

11. 神経メカニクス

1. 神経系の構成

中枢神経(central nervous)と末梢神経(peripheral nervous system)

中枢神経：脳と脊髄に存在。

末梢神経：脊髄から身体各部に伸びる。

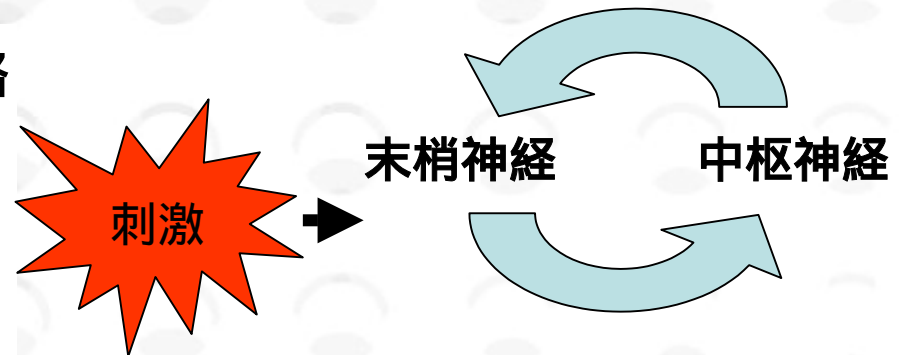
身体各部で知覚した情報の伝導経路

末梢神経で刺激を知覚

求心性神経

中枢神経で情報を処理

遠心性神経



~ 末梢神経が筋活動に直接的に関係 ~

2. 末梢神経の分類

体性神経と自律神経に分類.

体性神経

- ・ 意図的な活動が可能のため**随意神経**と呼ばれる.
- ・ 体性神経は, 感覚神経, 運動神経に分類.

感覚神経

- ・ 身体内外の刺激を知覚.
- ・ 求心性神経である.

運動神経

- ・ 中枢神経からの命令を**筋**に伝達.
- ・ 筋活動を支配している.
- ・ 遠心性神経である.

~ 運動神経が骨格筋の活動に関係 ~

3. 神経・ニューロン構造

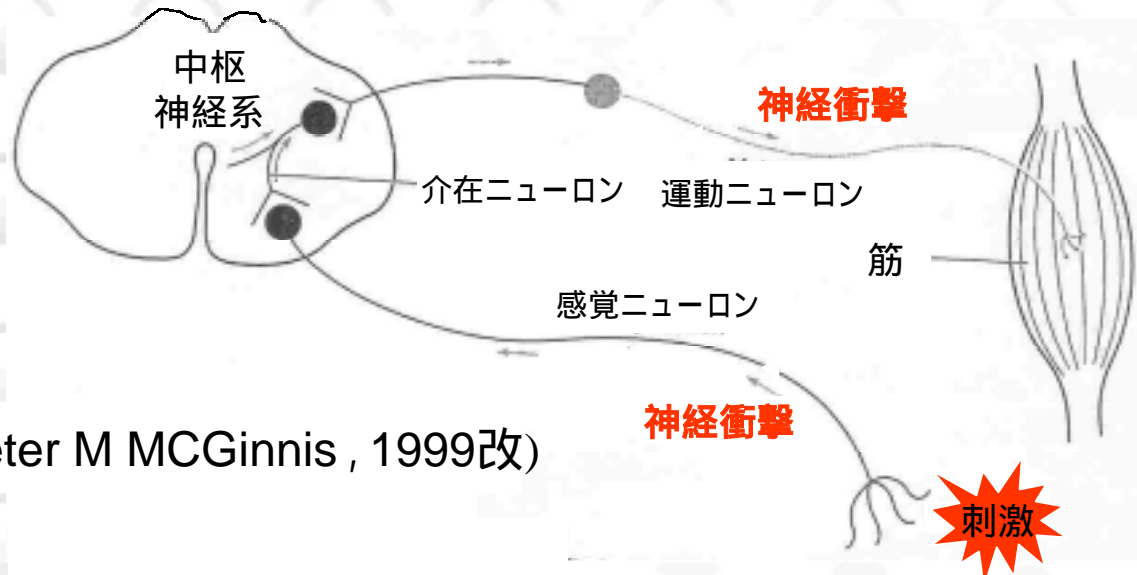
神経の基本単位はニューロン(neurons)

ニューロンは3種類に分類できる。

- ・ 介在ニューロン(脳内)
- ・ 感覚ニューロン
- ・ 運動ニューロン

運動神経を構成。

感覚ニューロン 介在ニューロンと伝達・伝導してきた
神経衝撃(インパルス)を受け,筋活動を起こす。



(Peter M MCGinnis , 1999改)

3.-1 運動ニューロン

運動ニューロンの構造

- ・ 細胞体(cell body)
- ・ 樹状突起(dendrites)
- ・ 軸索(axon)
軸索は、神経線維と呼ばれる。
末端は枝別れした神経線維(terminal branch)
- ・ 髄鞘(myelin sheath)
軸索を覆っている電気抵抗の高い皮膜。

運動ニューロンサイズ

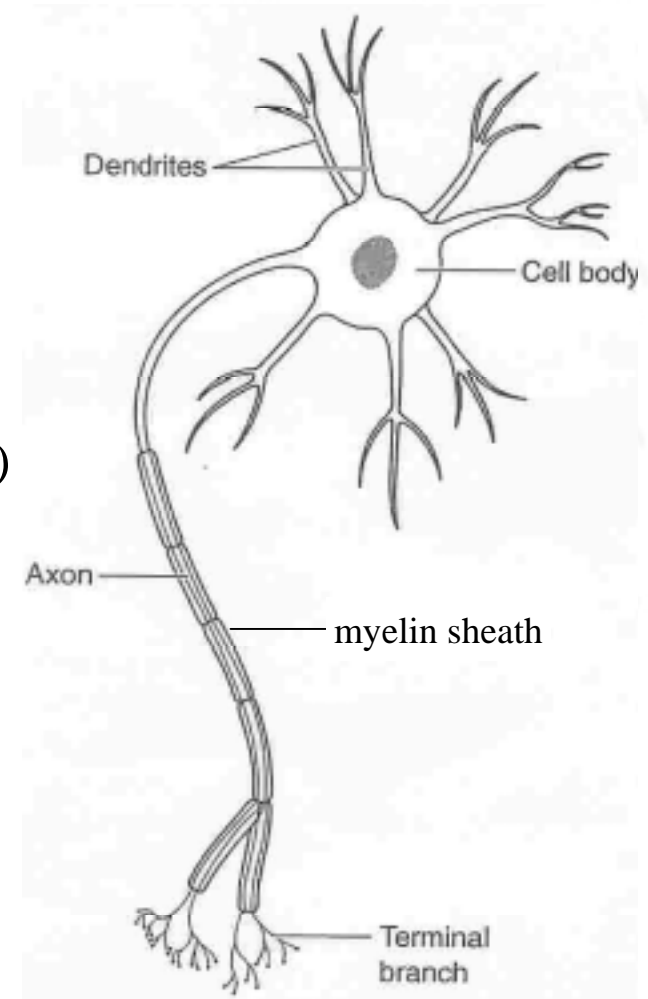
- ・ 細胞体のサイズ、軸索長の違いで刺激に対する反応が異なる。

細胞体: 小, 軸索: 短

- ・ 神経衝撃に対する反応度高

細胞体: 大, 軸索: 長

- ・ 神経衝撃に対する反応度低



(Peter M MCGinnis , 1999)

4. 神経活動原理

細胞体は内外に**膜電位**(電位差)を持つ。

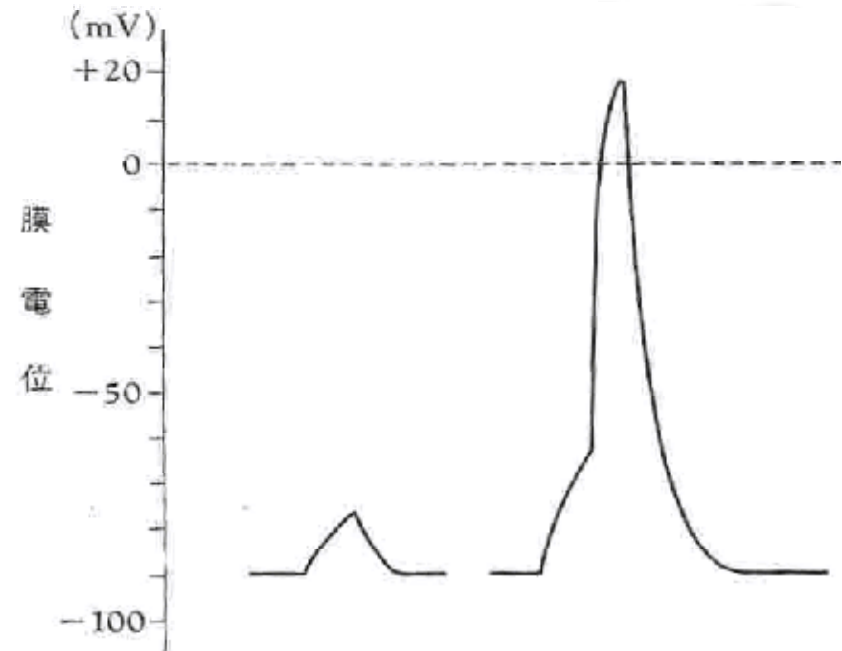
物理的, 化学的刺激による神経衝撃の発生
細胞体が興奮し, 膜電位が変化。

静止電位

- ・ 安静時における膜電位。
- ・ 人間では, $-70 \sim -100\text{mV}$ 。

活動電位

- ・ 神経活動時における膜電位。
- ・ 人間では, $+20 \sim +30\text{mV}$ 。
- ・ 活動電位が起こる現象を**脱分極**と呼ぶ。
- ・ 脱分極に必要な刺激強度を**閾値**と呼ぶ。

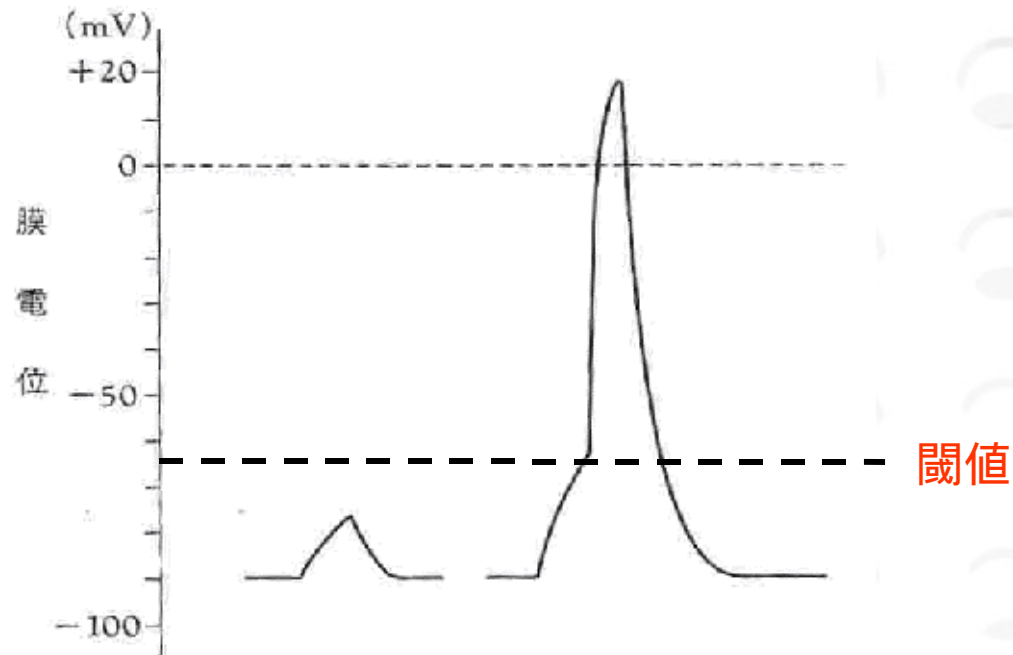


(藤原, 1999)

5. 全か無の法則(all-or-none法則)

細胞体は**閾値以上**の刺激強度に**一定反応**。

閾値より低い刺激強度において、**活動電位は起こらない**(神経活動が起きない)。



(藤原, 1999改)

6. 神経線維の種類

神経線維は神経衝撃の伝導速度によって
A線維, B線維, C線維に分類.

A線維は体性神経系であり, 意識的な
身体運動に関係.

A線維は, , , に分類.

神経線維は直径が太いほど,

- ・ 刺激に対する閾値が高い
- ・ 活動電位の振幅が大きい
- ・ 神経衝撃の伝導速度が速い

6.-1 神経線維の分類

	線維の種類	直径 (μ)	伝導速度(m/sec)	機能
有髄	A	13 ~ 22	70 ~ 120	運動 筋固有感覚
		8 ~ 13	40 ~ 70	触覚, 運動覚
		4 ~ 8	15 ~ 40	触覚, 筋紡錘への興奮 圧覚
		1 ~ 4	5 ~ 15	痛覚, 温覚, 冷覚, 圧覚
自律神経	B	1 ~ 3	3 ~ 14	筋前自律神経
無髄	C	0.2 ~ 1.0	0.2 ~ 2	痛覚, 温覚, 冷覚, 圧覚, 筋後自律神経、嗅覚

有髄: 髄鞘を有する軸索.

無髄: 髄鞘が無い軸索.

(Guyton AC, 1972改)

7. 運動単位(motor unite)

運動神経 - 筋の基本単位は**運動単位**。

運動単位

- ・ 1個の運動ニューロンが支配する筋線維群の総称
- ・ 軸索の末端で枝分かれした神経線維によって複数の筋線維を支配。
- ・ 支配する筋線維は約20本 ~ 1000本。
- ・ 1運動単位当りが筋線維数を表す比を神経支配比と呼ぶ。

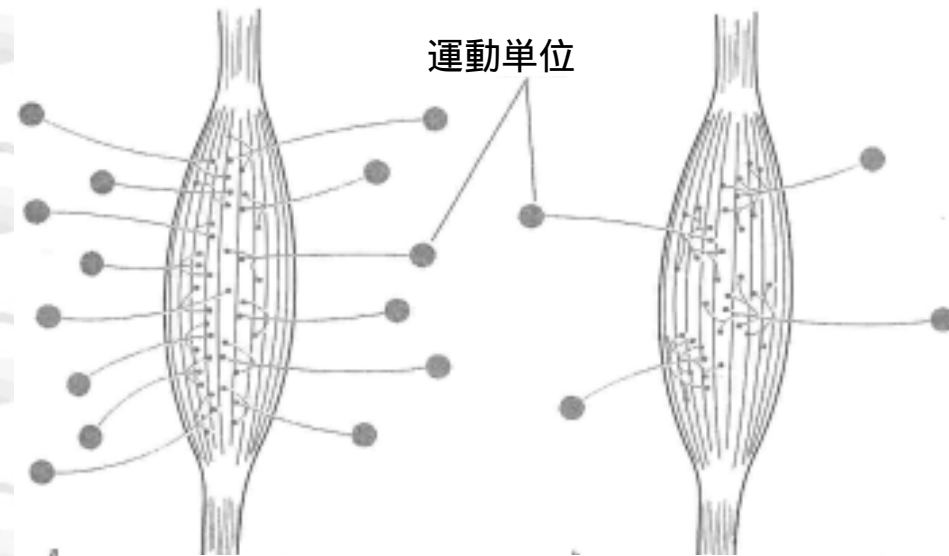
7.-1 神経支配比

1運動単位当りが支配する筋線維数を表す比を**神経支配比**と呼ぶ

神経支配比は筋によって異なる

・ 手, 眼球, 舌のような精密な動きが必要な筋は, 神経支配比小.

・ 大腿や体幹のように大まかで力強い運動を行う筋は, 神経支配比大.



神経比小

神経比大

(Peter M MCGinnis, 1999改)

筋	筋繊維数	計測された運動単位数	運動単位数当り筋繊維数
広頸筋	27,100	1,096	25
第一背側骨間筋	40,500	119	340
第一虫様筋	10,038	93	108
前脛骨筋	250,200	445	562
腓腹筋(内側)	11,200,000	579	1934

(Goodgold J et al, 1977)

8. 運動単位の種類

連続収縮による疲労度と収縮速度によって分類.

F型(速筋線維)

- ・ 速く, 力強い収縮を起こす.
- ・ 疲労しやすい.
- ・ 運動ニューロンサイズ大であるため閾値高

FF型

- ・ 疲労しやすいF型.

FR型

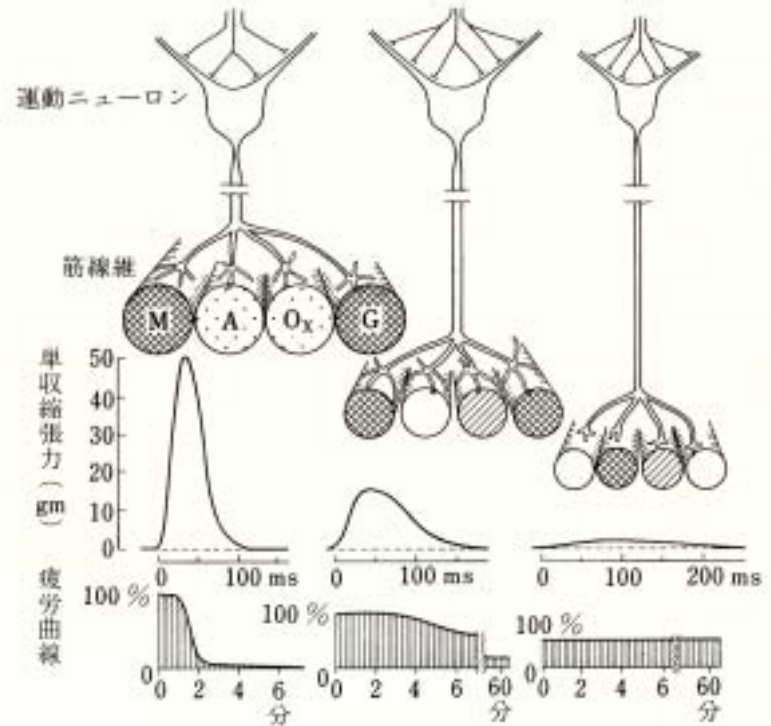
- ・ 疲労しにくいF型.

S型(遅筋線維)

- ・ 遅く, 弱い収縮を起こす.
- ・ 疲労しにくい(持久性に富む).
- ・ 運動ニューロンサイズ小であるため閾値低.

筋張力はFF > FR > Sの順に大きくなる.

F型, S型の筋線維配分は個人によって異なる.



(Burke et al, 1975改)

9. 運動単位の活動

サイズ原理(size principle)

- ・ 運動単位は閾値が低い, 小さい型の運動ニューロンから動員.

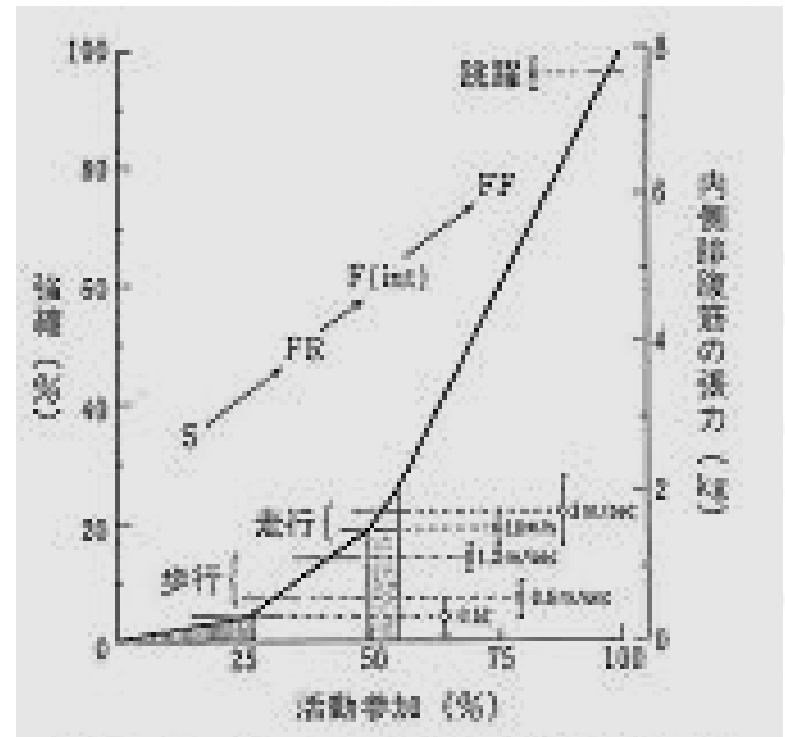
S型運動単位

- ・ 運動ニューロンサイズが小さいため, **弱い筋張力**の時に動員.

F型運動単位

- ・ 運動ニューロンサイズが大きいため, **強く, 瞬発力を要する筋張力**の時に動員.

例: ジョギングやマラソンのような低い強度の運動では, S型運動単位が活動.
短距離走のような強い強度の運動では, F型運動単位が早々に活動する.



(Burke, 1980)