

徒手療法家のための基礎講座

第4期

第1回

1

目的

筋の動きは収縮である。この収縮（求心性収縮）により関節運動を起こしたり姿勢保持（ α - γ 連関）を可能にする。これらは動的姿勢／運動と静的姿勢／運動として考えていく必要があるため、理学検査がその特定に役立つのは間違いない事実である。

視診において重要なのは、以下の2点の相違を見つけることである

1. 姿位による変化
2. 静的姿勢と動的姿勢

徒手療法家のための基礎講座 第1期「主な検査法／視診」
より

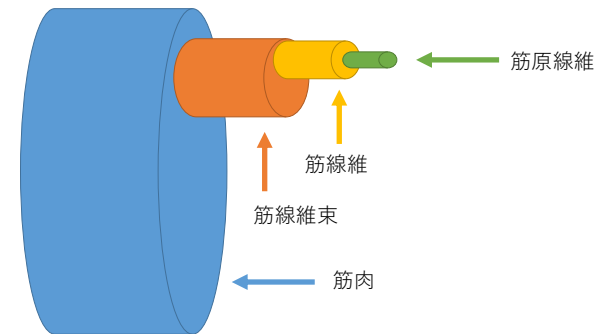
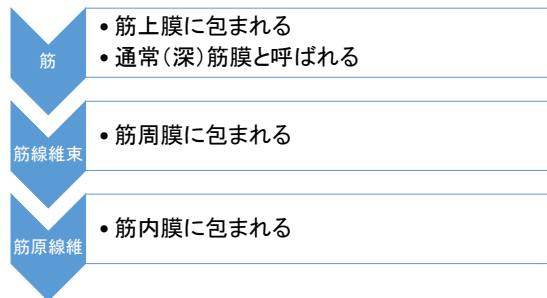
また臨床的には、収縮に対する拮抗筋の状態だけでなく、協力筋との関係も考慮しなければならない。今回の第4期では「アトミー・トレイン」を参考に、これらの関係を理解し、臨床の助けとなるよう理解を深めていただければと思います。また、臨床上よく問題となる筋に関しては、いくつかの臨床所見を列記しています。

筋の生理学

「動くもの」である動物は、筋の収縮と弛緩によって運動がもたらされている。我々の身体は基本的に3種類の筋、「骨格筋」「平滑筋」「心筋」が存在している。これらの筋は、その構造、収縮速度、支配神経において異なり、生体の様々な運動を司る

筋肉	構造	収縮速度	持久性	支配神経
骨格筋	横紋	速い	弱い	体性神経
平滑筋	平滑	遅い	強い	自律神経
心筋	横紋	速い	強い	自律神経

骨格筋は結合組織性の膜で包まれる。これらの膜は、筋組織を順次細かく包むようになる。これらの膜内に血管、神経が分布しており、筋細胞に栄養や酸素を供与する



筋細胞

骨格筋細胞は細長く、ときに数十cmに及ぶこともある。骨格筋細胞の核は周辺部に位置し多核である

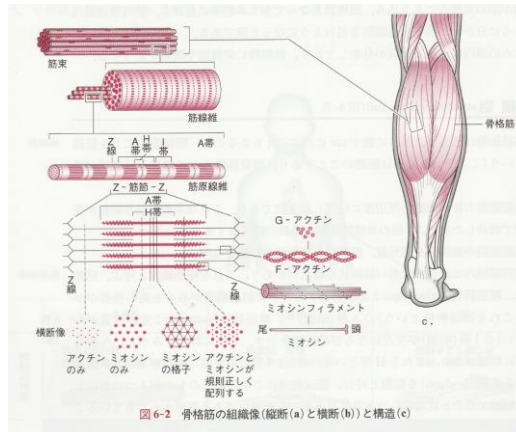
骨格筋細胞内には、さらに細い線維状の構造物があり、これを筋原線維と言う

筋原線維は、A帯（暗調）とI帯（明調）が交互に並び縞模様を示す。さらにA帯の中央部に明線があり、これをH帯と言う。またI帯の中央部に暗線がありZ線と言う。このZ線とZ線の間を筋節と呼び、筋収縮時にこの筋節そのものが1つの単位となって収縮する

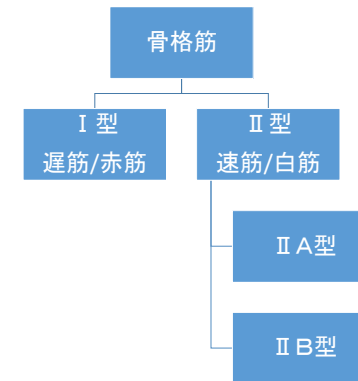
A帯は太いミオシン、I帯は細いアクチンの分子からなり、筋収縮時にはA帯は変化せず、I帯が短くなり、しかもH帯が消失することから、細いアクチン分子が太いミオシン分子の間に滑り込むことがわかっている。筋の収縮は、 $ATP \rightarrow ADP + P$ の反応が起こり、高リン酸のエネルギーを利用して、ミオシンとアクチンの滑り込みが行われる。アクチンの周りにはトロポニンやトロポミオシンと呼ばれる収縮調節タンパク質が並ぶ

骨格筋細胞の特徴

1. 筋細胞膜は、A帯とI帯が接する部位で垂直に陥入しており、これをT系（T細胞管）と呼ぶ
2. 筋細胞の滑面小胞体は筋形質小胞体と呼ばれ、筋原線維の上でアクチンやミオシンの走行と平行して配列する
3. 細胞質には多くのミトコンドリアを含む
4. さらにグリコーゲンやミオグロビンと呼ばれるタンパク質がある。特にミオグロビンは酸素を運搬、貯えるタンパク質として働いている



骨格筋の種類

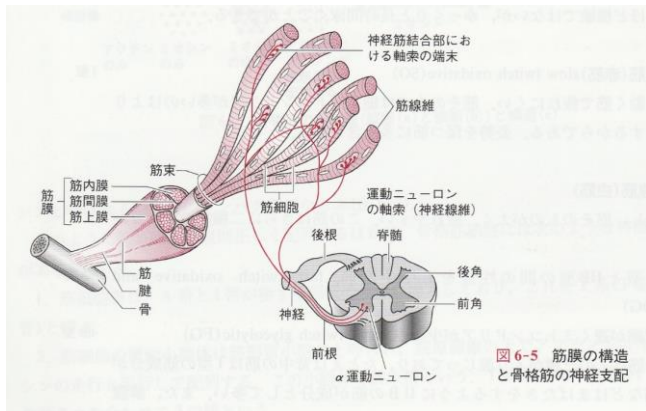


	I 型	II A 型	II B 型
線維の直径	最も小さい	中間	最も大きい
ミオグロビンの量	多い	中間	少ない
ミトコンドリア	多い	多い	少ない
毛細血管	多い	多い	少ない
色	赤	ピンク	白
A T P 産生様式	好気性	好気性	嫌気性
収縮速度	遅い	速い	速い
疲労度	疲れにくい	中間	疲れやすい
グリコーゲン貯蔵	少量	中間	多量
使われ方	姿勢を保つ長時間の運動	歩行, 走行	短時間の運動瞬発力を要する運動

骨格筋の神経支配：遠心性

骨格筋は、脊髄前角の α 運動ニューロンによって支配されている。1つの運動ニューロンとそれに支配されているいくつかの骨格筋線維をまとめて運動単位という

α 運動ニューロンは脊髄の前根を通り、椎間孔から出て、シュワン細胞によって形成されるミエリンの髄鞘で、包まれながら末梢神経となり、筋に終末する。神経終末にはシナプス小胞が存在し、この内にアセチルコリンを含んでいる。筋と神経の接合部は神経筋接合部（運動終板）と呼ばれ、神経終末からのアセチルコリンの放出が筋細胞を興奮させ、結果的に筋収縮させることになる



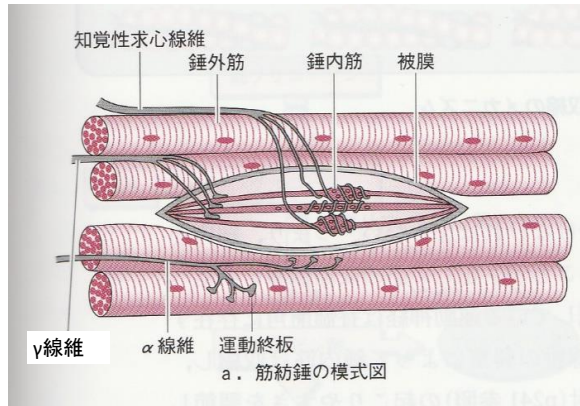
筋紡錘

筋収縮の状態は、絶えず中枢に伝えておく必要がある。つまり、どのくらいの筋力で、どの程度収縮しているのか（筋の長さ）、モニターする必要がある

その装置として筋紡錘がある

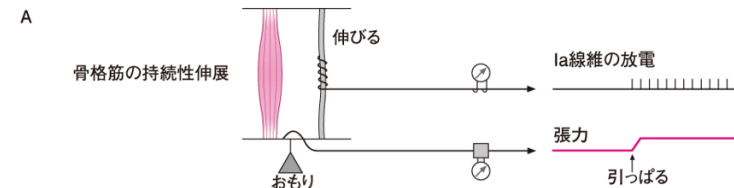
筋紡錘は筋肉内にある結合組織で包まれた紡錘状の構造物である。紡錘内にも筋細胞が存在し、これを錘内筋と呼び、筋紡錘の外の通常の骨格筋細胞を錘外筋と呼んで対比させている。錘内筋には知覚神経が多数まわりついているが、錘内筋は錘外筋と同じく、運動神経線維の支配を受けなければならない

つまり、錘内筋は弛緩することなく絶えず緊張した状態であることが、正しい筋の収縮情報を中枢へ伝えることになるのである
この錘内筋を支配している運動神経は、脊髄前角に存在する γ 運動ニューロンからの γ 線維である。 γ 線維の興奮によって錘内筋は収縮し、(錘外筋の)収縮による緩みを抑えて、筋の緊張と伸張反射の起こりやすさを調整している

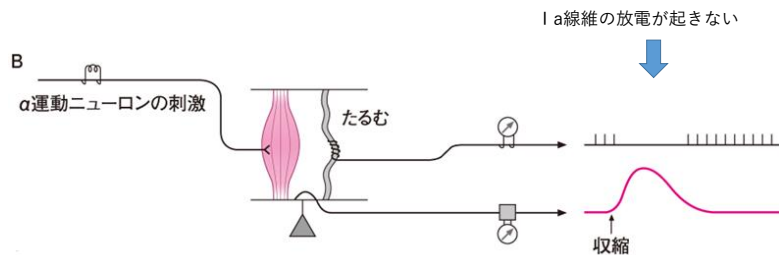


α-γ 連関

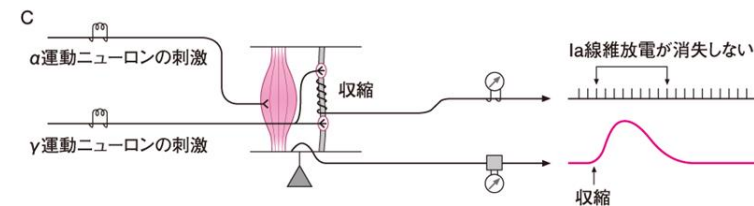
Aのように筋に重りをつけて伸ばす（筋が伸展する）と、筋紡錘がそれを感知して活動電位を発生させる



Bのようにα運動ニューロンの刺激で錘外筋線維（一般的に筋と呼ばれる部分）を収縮させると、錘外筋線維に対して並列に配置されている筋紡錘は弛む

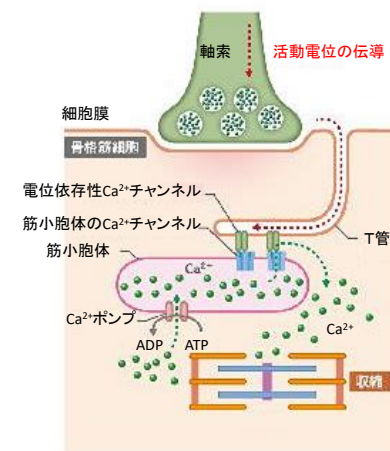
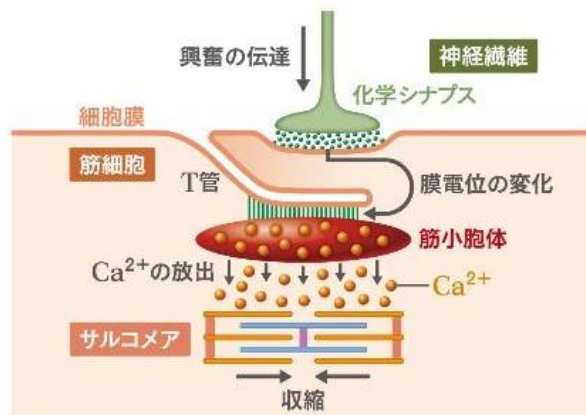
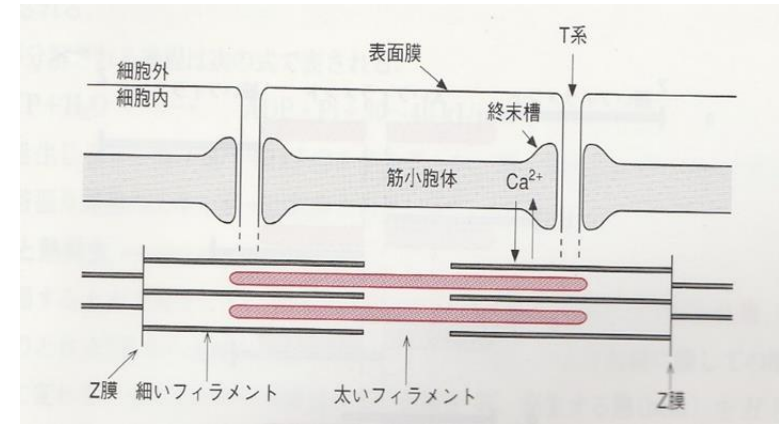


弛んでしまうと筋の伸展を感知することができないので、筋紡錘を収縮させるγ運動ニューロンをα運動ニューロンに同期させて働かせることにより、筋紡錘を常にピンと張った状態にしておく (C)
これをα-γ連関と呼び、筋紡錘の感度を落とさないために必要であるこのα-γ連関のお陰で我々は直立姿勢を保つことができる



筋収縮のメカニズム

- ① 筋細胞膜で活動電位が発生
- ② 細胞膜を通じて横行小管に伝わる
- ③ 横行小管から筋小胞体に刺激が入り、筋小胞体内の Ca^{2+} が遊離
- ④ Ca^{2+} がフィラメント間に拡散
- ⑤ Ca^{2+} はアクチン フィラメント上に存在するトロポニンと結合
- ⑥ Ca^{2+} とトロポニンが結合することによりアクチンが活性化
- ⑦ アクチンとミオシンの結合が起こる
- ⑧ ミオシンがアクチンを引っ張るように引き込み、アクチン フィラメントが、ミオシン フィラメントの上を滑る

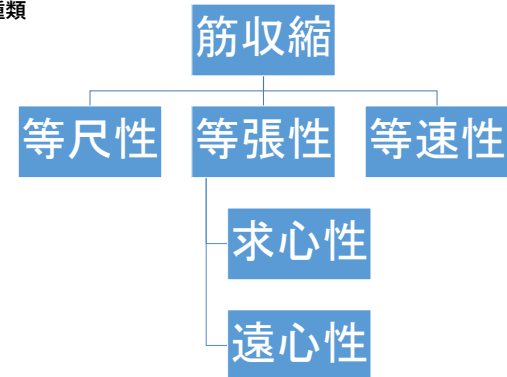


筋収縮のエネルギーと酸素

筋収縮の直接のエネルギーは、ATPの分解（ $ATP \rightarrow ADP + \text{エネルギー}$ ）による。またクレアチンリン酸の分解によって、ATPが再合成される

筋肉内のグリコーゲンが分解される過程は、酸素の存在が必要ないので、嫌気性代謝と呼ばれる

収縮の種類



1. 等尺性収縮（アイソメトリック）と等張性収縮（アイソトニック）

等尺性収縮・・・筋の長さを変えないで張力を増し、熱を出す

等張性収縮・・・筋の張力は一定だが、筋の長さが変わる

求心性：筋の長さが短くなる

遠心性：筋の長さが長くなる

等速性収縮・・・筋が縮む速さが一定のもの⇒機械による調節が必要

求心性と遠心性がある

2. 短収縮／単収縮と強縮

単収縮（攣縮）・・・1回の刺激で1回の収縮が生じること

強縮・・・刺激を何回も続けて行くと収縮の加重によって、大きな収縮となること

固縮・・・筋長が変わる際に張力が増す状態→錐体外路障害

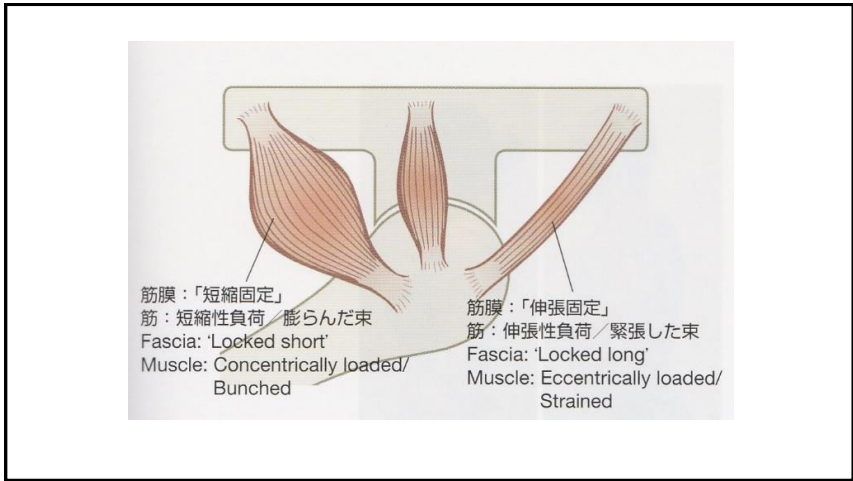
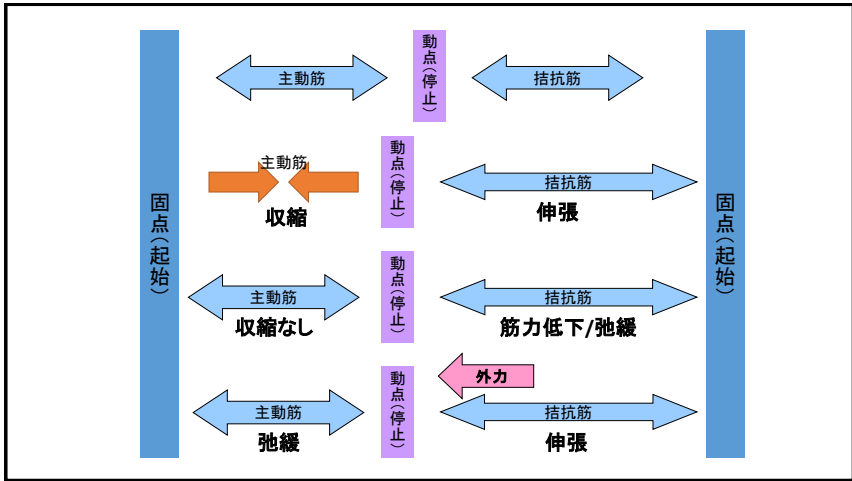
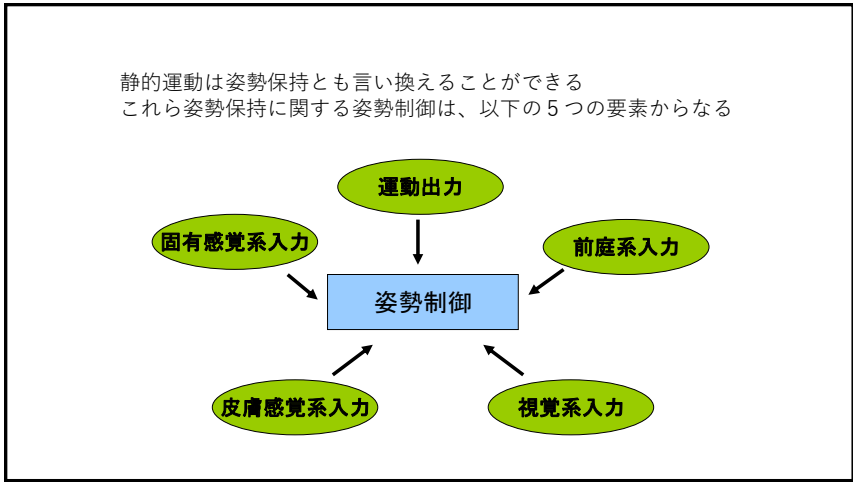
痙縮・・・筋に何の命令が入らなくても、収縮を起こしている状態→錐体路障害

腱

腱は、筋と骨を結びつける強靱な結合組織の一種であり、腱そのものは伸び縮みしない。腱には腱紡錘（ゴルジ腱器官）と呼ばれる感覚装置がある。これらは筋紡錘と同じ構造を持ち、腱が伸びると伸展したという情報を脊髄へ送り、収縮の程度を中枢性に調節している

※ゴルジ腱器官は、伸張の速度によく反応し、伸長（長さ）には反応しにくい

静的運動／姿勢保持

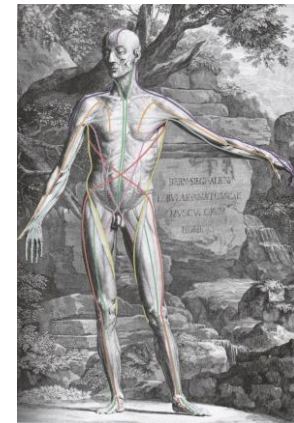


動的運動

動的運動の評価には、運動を起こす主動筋、協力筋（補助筋）および拮抗筋を考慮しなければならない。これには、可動域制限の3因子が関係している。制限の3因子に問題がなければ、問題なく運動を行うことが可能であるが、動的運動に問題のある患者、言い方を変えれば運動痛や動作痛がある患者には、十分にこれらを考慮しなければならない

アナトミー・トレインの各ライン

ライン	概要
SBL:Superficial Back Line	身体の後面を通るライン
SFL:Superficial Front Line	身体の前面を通るライン
LL:Lateral Line	身体の側面を通るライン
SPL:Spiral Line	身体をらせん状に通るライン
DFL:Deep Front Line	身体の中心構造の安定に働く
AL:Arm Line	腕を通るラインで、4つのラインから構成される
FL:Functional Line	機能ライン。投球動作などに関与。3つのラインから構成される



- 1.問診／視診による関連ラインの想定
- 2.全体的な可動域検査による関連ラインの特定
- 3.触診による関連筋の想定
- 4.局所的な可動域検査／筋力テストによる関連筋の特定
- 5.短縮固定であれば、対象筋の詳細な触診による施術ポイントの特定と処置
- 6.伸張固定であれば、モーション・パルペーションによる不随運動／関節包内運動の特定と処置

ただし関節操作を行う場合、整形外科テストや神経学テストによる、さらに詳細な検査が必要となる
これらのテストは禁忌症の除外や、患者説明における必須のツールとなることがある