

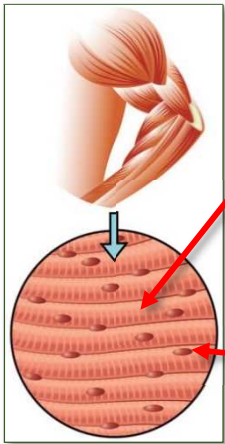
# 筋肉の話

文責 内科 大塚伸昭

今回は筋肉の基礎的知識などを記載する

(使用している綺麗なイラスト原図は  
総て 123RF より有料でダウンロードしている)

筋肉は自分の意志で動かせる**随意筋**と自分の意志では動かすことの出来ない**不随意筋**がある。  
随意筋には腕や足などの筋肉のような**骨格筋**(下図①)がある。 (不随意筋は**自律神経**の支配を受ける)

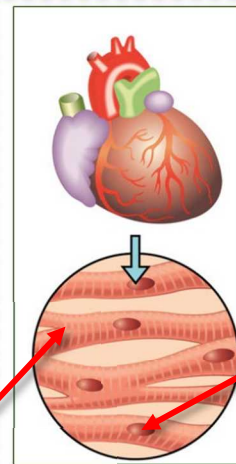


骨格筋を顕微鏡で見ると左図のように縞模様が見える。これを**横紋**と呼ぶ。骨格筋は**横紋筋**である。後で解説する。

豆粒のように見えるのは**筋細胞の核**。

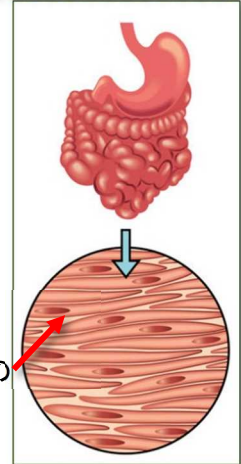
図①(骨格筋;随意筋)

(心筋にも横紋があり**横紋筋**だが自分の意志では筋肉は動かせない)



図②(心筋)

(細胞の核)



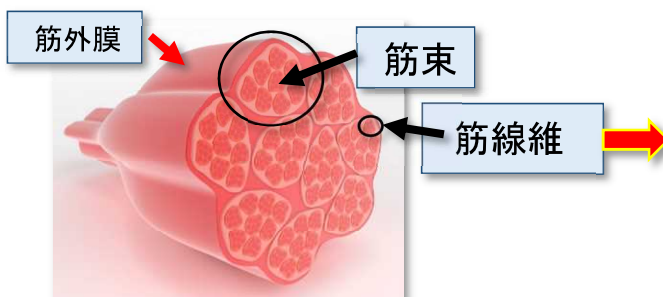
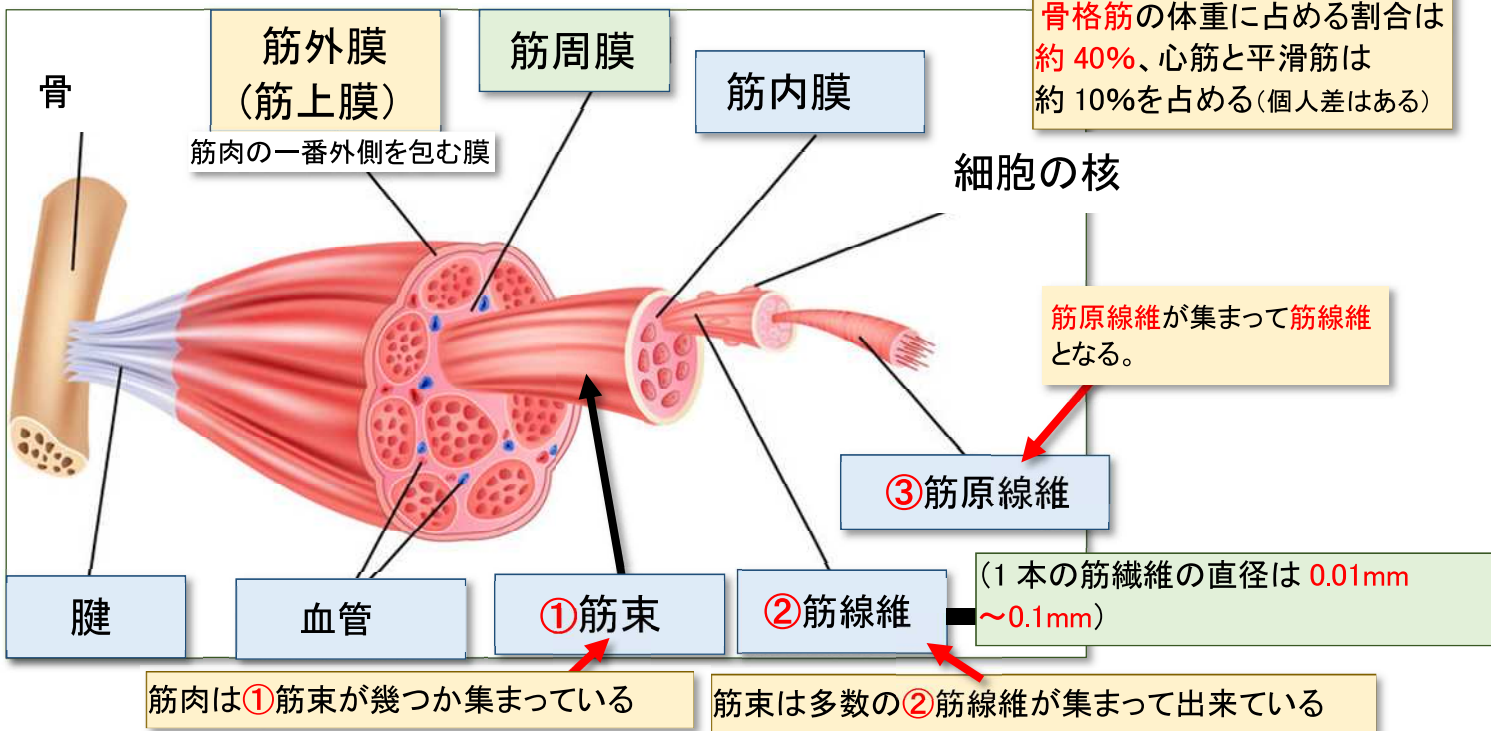
図③(平滑筋)

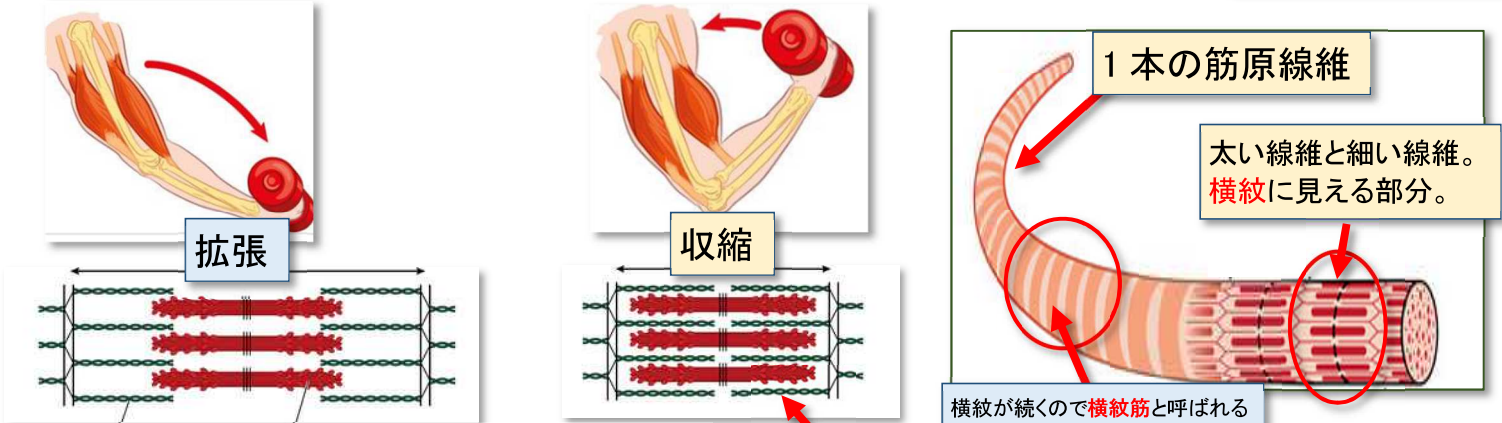
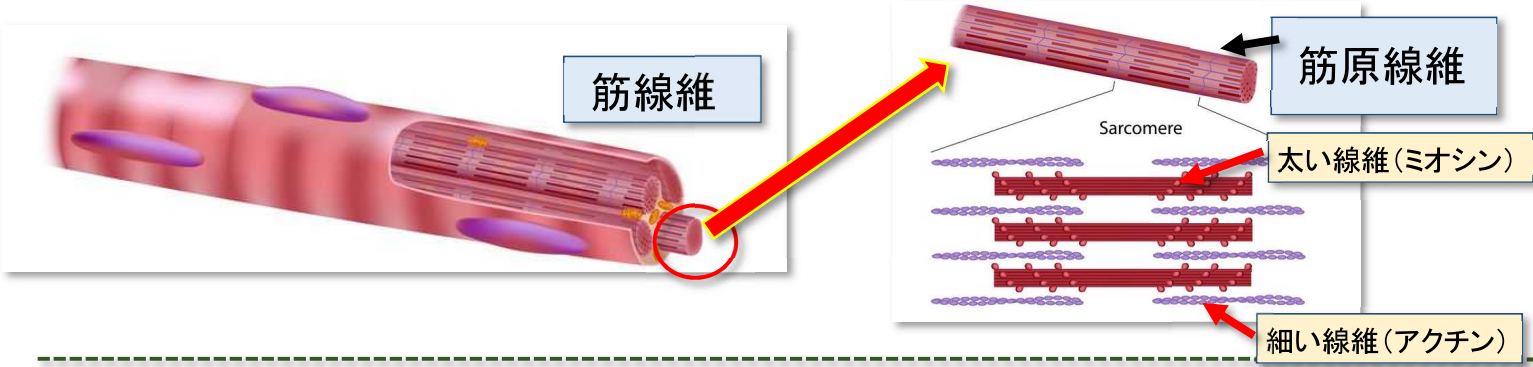
(心筋と平滑筋は自分の意志で動かさない**不随意筋**)

**心筋**(図②)や内臓などにある**平滑筋**(図③)は自分の意志で動かさせないので**不随意筋**と呼ばれる。

(骨格筋は**体性神経**、心筋や平滑筋は**自律神経**の支配を受ける)※**体性神経**は**運動神経**と**感覚神経**からなる。

下に骨格筋の構造イラストを呈示する。筋肉は**細い筋線維(収縮、拡張する)の集まり**である。





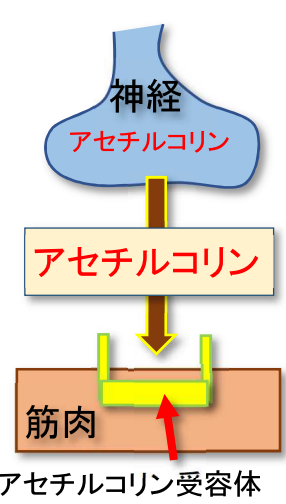
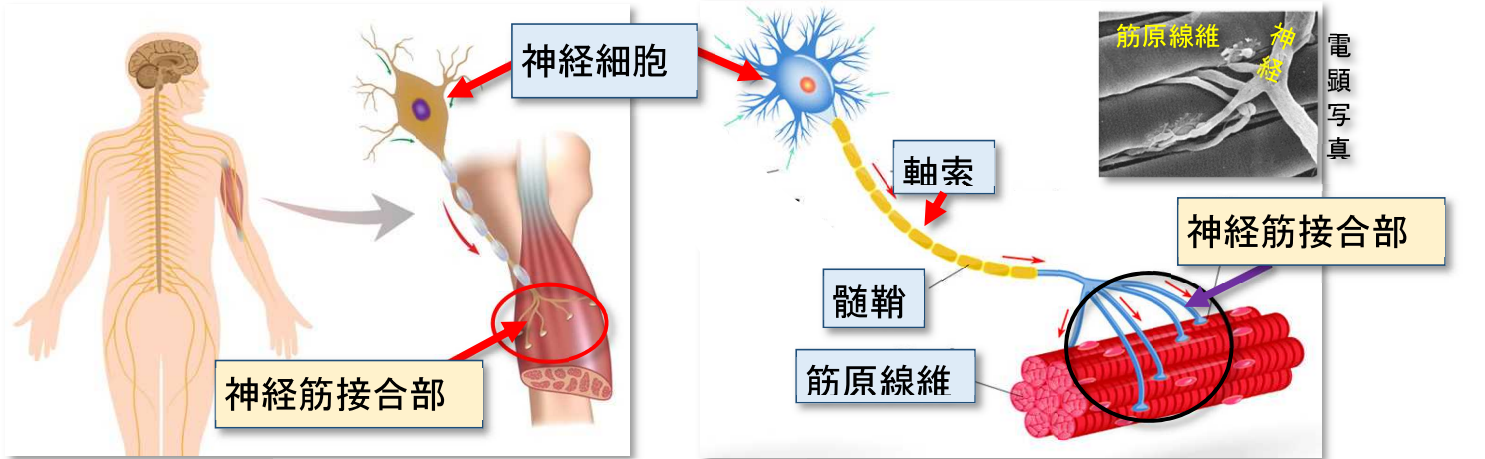
筋肉の収縮は細い線維が入り込む事で起こる。

細い線維(アクチン)が太い線維の間に入り込む

収縮から拡張するためにはエネルギー(ATP)が必要。死後硬直が起こるのはエネルギーが無くなり、筋肉が拡張できず筋肉が固縮するから。死後硬直は死後2~6時間で通常は1~2日続く。その後、細胞破壊→蛋白分解酵素→筋弛緩

骨格筋は運動神経(体性神経)によって動く。

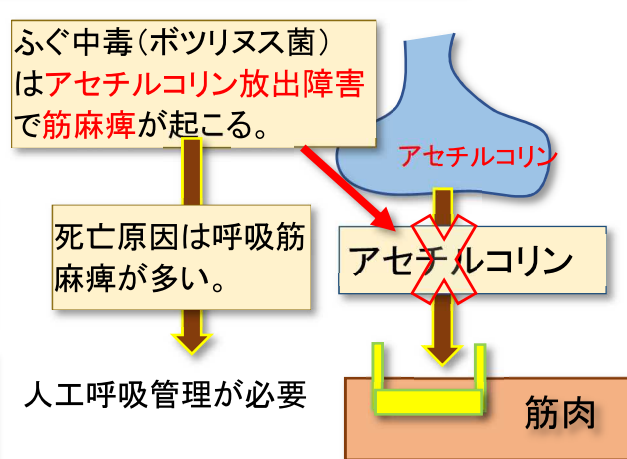
神経筋接合部で神経と筋肉は連絡を取り合う



神経から放出されるアセチルコリン→筋肉のアセチルコリン受容体と結合→筋小胞体のカルシウムイオン放出→筋収縮が起こる。

筋萎縮性側索硬化症(ALS)は脊髄の前角や側索と運動神経の伝達経路が障害→アセチルコリン放出×→筋萎縮が起こる。

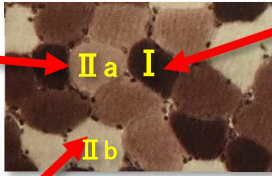
重症筋無力症はアセチルコリン受容体に対する抗体が出来る→アセチルコリンが筋肉に届かない→筋力低下が起こる。



ふぐ中毒(ボツリヌス菌)はアセチルコリン放出障害で筋麻痺が起こる。

死亡原因は呼吸筋麻痺が多い。

人工呼吸管理が必要



左写真は染色方法が異なるので白黒で写っているが、黒く見えるのが遅い筋肉(遅筋)でミオグロビンが豊富なので暗赤色に見え、赤筋とも呼ばれる。I型筋線維とも呼ばれる。背筋など長時間、持続的収縮が必要な筋肉に占める割合が多い。

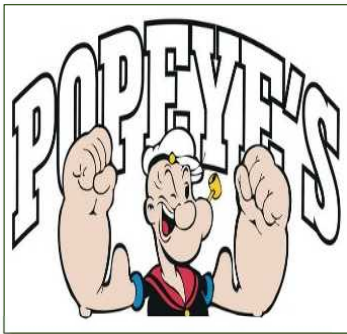
白く見えるのはミトコンドリアやミオグロビンが少なく、グリコーゲンが豊富なので白く見える(白筋)。この筋線維は酸素が無くてもグリコーゲンを分解(解糖)して、エネルギーを得るので急速な筋収縮に適している(速筋)。しかし、すぐに疲労する。IIb型筋線維とも呼ばれる。

上図のIIaと記載しているのは、速筋の中でもミトコンドリアやミオグロビンも沢山含有しているがグリコーゲンも含有していて速筋、遅筋の両方の性質を持つので中間型線維とも呼ばれる(IIa)。運動選手が必要とする筋収縮や、短時間の活動に適した筋肉である。

(速筋と遅筋の割合は遺伝的に決定されている。速筋線維が多い人は短距離に向いているという事になる。)  
(速筋と遅筋の割合は通常は半々である)

当たり前のように感じているが、筋肉を鍛えたら筋肉が大きくなるのは何故？

① 運動などで筋肉の収縮を繰り返すと筋線維にある**蛋白合成工場のリボソームが活性化**



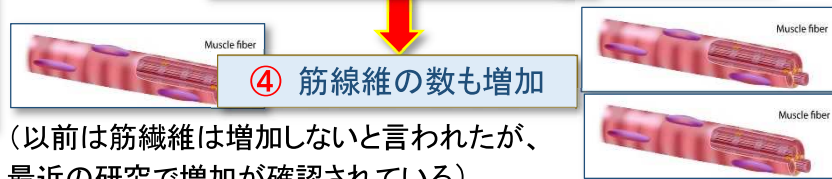
(イラストは123RFより有料でダウンロード)

② アクチンやミオシンを沢山合成



(筋線維は主に速筋の筋線維が肥大する)

③ 筋線維の肥大がおこる



④ 筋線維の数も増加

(以前は筋線維は増加しないと言われてたが、最近の研究で増加が確認されている)

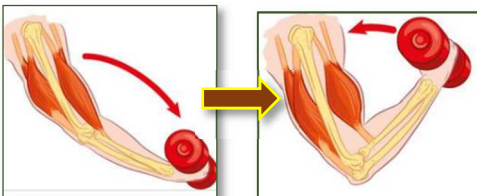
筋肉量の増加は主に速筋線維でしか起こらない！

(老化現象では筋肉が減少するが、特に速筋線維が細くなる。負荷のかかる運動が必要。)

負荷の小さいトレーニングは遅筋線維のみ働く

ミトコンドリアやミオグロビンは増加するが、**アクチンやミオシンは増加しない**→筋肉は増加しない！

それでは、どれくらいの負荷をかけてあげれば筋肉量が増加したり、筋持久力が向上するのか？



例えば左図のようにバーベルを1回だけ反復できる(一度だけ持ち上げられる)負荷の大きさを100%とする。30kgを1回だけ持ち上げる事が出来れば、その負荷が100%という事。

負荷の85%、つまり30kgが最大負荷の場合には  $30\text{kg} \times 0.85 = 27\text{kg}$  を6回程度持ち上げると筋肉量が増加してくる(個人差はあるが)。

バーベルを持たずに上記運動を繰り返しても負荷が無いので筋肉の増加には結びつかない。

最大負荷の約70%を毎日15回程度すれば筋肉増加が期待出来る。

軽い負荷(例えば最大負荷の50%以下)では筋肉の増加より**筋肉の持久力が鍛えられる**ことになる。例えば最大負荷30kgの場合には15kg程度になるが、持ち上げられる回数は増加するが筋肉の増加は低くなる。

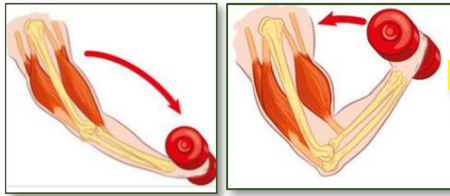
加圧トレーニングの原理は？

ベルトでしばる→血流低下、酸素不足→遅筋線維は大量の酸素が必要だが、**酸素不足によって速筋が働くようになる**→**筋肉増加**する。

(個人で行うとリスクもあるので注意が必要。)

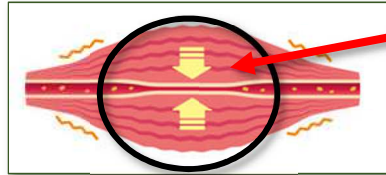
加圧トレーニングと同様の効果が期待出来て安全に行えるスロートレーニングとは？

加圧トレーニングと同様の効果が期待出来て安全に行えるスロートレーニングとは？



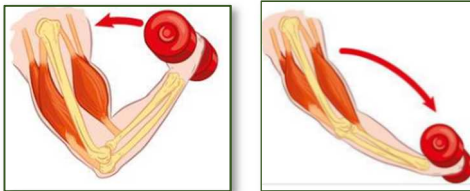
(上記運動をゆっくり行くと、...)

右図のような運動をゆっくり筋肉に力をいれつづけて行くと下図のような筋肉内部の血管が圧迫されて血流が制限される→加圧トレーニング同様酸素不足→速筋が鍛えられるという理屈。



血管が圧迫されて血流低下

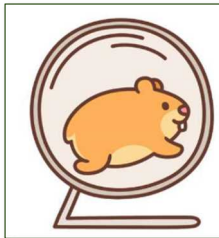
酸素不足→速筋が増加



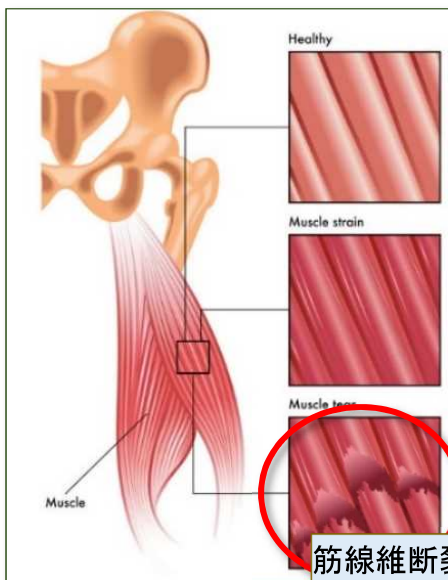
(ダンベルを下ろす時にブレーキをかけながらゆっくり下ろすのも効果的。)

腕を曲げてダンベルを上げた後に、ブレーキをかけながらゆっくりダンベルを下ろすのも速筋を鍛えるのには有効。筋肉にブレーキをかける運動は日常生活では無いので、このような動作は瞬発力が必要で速筋が働く。

トレーニングには休息も必要！

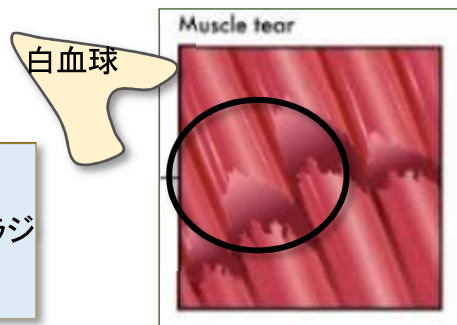


ラットのトレーニング実験では 8 時間間隔で休憩を取るよりも 24 時間間隔、72 時間間隔で休憩を取ったラットの方が筋肉の蛋白合成量が多かった！人間も仕事の過労は駄目だが、筋肉も休み無く鍛えてしまうのも却って蛋白合成が出来ないようだ。

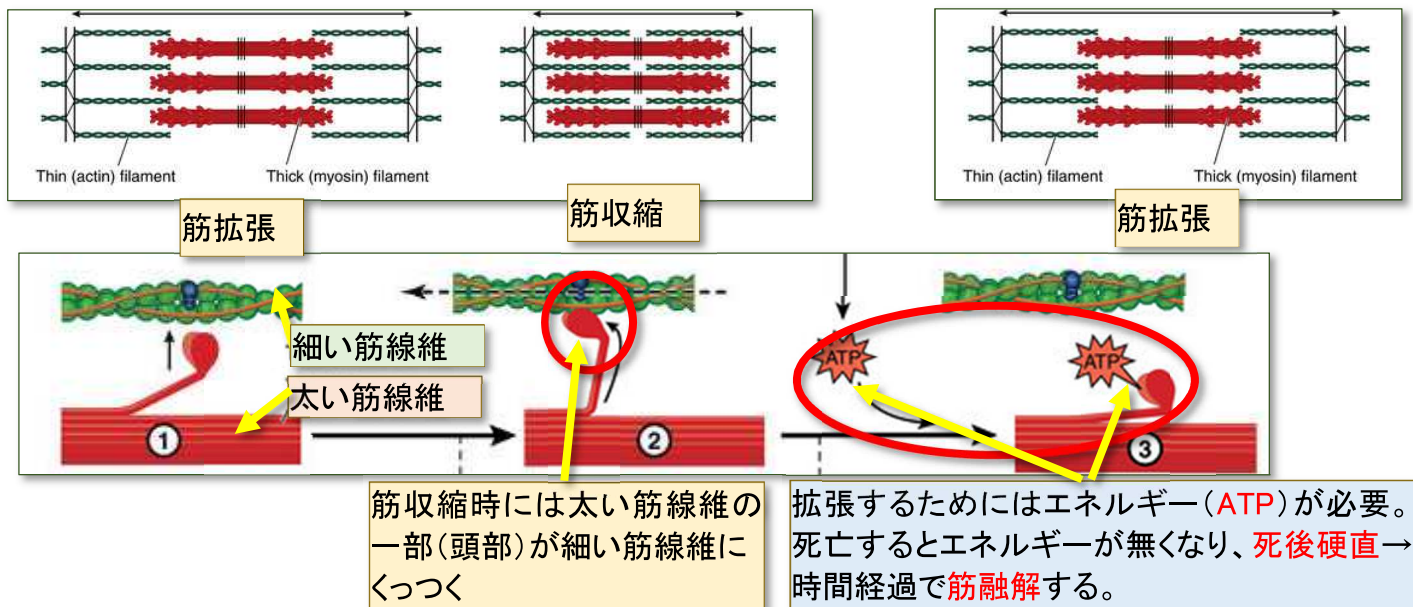
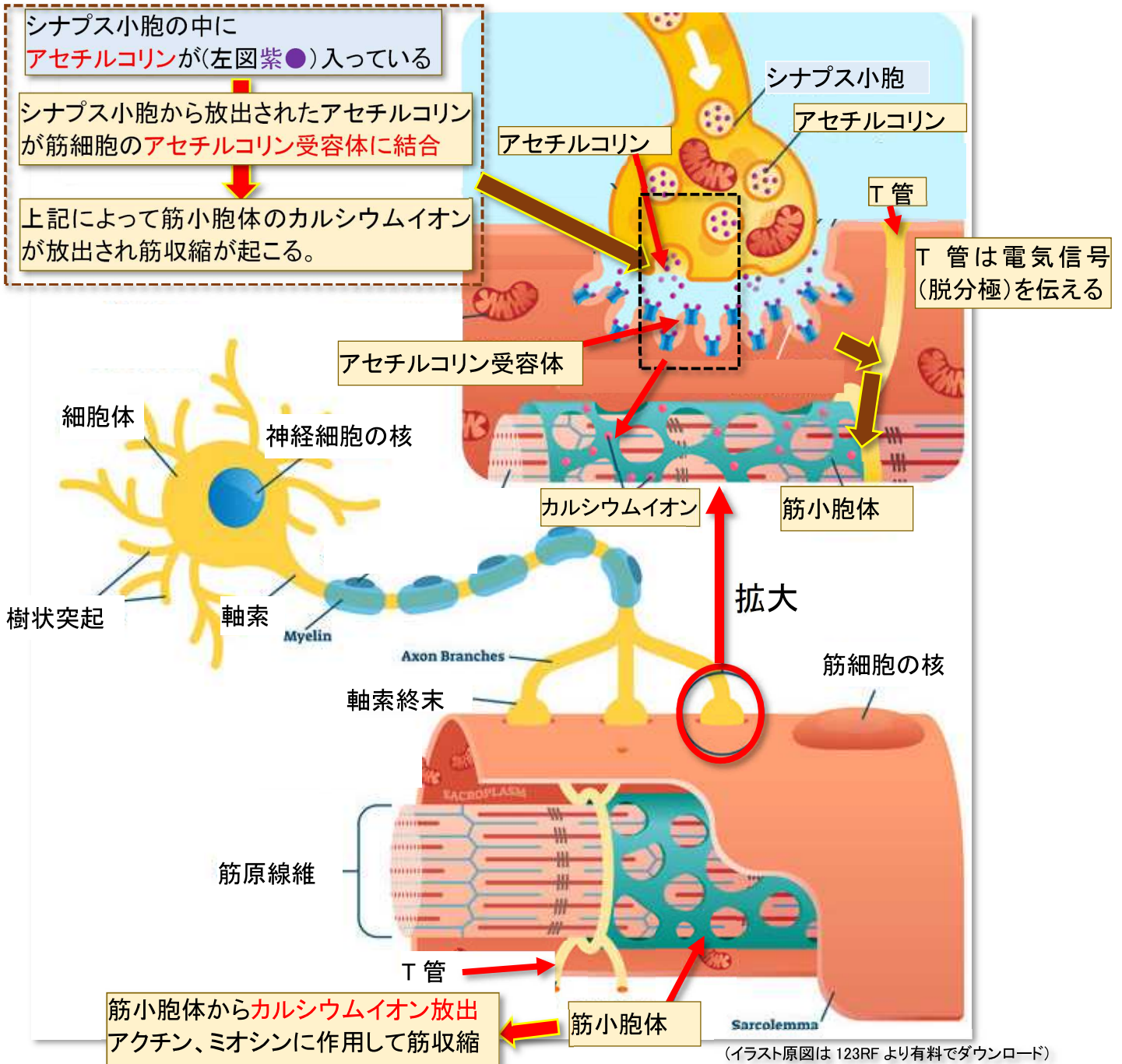


筋肉痛の原因は乳酸が貯まるからではなく、筋線維の断裂や筋線維を取り囲む筋内膜などの損傷からくる。

損傷部位に白血球が集合→発痛物質のブラジキニンなどを産生。



神経筋接合部をもう少し詳しく説明すると以下ようになる



ドイツのケルベル博士が 1963 年に**最大筋力の 60%程度の筋力で約 7 秒間静止**させると筋肉が増加するという**ことでブルワーカーという器具を発売した**。1953 年にドイツ人医師 Hettinger と Muller が動物実験と臨床研究でアイソメトリックの効果を発表したのが最初。



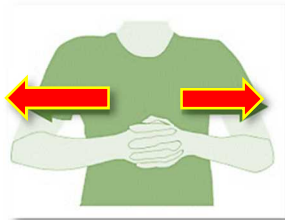
上記器具を知らない人もいるかと思うが、新しもの好きの私は 50 年前の高校時代にこのブルワーカー初代の器具を購入した。上記のように胸の前で両腕で力を入れて 7 秒間静止させる。



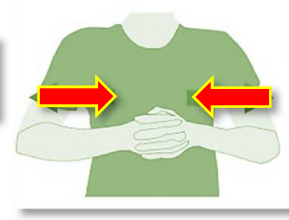
左写真のような運動も出来る他、種々の運動が出来る。

何回か購入して、現在の器具は今も持っているが殆ど使用していない。飽きっぽい性格なので。

※若い頃は使用していたが、アイソメトリックは確かに効果がある。ブルワーカーの CM 料をもらっているわけではない(笑)。アイソメトリックを最初に提言した器具として紹介した。



アイソメトリックは器具を使用しなくても胸の前で腕を合わせる、引っ張るといった動作でも可能。



どれくらいの力で引っ張ったりしているかを数値(Kg)で示す器具もあるが、7,000 円弱と高価。

※足もアイソメトリックで鍛えられる。例えば壁を足で 7 秒間踏みつけると腓腹筋や大腿四頭筋などが鍛えられる。その他色々な筋肉を器具を使用しなくても鍛えられる。

