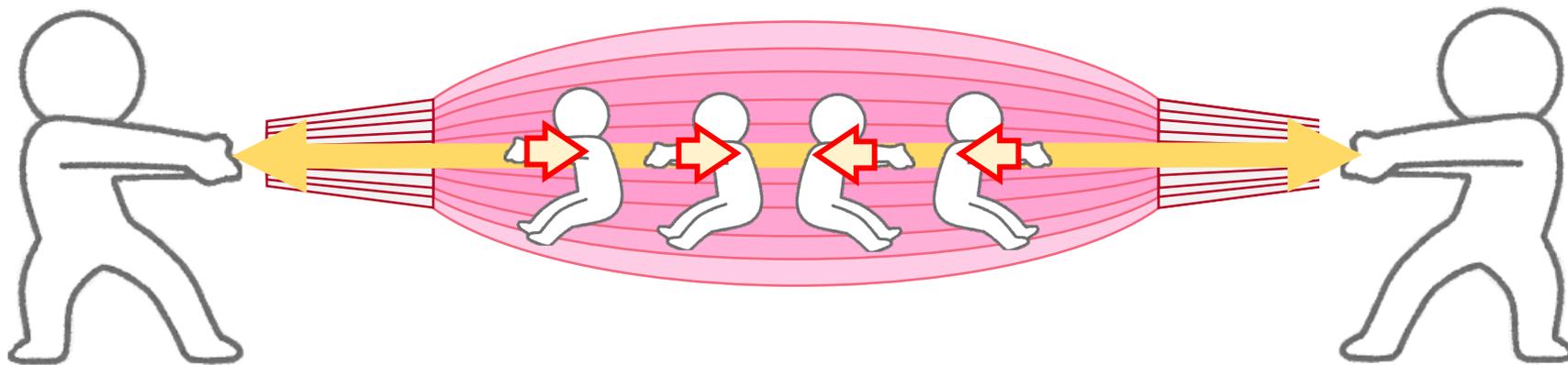


筋の張力を変化をキャッチして
更に張力を変化させるきっかけとなる

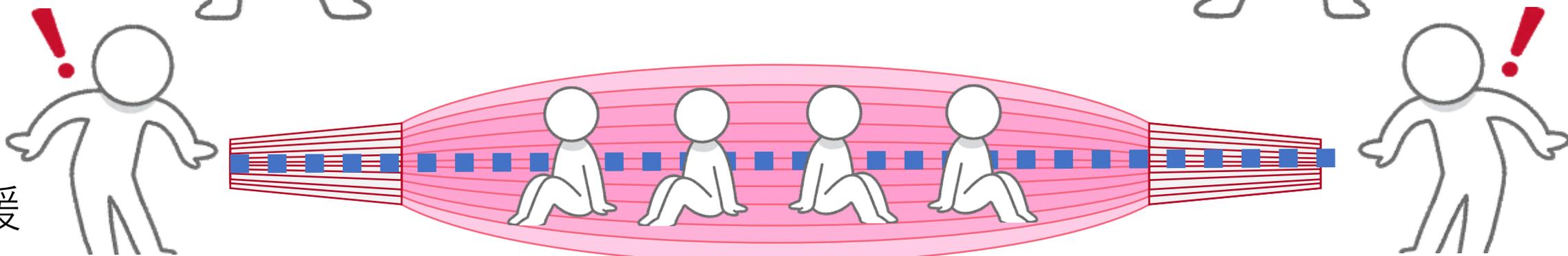
筋緊張亢進



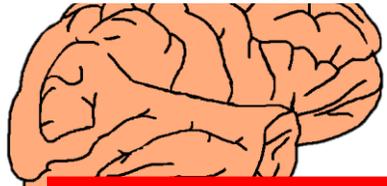
正常



弛緩



まとめ



網様体脊髄路
(錐体外路系)

皮質脊髄路
(錐体路系)

γ (ガンマ)運動ニューロン

α (アルファ)運動ニューロン

γ (ガンマ)線維

α (アルファ)線維

I a線維

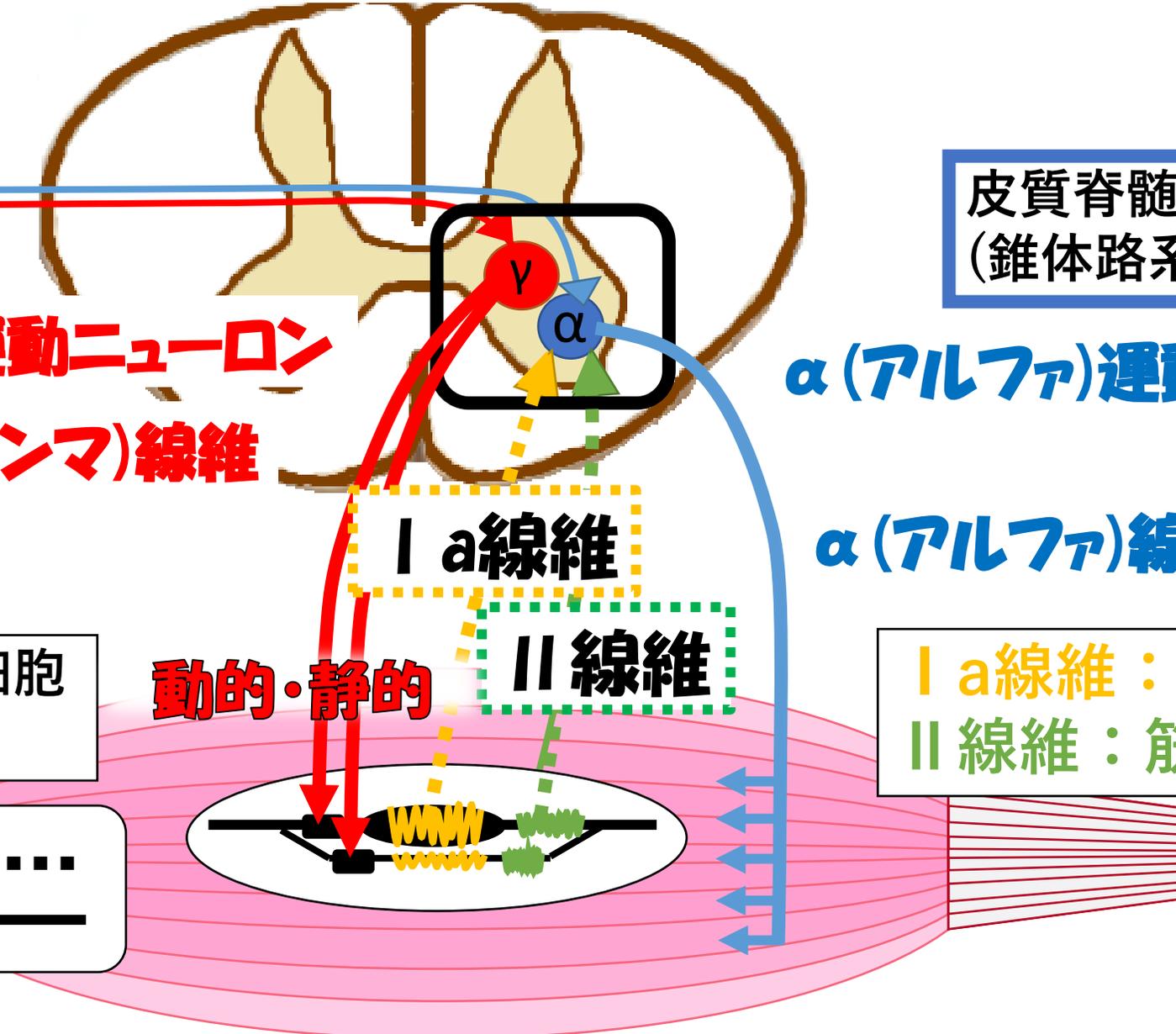
II線維

動的・静的

ニューロン：神経細胞
線維：経路、道

I a線維：伸張速度
II線維：筋の長さ

求心性経路：.....
遠心性経路：—————



評価

<臨床として>

- 姿勢の変化後
 - Modified Ashworth Scale (MAS)
 - DTR 腱反射
 - 持続収縮
 - 画像
 - B r s - t
 - 動作中の変化
 - ROM
 - Ashworth Scale
 - 振り子動揺
- etc

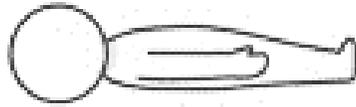
<文献として>

- 電気生理学的評価 (H波、F波)

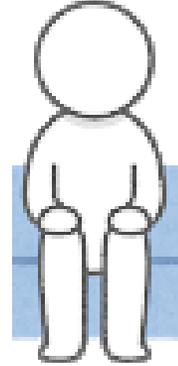
張力の変化はいつ起こるか

姿勢

臥位



座位



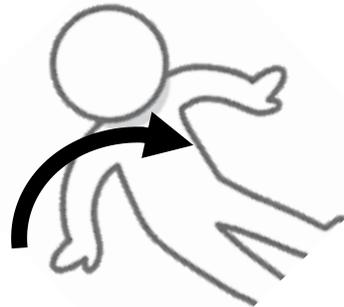
立位



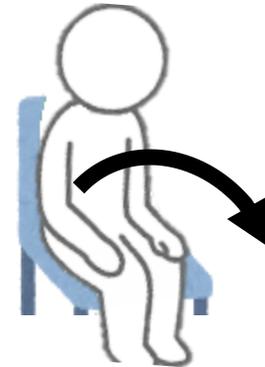
筋放電



動作



起居



起立

張力の変化はいつ起こるか

姿勢

臥位

座位

立位

常に、張力は変動

筋放電



常に、筋緊張が変化

動作

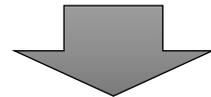
姿勢の変化後を**評価**

起居

起立

Ashworth Scale とは

- Ashworth 作成
- 1964年
- **痙縮**の臨床的評価法で、四肢の関節の**他動運動**の**抵抗量**を5段階にグレード化したもの。



痙性の強度の把握を目的としたもので、0～4の5段階に区分しているが、半定量的な評価であるため治療効果の判定には不適。

現在、grade 1を2つに分けた6段階の変法(MAS)が使用されることが多い

Modified Ashworth Scale (MAS) grade

0: no increase in muscle tone

1: slight increase in muscle tone, manifested by a catch and release or by minimal resistance at the end of the range of motion when the affected part(s) is moved in flexion or extension

1+: slight increase in muscle tone, manifested by a catch, followed by minimal resistance throughout the remainder (less than half) of the ROM

2: more marked increase in muscle tone through most of the ROM, but affected part(s) easily moved

3: considerable increase in muscle tone, passive movement difficult

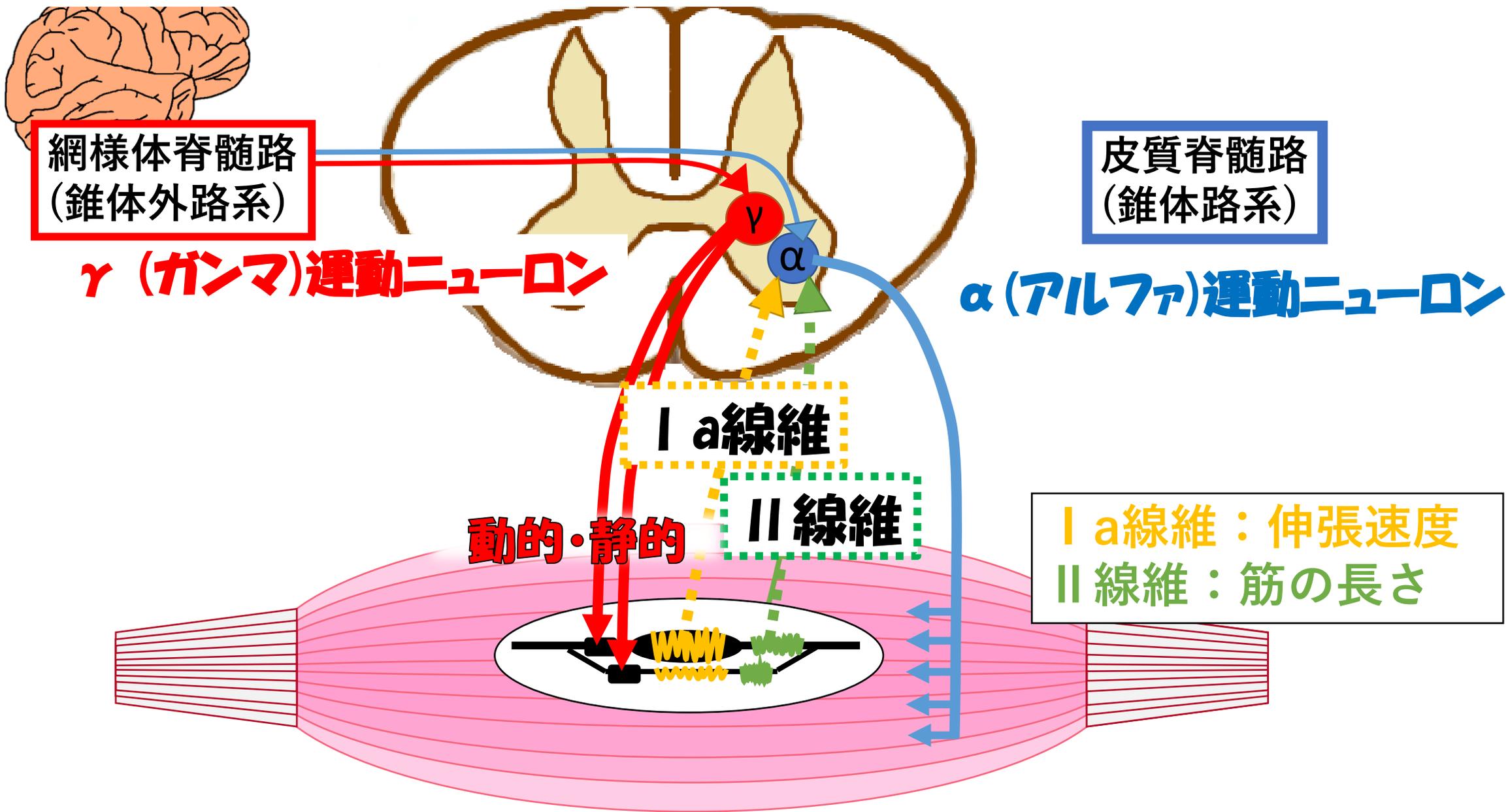
4: affected part(s) rigid in flexion or extension

Modified Ashworth Scale (MAS)

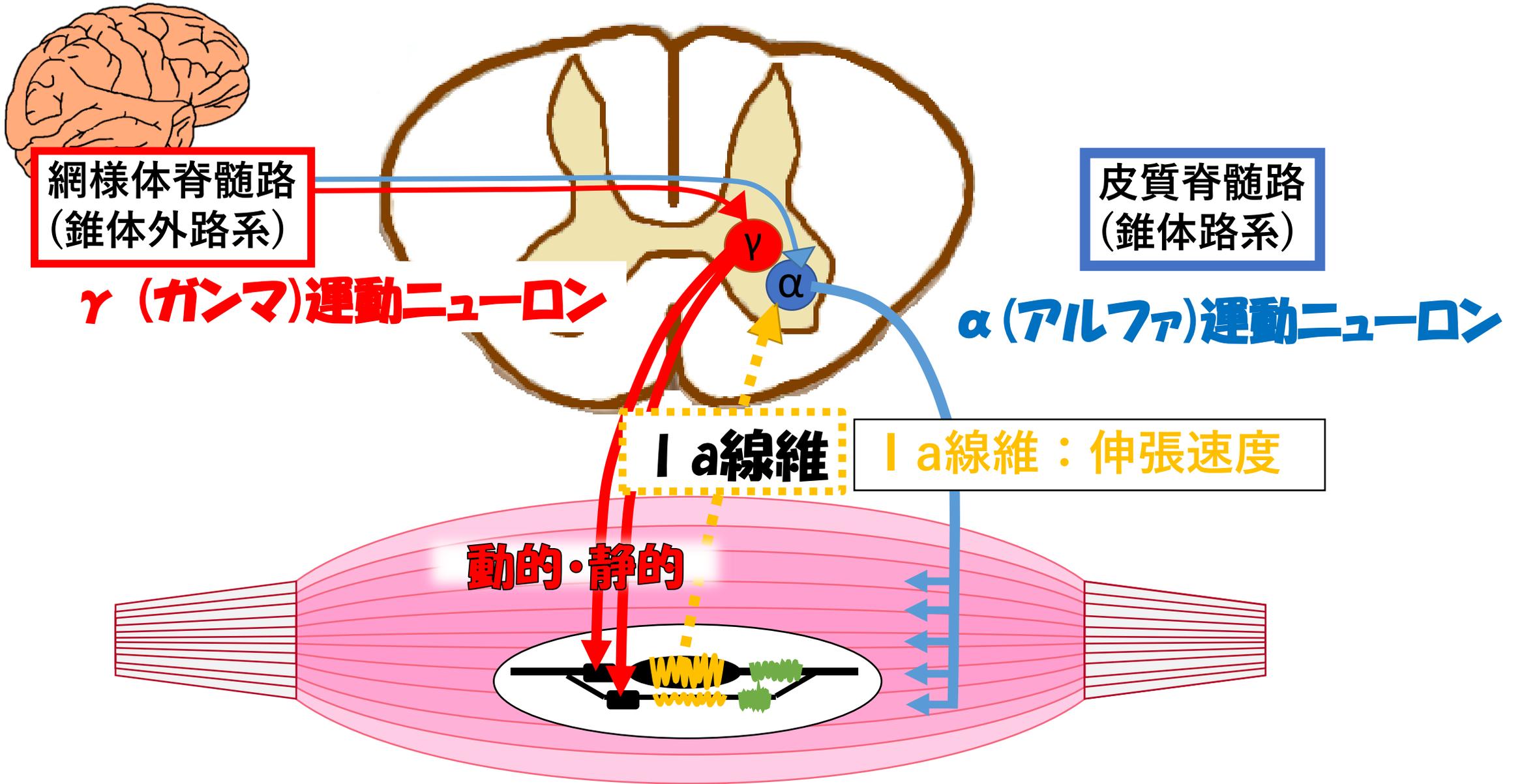
grade

- 0 筋緊張亢進はない
- 1 軽度の筋緊張亢進がある。
引っかかりとその消失。または、屈曲伸展の最終域でわずかな抵抗がある
- 1 + 軽度の筋緊張がある。
明かな引っかかりがあり、それにわずかな抵抗を可動域の1/2以下で認める
- 2 よりはっきりした筋緊張を全可動域で認める。しかし、運動は容易に可。
- 3 かなりの筋緊張亢進がある。他動運動は困難
- 4 患部は固まり、屈曲・伸展は困難

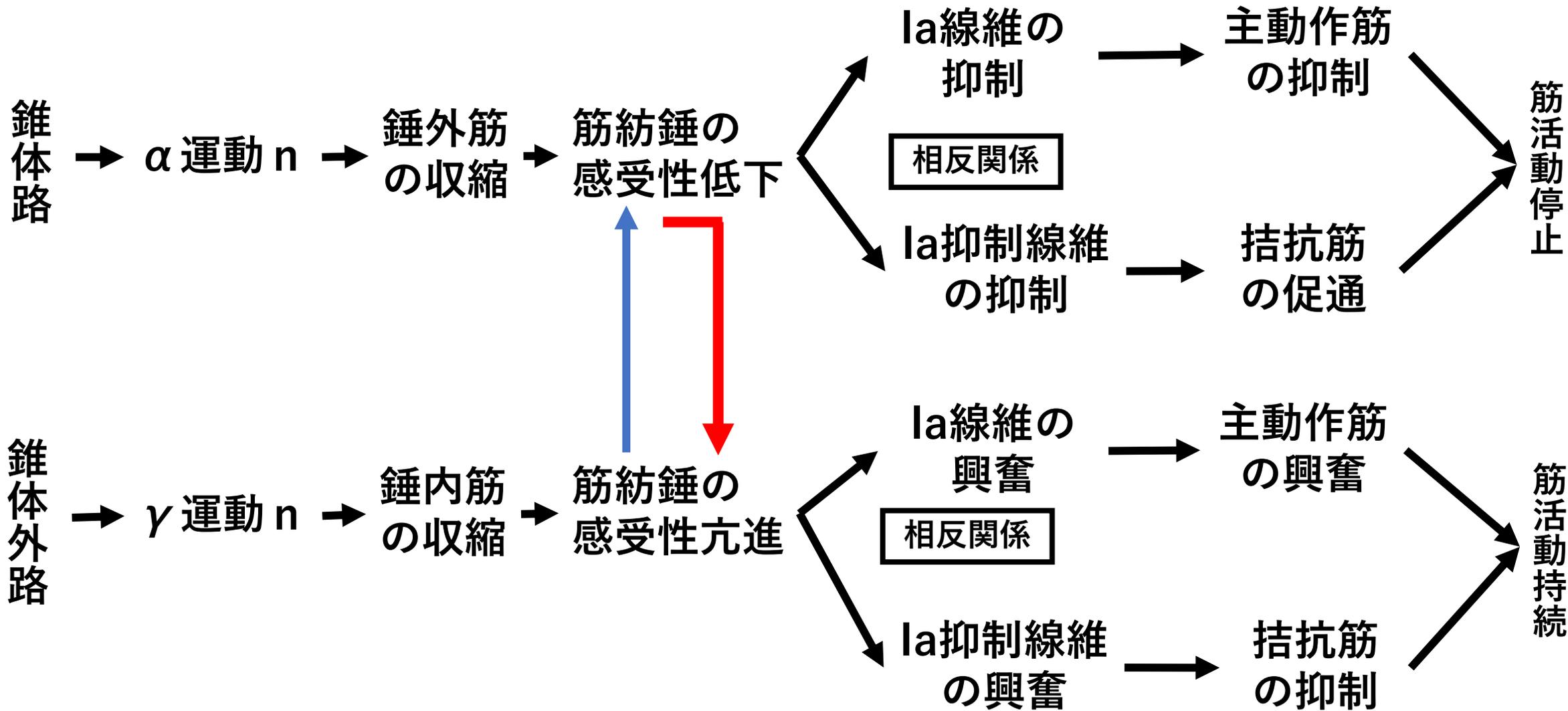
MASは、どこを評価！？

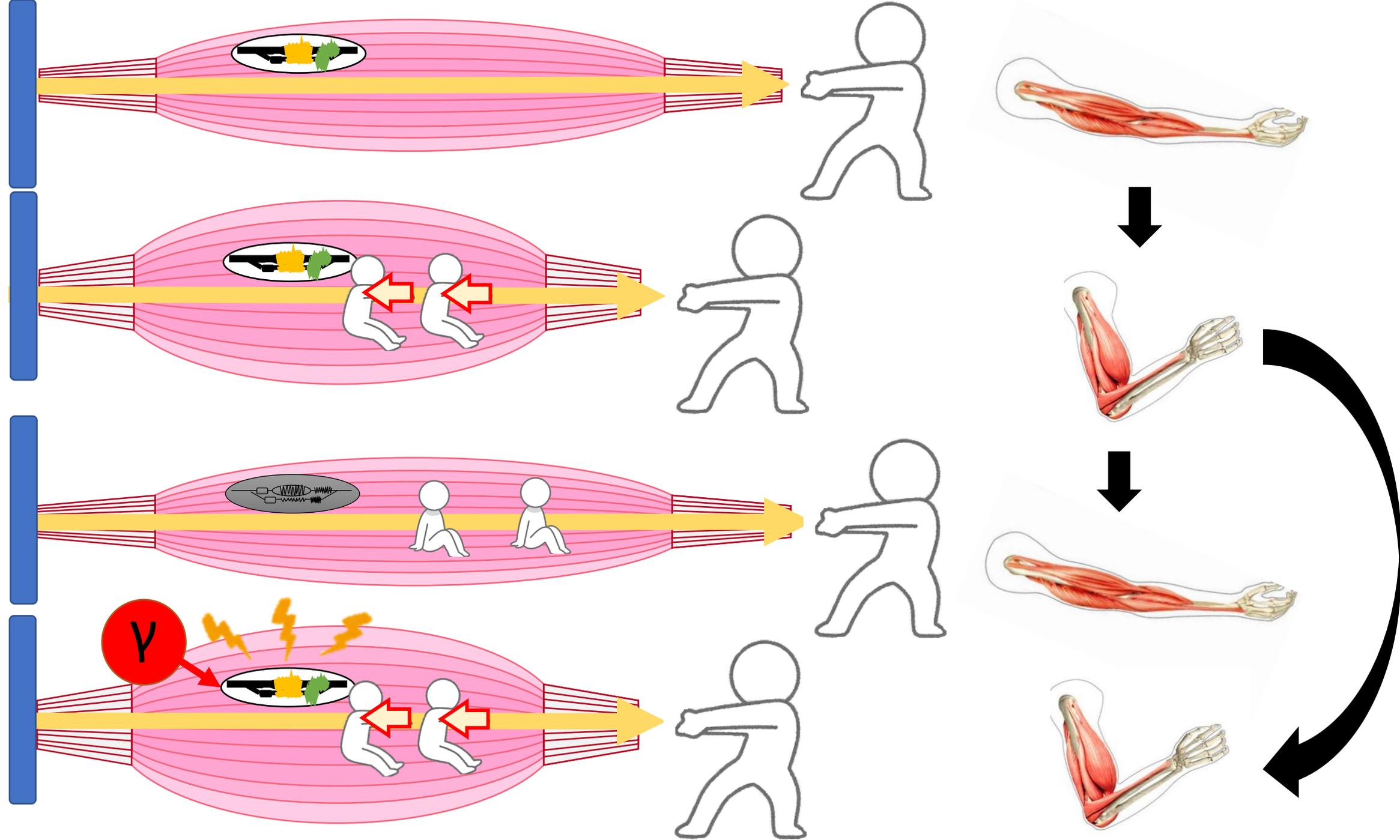


腱反射：伸張反射



持続収縮(α - γ 連関)





持続収縮(α - γ 連関)



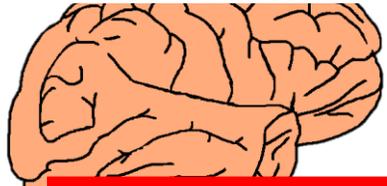
持続収縮の有無を評価。経過としては、何秒持続収縮可能かを診る。筋肉の収縮は、しっかり触診をすること。筋肉それぞれ緊張の違いがあり、変化も持続も異なる。



興奮

の抑制

まとめ



網様体脊髄路
(錐体外路系)

皮質脊髄路
(錐体路系)

γ (ガンマ)運動ニューロン

α (アルファ)運動ニューロン

γ (ガンマ)線維

α (アルファ)線維

I a線維

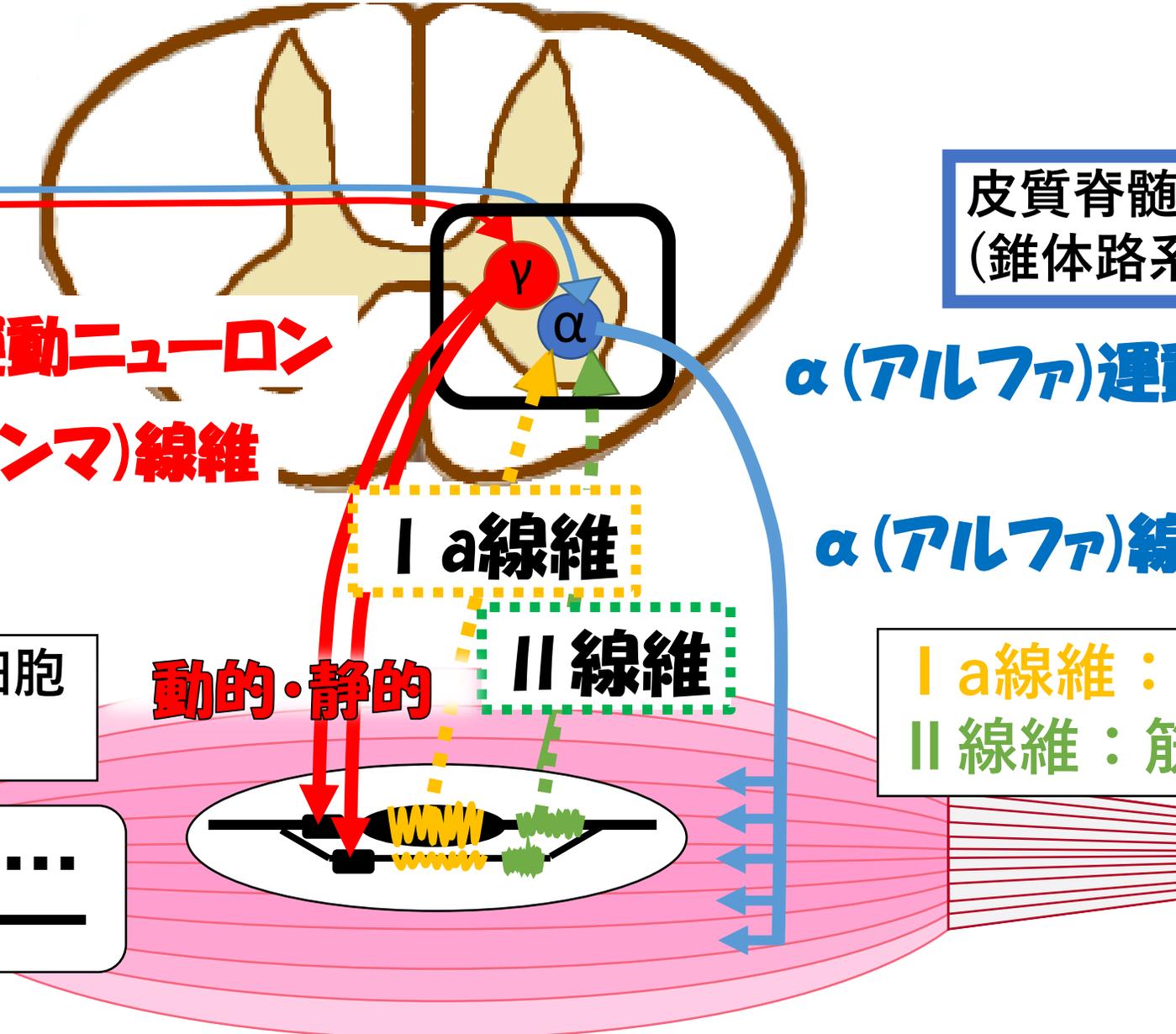
II線維

動的・静的

ニューロン：神経細胞
線維：経路、道

I a線維：伸張速度
II線維：筋の長さ

求心性経路：.....
遠心性経路：—————



最後に

- 「今、私はあなたしか頼る人がいない。私たちは選択できないんだ。だからこそ、私はあなたに人生を託すんだ。良くも悪くも未来をみせてくれ」
- 「あなたが出来ると思わんと、誰が出来るようになる？あなたが出来ると思わんと、私は出来ると思じられると思う？」
- 自分を信じ、患者様の可能性も必ず信じ続けること。
- もう二度とあのような言葉を患者様から聞きたくない。
- 患者様としっかり向き合い患者様とうまくいく時もいかない時も、共有し未来を考えられること。
センスじゃない、技術と向き合うモチベーション！！